



Universidad de León



Escuela Superior y Técnica  
de Ingenieros de Minas

# GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

PROYECTO DE REHABILITACIÓN DE CENTRAL  
HIDROELÉCTRICA DE AGUA FLUYENTE EN  
EL RÍO "ARROYO DE TORRE" EN LA  
LOCALIDAD DE TORRE DE BABIA - LEÓN

León, Julio de 2016

Autor: César Redondo Diez

Tutor: Ana M<sup>a</sup> Diez Suárez

El presente proyecto ha sido realizado por D. César Redondo Diez, alumno/a de la Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas de la Universidad de León para la obtención del título de Grado en Ingeniería de la Energía.

La tutoría de este proyecto ha sido llevada a cabo por Dña. Ana M<sup>a</sup> Diez Suárez, profesor/a del Grado en Ingeniería de la Energía.

Visto Bueno

Fdo.: D. César Redondo Diez  
El autor del Trabajo Fin de Grado

Fdo.: Dña. Ana M<sup>a</sup> Diez Suárez  
El Tutor del Trabajo Fin de Grado

## RESUMEN

Este proyecto se centra en el diseño hidráulico y de los elementos mecánicos de una central minihidroeléctrica a rehabilitar en la localidad de *Torre de Babia, León (España)*.

Los pasos que se han seguido en el proyecto son los siguientes:

- Determinación de las condiciones hidráulicas de operación (caudal nominal y salto neto nominal). A partir de estas condiciones se podrá elegir el tipo y tamaño de la turbina a instalar.
- Dimensionado de los distintos elementos mecánicos de la central.
- Elaboración de los planos de dichos elementos mecánicos y de la instalación.
- Estudio ambiental.
- Presupuesto y estudio económico.

De los caudales mensuales de salida, se obtuvo que el caudal que maximiza el volumen turbinado durante el año hidráulico es de  $0.7 \text{ m}^3/\text{s}$ . Para acotar el salto neto, se realizó una nivelación y se calcularon las diferencias de cotas de cada elemento de la central.

Con el caudal y la altura neta se determinó que el tipo de turbina más adecuado para la central de *Torre de Babia* es una turbina de flujo cruzado o Michel-Banki de 40 kW.

Se dimensionó el espesor de la tubería forzada y de la cámara espiral, se calcularon los esfuerzos que tendría que soportar la obra civil (presión en la brida de entrada, y conexiones).

Se elaboraron los planos de implantación de la central y de ejecución de componentes empleando el programa AutoCAD® 2015. En ellos queda reflejada la forma y dimensiones del rodete, el distribuidor, el tubo de aspiración junto con el adaptador de sección.

Mediante el estudio ambiental se concluyó que la rehabilitación de la central de *Torre de Babia* supone un impacto mínimo. Al ser de una potencia reducida no necesita un espacio amplio para ser instalada y el impacto sónico es despreciable, pues se elimina con las paredes del edificio y el ruido ambiente natural. El impacto paisajístico también es leve al aprovechar unas instalaciones ya existentes en su mayoría.

El presupuesto incluye la totalidad del equipamiento, ingeniería, delineación, montaje, controles de calidad y puesta en servicio. El total asciende a 82,643.81 €, IVA incluido.

El estudio económico evalúa la rentabilidad que puede proporcionar la instalación de la central minihidroeléctrica de *Torre de Babia*. Para ello fue necesario determinar, en primer lugar, el número de horas en los que la central funcionaría al haber un caudal superior al mínimo técnico. Se obtuvo, para el año medio representativo, que la central podría funcionar durante diez meses al año. La energía producida durante ese tiempo, junto con el precio del kWh de la tarifa regulada para centrales minihidroeléctricas, proporciona los ingresos anuales obtenidos de la venta de electricidad.

## ABSTRACT

The aim of this project is to design de hydraulic and mechanic components of a hydroelectric power station to be restored in the locality of *Torre de Babia, León (Spain)*.

The actions to be done in this project are de following:

- Determination of the nominal operation factors (Flow, useful high). These will be used to define the type and dimensions of the hydraulic turbine.
- Measurement of the mechanical components of the power station.
- Work out of the plans of those components and the overall installation.
- Environmental evaluation.
- Budget and economical evaluation.

The flow of maximum turbined volume was obtained from the monthly flow rates. The optimal flow value calculated was  $0.7 \text{ m}^3/\text{s}$ . Also, to obtain the clear high was necessary to level out the highs of several points of the installations.

Once the nominal flow and clear high was calculated, the best hydraulic turbine to be installed was determined on a cross-flow / Michel-Banki turbine of 40 kW.

Also the thickness of the pipeline and the forces on its accessories were calculated.

The plans of the components and other power plant installations were worked out with the AutoCAD® 2015 software.

An environmental evaluation was done in order to know which grade of environmental impact will mean the execution of the power plant. This environmental impacts are minimum due to the low output power and the already existing installations. Also the noise concerns are negligible.

The budget includes the overall equipment to be installed, enclosing engineering, technical drawing, assembly, quality review and start up.

The economical evaluation shows the profit given by this project. First, it was necessary to calculate the total working hours per year over the minimum flow, which is established in  $0.07 \text{ m}^3/\text{s}$ , as the Michel-Banki turbine is able to operate in different flow rates without losing efficiency. The working time obtained was about 10 months per year, and the total amount of energy produced times the energy market-selling price, gives the annual income from energy sellin

# ÍNDICE

ÍNDICE .....	I
ÍNDICE DE FIGURAS .....	X
ÍNDICE DE TABLAS .....	XI
<b>MEMORIA DESCRIPTIVA .....</b>	<b>1</b>
1. Introducción .....	1
1 Objeto .....	2
2 Antecedentes .....	2
3 Diseño general .....	3
3.1 Emplazamiento .....	3
3.1.1 Geología .....	5
3.1.2 Geomorfología .....	6
3.2 Hidrología .....	6
3.2.1 Hidrología de la cuenca .....	6
3.2.2 Escorrentía .....	10
3.2.3 Caudal medio .....	10
3.2.4 Caudal ecológico .....	11
3.2.5 Caudales clasificados .....	12
3.3 Salto disponible .....	14
3.3.1 Salto total .....	14
3.3.2 Salto bruto .....	14
3.3.3 Salto neto .....	15
3.4 Instalaciones .....	15
3.4.1 Elementos existentes .....	15
3.4.2 Compuerta .....	18
3.4.3 Escala de peces .....	18
3.4.4 Distribuidor .....	18
3.4.5 Turbina .....	18

3.4.6	Tubería de aspiración.....	22
3.4.7	Multiplicador.....	22
3.4.8	Generador .....	22
3.4.9	Batería de condensadores .....	22
3.4.10	Cuadro eléctrico y protecciones .....	23
3.5	Obra civil.....	24
3.5.1	Casa de máquinas .....	24
3.5.2	Canal de derivación.....	25
4	Producción .....	26
4.1	Años secos.....	27
4.2	Años medios.....	28
4.3	Años húmedos.....	29
5	Análisis económico .....	30
5.1	Rentabilidad .....	31
<b>ANEXO I.....</b>		<b>33</b>
<b>ESTUDIO HIDROLÓGICO .....</b>		<b>33</b>
1	Introducción.....	33
2	Descripción Metodológica y Fuentes.....	33
2.1	Topografía .....	33
2.2	Pluviometría .....	34
3	Climatología .....	36
3.1	Precipitaciones .....	36
3.1.1	Distribución de las precipitaciones.....	38
3.1.2	Número de días de precipitación.....	38
3.1.3	Precipitaciones de nieve .....	38
3.2	Temperatura .....	41
3.2.1	Invierno .....	41
3.2.2	Verano.....	42
4	Relación de Precipitación – Escorrentía .....	43
4.1	Cálculo de la precipitación neta.....	43
4.2	Tiempo de concentración .....	43
4.3	Intensidad de Precipitación.....	44
4.3.1	Cálculo precipitaciones máximas diarias .....	45
4.4	Coeficiente de escorrentía .....	47

4.5	Cálculo del caudal de escorrentía .....	48
5	Balance Hídrico .....	49
5.1	Precipitaciones en la cuenca .....	49
5.1.1	Gradiente pluviométrico.....	49
5.1.2	Precipitación media anual .....	49
5.2	Caudales disponibles.....	50
5.3	Cálculo del Caudal Ecológico.....	52
<b>ANEXO II</b>	.....	<b>53</b>
<b>ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL</b>	.....	<b>53</b>
1	Objeto .....	53
2	Antecedentes.....	53
3	Objetivos del estudio de impacto ambiental.....	53
4	Metodología empleada.....	54
5	Descripción del proyecto .....	54
5.1	Situación y accesos.....	54
5.2	Disposición general adoptada.....	55
5.3	Superficie total ocupada .....	55
6	Legislación aplicable .....	56
6.1	Legislación europea.....	56
6.2	Legislación estatal .....	58
6.2.1	Evaluación de Impacto Ambiental .....	58
6.2.2	Proyecto.....	58
6.2.3	Aguas continentales.....	59
6.2.4	Cubierta vegetal.....	59
6.2.5	Fauna.....	60
6.2.6	Espacios naturales protegidos .....	61
6.2.7	Patrimonio histórico .....	61
6.2.8	Código penal .....	61
7	Alcance.....	62
7.1	Definición del área de afección.....	62
7.2	Descripción ambiental general entorno al emplazamiento .....	63
7.2.1	Geología .....	63
7.2.2	Vegetación .....	63

7.2.3	Fauna.....	63
8	Inventario ambiental .....	64
8.1.1	Geología .....	64
8.1.2	Vegetación .....	64
8.1.3	Fauna.....	64
9	Identificación, caracterización y valoración de impactos.....	65
9.1	Actividades que pueden generar alteraciones .....	65
9.1.1	Durante la obra .....	65
9.1.2	Durante el funcionamiento.....	65
9.2	Alteraciones en el medio .....	65
9.2.1	Alteraciones en el medio físico.....	65
9.2.2	Alteraciones en el medio biológico .....	66
9.3	Alteraciones en el paisaje .....	66
9.4	Identificación de impactos .....	66
9.4.1	Impactos geológicos y sobre el terreno.....	66
9.4.2	Impactos hidrológicos.....	67
9.4.3	Impactos atmosféricos.....	67
9.4.4	Impactos sobre la fauna.....	68
9.4.5	Impactos sobre la flora .....	68
9.5	Resumen de impactos.....	68
9.5.1	Impactos geológicos y sobre el terreno.....	68
9.5.2	Impactos hidrológicos.....	69
9.5.3	Impactos atmosféricos.....	69
9.5.4	Impactos sobre la fauna.....	69
9.5.5	Impactos sobre la flora .....	69
10	Medidas protectoras, correctoras y compensatorias.....	70
10.1	Protección de la geología y el terreno.....	70
10.2	Protección de la hidrología.....	71
10.3	Protección de la atmósfera .....	71
10.4	Protección de la vegetación .....	72
10.5	Protección de la fauna.....	72
10.6	Medidas correctoras.....	73
10.7	Medidas compensatorias .....	73
11	Programa de vigilancia ambiental .....	73

<b>ANEXO III</b> .....	75
<b>ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y</b> .....	75
<b>SALUD</b> .....	75
1 Prevención de Riesgos Laborales.....	75
1.1 Introducción .....	75
1.2 Derechos y Obligaciones .....	75
1.2.1 Derecho a la protección frente a los riesgos laborales .....	75
1.2.2 Principios de la acción preventiva .....	76
1.2.3 Evaluación de los riesgos .....	76
1.2.4 Equipos de trabajo y medios de protección .....	78
1.2.5 Información, consulta y participación de los trabajadores .....	78
1.2.6 Formación de los trabajadores .....	79
1.2.7 Medidas de emergencia .....	79
1.2.8 Riesgo grave e inminente .....	79
1.2.9 Vigilancia de la salud.....	79
1.2.10 Documentación.....	79
1.2.11 Coordinación de actividades empresariales.....	80
1.2.12 Protección de trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos	80
1.2.13 Protección a la maternidad.....	80
1.2.14 Protección de los menores .....	80
1.2.15 Relaciones de trabajo temporales de duración determinada y en empresas de trabajo laboral.....	80
1.2.16 Obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos.....	81
1.3 Servicios de Prevención .....	81
1.3.1 Protección y prevención de riesgos laborales .....	81
1.3.2 Servicios de prevención .....	82
1.4 Consulta y participación de los trabajadores.....	82
1.4.1 Consulta de los trabajadores .....	82
1.4.2 Derechos de participación y representación .....	82
1.4.3 Delegados de prevención .....	83
2 Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.....	84
2.1 Introducción .....	84
2.2 Obligaciones del empresario.....	84

2.2.1	Condiciones constructivas .....	84
2.2.2	Orden, limpieza y mantenimiento. Señalización .....	86
2.2.3	Condiciones ambientales .....	87
2.2.4	Iluminación .....	87
2.2.5	Servicios higiénicos y locales de descanso .....	88
2.2.6	Material y locales de primeros auxilios .....	88
3	Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo 89	
3.1	Introducción .....	89
3.2	Obligación general del empresario .....	89
4	Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo .....	91
4.1	Introducción .....	91
4.2	Obligación general del empresario .....	91
4.2.1	Disposiciones mínimas generales aplicables a los equipos de trabajo .....	92
4.2.2	Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo móviles 93	
4.2.3	Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para elevación de cargas.....	94
4.2.4	Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para movimiento de tierras y maquinaria pesada en general.....	94
4.2.5	Disposiciones mínimas adicionales aplicables a la maquinaria herramienta	96
5	Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.....	98
5.1	Introducción .....	98
5.2	Estudio básico de seguridad y salud .....	99
5.2.1	Riesgos más frecuentes en las obras de construcción .....	99
5.2.2	Medidas preventivas de carácter general .....	101
5.2.3	Medidas preventivas de carácter particular para cada oficio .....	104
5.3	Disposiciones específicas de seguridad y salud durante la ejecución de las obras 115	
6	Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.....	116
6.1	Introducción .....	116
6.2	Obligaciones generales del empresario .....	116
6.2.1	Protectores de la cabeza.....	116
6.2.2	Protectores de manos y brazos .....	116
6.2.3	Protectores de pies y piernas .....	117

6.2.4	Protectores del cuerpo .....	117
<b>ANEXO IV</b>	.....	<b>119</b>
<b>CÁLCULOS</b>	.....	<b>119</b>
1	Introducción.....	119
2	Cálculo mecánico .....	119
2.1	Cálculo del salto neto.....	119
2.2	Cálculo de pérdidas .....	119
2.2.1	Pérdidas en la tubería forzada.....	119
2.2.2	Pérdidas en el canal de derivación .....	124
2.2.3	Pérdidas en la turbina.....	124
2.3	Cálculo del caudal.....	125
2.4	Cálculo de la potencia instalada.....	125
2.5	Cálculo de la turbina .....	126
2.5.1	Velocidad de rotación .....	126
2.5.2	Diámetro del rodete .....	126
2.6	Tubería forzada .....	127
2.6.1	Espesor de la Tubería.....	127
2.7	Golpe de ariete.....	128
2.8	Cálculo de acoples.....	129
2.8.1	Acople de tubería.....	129
2.8.2	Acople distribuidor .....	129
2.9	Cálculo de la cámara de carga.....	129
3	Cálculo eléctrico.....	130
3.1	Cálculo del generador .....	130
3.1.1	Velocidad de sincronismo .....	130
3.1.2	Potencia .....	130
3.2	Cálculo de la intensidad y dimensionado de conductores .....	131
3.2.1	Intensidad .....	131
3.2.2	Determinación de la sección del conductor .....	132
3.2.3	Dimensionado del conductor neutro.....	134
3.3	Cálculo de la batería de condensadores .....	135
3.3.1	Potencia reactiva a compensar.....	135
3.4	Conexión a red .....	136

<b>PLANOS</b> .....	137
<b>PLIEGO DE CONDICIONES</b> .....	145
1 Condiciones Generales .....	145
1.1  Ámbito de Aplicación .....	145
1.2  Disposiciones generales .....	145
1.2.1  Condiciones facultativas legales .....	145
1.2.2  Seguridad en el trabajo .....	147
1.2.3  Seguridad pública.....	148
1.2.4  Expediente de Contratación .....	148
1.3  Organización del trabajo .....	150
1.3.1  Datos de la obra .....	150
1.3.2  Replanteo de la obra.....	150
1.3.3  Condiciones generales .....	151
1.3.4  Planificación y coordinación .....	152
1.3.5  Acopio de materiales .....	152
1.3.6  Inspección y medidas previas al montaje .....	153
1.3.7  Planos, catálogos y muestras.....	153
1.3.8  Variaciones del proyecto y cambio de materiales.....	154
1.3.9  Cooperación con otros contratistas.....	154
1.3.10  Protección .....	155
1.3.11  Limpieza de la obra .....	155
1.3.12  Andamios y aparejos.....	156
1.3.13  Obras de albañilería .....	156
1.3.14  Energía eléctrica y agua .....	156
1.3.15  Ruidos y vibraciones .....	157
1.3.16  Accesibilidad .....	157
1.3.17  Protección de partes en movimiento .....	158
1.3.18  Protección de elementos a temperatura elevada .....	158
1.3.19  Cuadros y líneas eléctricas.....	158
1.3.20  Pinturas y colores.....	159
1.3.21  Identificación .....	159
1.3.22  Pruebas .....	159
1.3.23  Pruebas finales.....	160

---

1.3.24	Recepción provisional.....	160
1.3.25	Periodos de garantía.....	162
1.3.26	Recepción definitiva.....	162
1.3.27	Permisos.....	162
1.3.28	Entrenamiento.....	162
1.3.29	Repuestos, herramientas y útiles específicos.....	163
1.3.30	Subcontratación de la obras.....	163
1.3.31	Riesgos.....	163
1.3.32	Rescisión del contrato.....	164
1.3.33	Precios.....	164
1.3.34	Pago de obras.....	165
1.3.35	Abono de materiales acopiados.....	165
1.4	Disposición final.....	165
2	Ejecución.....	166
2.1	Ejecución de tuberías y uniones.....	166
2.1.1	Condiciones generales.....	166
2.1.2	Uniones y juntas.....	166
2.1.3	Protecciones.....	167
2.2	Condiciones particulares de las conducciones.....	168
	<b>MEDICIONES.....</b>	<b>169</b>
	<b>PRESUPUESTO.....</b>	<b>173</b>
	Lista de referencias.....	185

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5.1 - Datos catastrales de las parcelas	3
Figura 5.2 - Emplazamiento de la central hidroeléctrica.	4
Figura 5.3 - Modelo general de la central y alrededores.	4
Figura 5.4 - Mapa geológico y corte transversal de la zona de <i>Torre de Babia</i> .	5
Figura 5.5 - Curva de caudales clasificados. Años secos.	12
Figura 5.6 - Curva de caudales clasificados. Años medios.	12
Figura 5.7 - Curva de caudales clasificados. Años húmedos.	13
Figura 5.8 - Perfil de la casa de máquinas y canal de derivación. Diferencia de cotas.	14
Figura 5.9 - Turbina Michel-Banki y accesorios ( <i>Ossberger GmbH.</i> )	20
Figura 5.10 - Rango de funcionamiento de turbinas hidráulicas	20
Figura 5.11 - Rendimientos obtenidos a diferentes caudales ( <i>Ossberger GmbH.</i> )	21
Figura 5.12 - Características eléctricas de la batería de condensadores.	23
Figura 7.1 - Costes orientativos para centrales hidroeléctricas ( <i>IDAE</i> ).	30
Figura I 2.1 - Localización de estaciones pluviométricas en la cordillera cantábrica Leonesa.	35
Figura I 3.1 - Precipitaciones medias anuales en la cordillera cantábrica Leonesa.	37
Figura I 3.2 - Número medio de días de nieve anuales en la cordillera cantábrica Leonesa.	40
Figura I 4.1 - Diagrama de precipitación máxima media anual y coeficiente de variación ( <i>MOPU</i> )	46
Figura I 4.2 - Diagrama de isolíneas $I_1/I_d$ ( <i>MOPU</i> )	46
Figura I 5.1 - Curva de caudales ecológicos.	52
Figura II 7.1 - Polígono de estudio medioambiental.	62
Figura IV 2.1 - Coeficientes de rugosidad para diferentes materiales.	121
Figura IV 3.1 - Diagrama de compensación de potencia reactiva.	135

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 - Precipitaciones medias mensuales. Años húmedos. ....	7
Tabla 3.2 - Precipitaciones medias mensuales. Años medios. ....	8
Tabla 3.3 - Precipitaciones medias mensuales. Años secos. ....	9
Tabla 3.4 - Caudales medios mensuales. ....	10
Tabla 3.5 - Caudal ecológico medio mensual. ....	11
Tabla 4.1 - Producción de energía en años secos. ....	27
Tabla 4.2 - Producción de energía en años medios. ....	28
Tabla 4.3 - Producción de energía en años húmedos. ....	29
Tabla 5.1 - Costes orientativos para la central hidroeléctrica de <i>Torre de Babia</i> . ....	30
Tabla I 3.1 - Número medio de días de nieve anuales. ....	39
Tabla I 3.2 - Temperaturas medias invernales. ....	41
Tabla I 3.3 - Temperaturas medias estivales. ....	42
Tabla I 5.1 - Precipitaciones y caudales medios mensuales. ....	51
Tabla II 7.1 - Coordenadas del polígono de estudio medioambiental. ....	62
Tabla IV 3.1 - Secciones nominales según tipo de cable y aislamiento ( <i>REBT</i> ) ....	132
Tabla IV 3.2 - Duración admisible de cortocircuito según el aislamiento y la sección ( <i>REBT</i> ) .....	133
Tabla IV 3.3 - Tiempos de cortocircuito calculados. ....	134
Tabla IV 3.4 - Secciones del conductor neutro según la sección de los conductores de fase ( <i>REBT</i> ).....	134
Tabla IV 3.5 - Valores obtenidos de compensación del factor de potencia. ....	135



# MEMORIA DESCRIPTIVA

## 1. Introducción

Las centrales hidroeléctricas son una fuente de energía libre de emisiones muy popular y extendida en regiones en las que existe un caudal apreciable de aguas fluyentes superficiales o la posibilidad de aprovechar la energía potencial del agua almacenada en depósitos a cierta altura, como embalses o lagos de montaña.

La energía hidráulica se ha aprovechado desde la prehistoria para el funcionamiento de molinos y otros mecanismos accionados por agua que permitían la realización de trabajos arduos y pesados de forma fácil y eficaz. Existen ejemplos de la utilización de la energía hidráulica en la misma provincia de León, como puede ser la *Herrería de Compludo*, construida y utilizada por los pueblos Celtas Prerromanos, o los numerosos molinos de grano accionados por agua, algunos de ellos funcionales hoy en día.

La generación de electricidad a partir del agua se popularizó a principios del S. XIX, siendo la primera de estas centrales proyectada por el ingeniero Nicola Tesla en las Cataratas del Niágara, en 1983.

En España se instaló la generación hidroeléctrica aprovechando en muchos casos los molinos de grano ya existentes, a los que se les añadió una turbina y un generador de corriente alterna para suministrar electricidad de forma aislada a las poblaciones de los alrededores.

Desde entonces, la energía hidroeléctrica se ha convertido en una forma de energía auxiliar, ya que puede ser conectada y desconectada en cuestión de minutos, y se pueden encontrar centrales en un amplio rango de potencias, dependiendo del caudal y el salto disponibles.

Debido a su facilidad de operación, actualmente la energía hidroeléctrica está adquiriendo una nueva función como almacenamiento de energía. Las estaciones de bombeo utilizan la electricidad excedente durante las horas de menor consumo del sistema eléctrico para elevar agua de un depósito inferior a uno superior, que es turbinada nuevamente para la generación de electricidad durante las horas de mayor demanda eléctrica.

Este sistema de almacenamiento de energía a gran escala es el único económica y técnicamente viable actualmente. Por otro lado, cada vez son menos los emplazamientos disponibles para la construcción de centrales hidroeléctricas de gran potencia, así que actualmente se están recuperando las viejas centrales hidroeléctricas de pequeña potencia, o proyectando nuevos proyectos de aprovechamiento mini-hidráulico.

Vistas las nuevas aplicaciones de la energía hidráulica y su importancia estratégica para el sector eléctrico, es de esperar que la utilización de los recursos hidroeléctricos sufra una reactivación en un futuro cercano.

## 1 Objeto

El presente proyecto tiene como objeto el estudio de viabilidad y rehabilitación de una central hidroeléctrica en el río “*Arroyo de Torre*”, en la localidad de *Torre de Babia*, provincia de *León, España*. Se busca el aprovechamiento del salto y el caudal existentes en esta zona para la generación de electricidad, así como reutilizar las instalaciones existentes de la antigua central hidroeléctrica, actualmente abandonadas.

En este proyecto se han planteado los siguientes objetivos:

- Estudiar el lugar de emplazamiento de la central, recuperando las instalaciones actualmente existentes en la medida de lo posible.
- Estudiar los parámetros de salto y caudal disponibles para la central hidroeléctrica en función de los registros de los últimos 25 años.
- A partir de los parámetros disponibles, definir las características nominales de salto y caudal que permitan el funcionamiento optimizado de la central.
- Dimensionar los diferentes elementos que componen la central hidroeléctrica.
- Realizar los estudios de viabilidad económica e impacto ambiental del proyecto de ejecución de la central.

## 2 Antecedentes

La motivación de este proyecto es la rehabilitación de una antigua central hidroeléctrica en la localidad de *Torre de Babia*, conocida por el nombre de “*Fábrica de Luz*”, actualmente en estado de abandono.

Aunque no existen actualmente documentos ni registros sobre su funcionamiento, se sabe que la central data aproximadamente de principios del S. XIX, y fue utilizada exclusivamente para el abastecimiento de electricidad a las localidades anejas a la central.

Actualmente la central sólo conserva la casa de máquinas, una canalización hecha en piedra desde la toma de agua hasta la central, y la tubería forzada desde el canal hasta la central.

La central hidroeléctrica aprovecha el caudal del “*Arroyo de Torre*”, un arroyo de alta montaña afluente del río “*Luna*”, que tiene un caudal más estable a lo largo del año de lo que se podría esperar de un arroyo de dichas características debido a la presencia de lagos y acuíferos en la cordillera Cantábrica que alimenta al arroyo durante todo el año.

La orografía del terreno, con grandes pendientes, aporta también un salto significativo que permite su aprovechamiento hidroeléctrico.

### 3 Diseño general

#### 3.1 Emplazamiento

El emplazamiento de la central hidroeléctrica se encuentra en el municipio de *Torre de Babia*, perteneciente al ayuntamiento de *Cabrillanes*, provincia de *León* (España), en las coordenadas:

Las parcelas catastrales en las que se asienta el complejo aparecen registradas en el catastro de la siguiente manera:

DATOS IDENTIFICATIVOS SIGPAC				Coordenadas UTM del centro	
Provincia:	24 - LEON			X:	735667,38
Municipio:	30 - CABRILLANES			Y:	4763432,44
Agregado:	0	Zona:	0	DATUM	WGS84
Polígono:	11	Parcela:	10163	HUSO	29
DATOS IDENTIFICATIVOS SIGPAC				Coordenadas UTM del centro	
Provincia:	24 - LEON			X:	735664,23
Municipio:	30 - CABRILLANES			Y:	4763464,11
Agregado:	0	Zona:	0	DATUM	WGS84
Polígono:	11	Parcela:	163	HUSO	29

Figura 3.1 - Datos catastrales de las parcelas

La casa de máquinas, cámara de carga, tubería forzada, socaz y parte del canal de derivación se localizan en la parcela N° 10163. La casa de máquinas se encuentra a una altitud de 1304.0 msnm.

La siguiente parte del canal de derivación, toma de agua y azud se sitúan en la parcela aneja N° 163, a una altitud estos dos últimos de 1309.7 msnm

En la imagen inferior se indica la posición del complejo según aparece en el **Mapa Topográfico Nacional** a escala 1:50000 (MTN 50), hojas N° 0077 y N° 0102.



Figura 3.2 - Emplazamiento de la central hidroeléctrica.

La central está construida en un claro de 200 m<sup>2</sup> anejo al Arroyo Torre de Babia. El canal discurre 64 m a lo largo del río desde la central, por la falda de una colina, hasta su toma de agua, limitando con un campo de cultivo. A continuación se ofrece un modelo general aproximado del complejo y su entorno, donde se pueden ver la casa de máquinas, tubería forzada y canal de derivación.

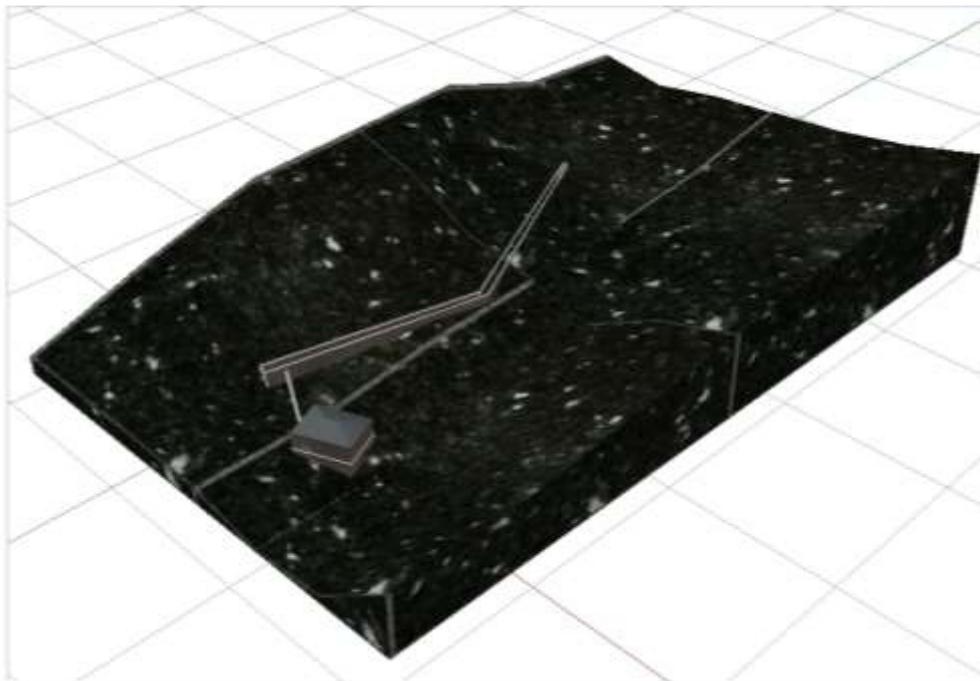


Figura 3.3 - Modelo general de la central y alrededores.

### 3.1.1 Geología

La geología de todo el valle del arroyo *Torre de Babia* está constituida por la sucesión de estratos compuestos de piedras calizas, dolomías, areniscas, pizarras y cuarcitas. Se aprecian diversas formaciones típicas de esta zona la cordillera cantábrica, como la formación Barrios, Láncara, Oville y San Pedro, todas ellas del periodo comprendido entre la edad geológica del Cámbrico-Ordovícico.

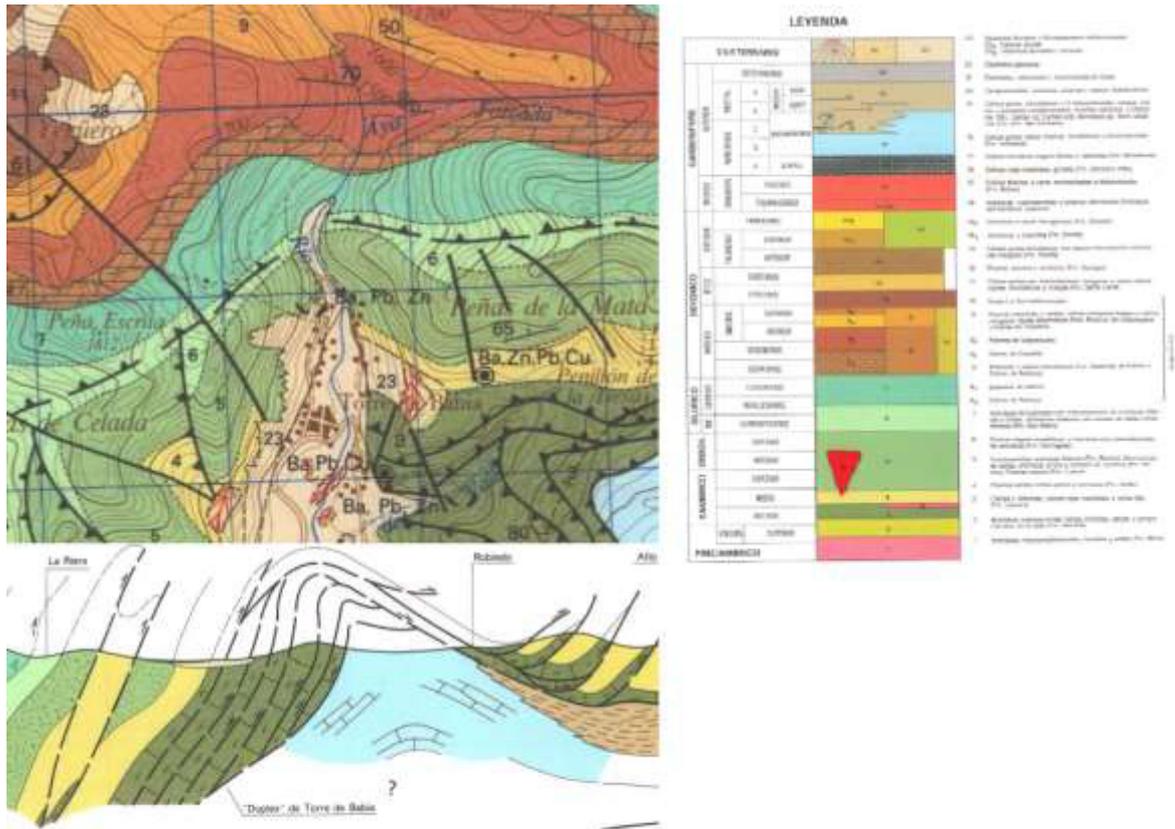


Figura 3.4 - Mapa geológico y corte transversal de la zona de *Torre de Babia*.

El complejo de la central hidroeléctrica se asienta sobre un terreno compuesto de depósitos fluviales originario por la erosión del arroyo durante el periodo cuaternario.

Debajo de este estrato se encuentra una formación Láncara compuesta de rocas calizas, calizas rojas y dolomías originarias del periodo Cámbrico. Esta formación aparece de nuevo en la margen izquierda del río.

En la margen derecha se localizan zonas de canchales provenientes de la erosión de las montañas que definen el valle por el Este. Aquí se pueden encontrar las formaciones Barrios (Cuarcitas y areniscas blancas), Oville (Pizarras verdes y lutitas grises), y otros estratos con alternancia de lutitas, pizarras, y areniscas.

El emplazamiento de la central se encuentra por tanto sobre un terreno de dureza media de origen fluvial. Es de especial interés el terreno de la toma de agua, que se encuentra en una zona de terrazas fluviales en las que es frecuente su por agua anegación durante las riadas, lo que deberá tenerse en cuenta a la hora de elegir los meses en los que ejecutar las obras.

### 3.1.2 Geomorfología

La zona en la que se encuentra el complejo es de difícil acceso, ya que se encuentra en un estrecho valle entre una colina por su margen derecha y un macizo de montañas por la izquierda.

Se ha aprovechado la colina de la margen derecha para la construcción del canal de derivación, que discurre aguas arriba por su ladera hasta su final.

La casa de máquinas se encuentra en una explanada con una pendiente del 8% de 200 m<sup>2</sup>, aneja a una pista de tierra, con un corte abrupto de 2 m de altura en el margen del río.

## 3.2 Hidrología

Estudio hidrográfico de la cuenca se ha realizado en base a datos proporcionados por la **Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)**, de las precipitaciones recogidas durante los años 1981-2007 por las estaciones pluviométricas de *Torre de Babia* (2686), *Robledo de Babia* (2687), y *Huergas de Babia* (2688).

Se ha realizado una media ponderada con las diferencias de altura entre las tres estaciones y teniendo en cuenta el gradiente pluviométrico para complementar meses en los que no se disponen de datos.

### 3.2.1 Hidrología de la cuenca

La cuenca hidrográfica del *Arroyo de Torre* pertenece a la **Confederación Hidrográfica del Duero (CHD)**. La cuenca tiene una extensión aproximada de 10 km<sup>2</sup> y una pendiente promedio del 7%.

El *Arroyo de Torre* cuenta con tres afluentes principales, y en la cuenca existen dos lagos con un volumen aproximado de 40,000 m<sup>3</sup> que sirven como aporte de caudal durante los meses con escasas precipitaciones.

Además abundan los manantiales de agua provenientes de acuíferos de poca profundidad que alimentan el caudal del arroyo a lo largo del año.

A partir de los datos de precipitaciones se han podido obtener las precipitaciones promedio de años divididos en tres grupos; Años húmedos, medios y secos, en función del número de precipitaciones registradas durante dicho años, siendo la media recogida de 1143.65 mm/año a 1280msnm. , a la que se ha aplicado un gradiente pluviométrico de 15 mm/100m

### 3.2.1.1 Años húmedos

Aquellos con unas precipitaciones anuales totales mayores de 1143.65 mm/año. Son un total de 9 años, con una media total de 1230.5 mm/año.

La media de la cuenca ponderada con las áreas de cada intervalo de cotas es de 2033.51 mm/año.

Tabla 3.1 - Precipitaciones medias mensuales. Años húmedos.

<b>PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES</b>	
<b>AÑOS HÚMEDOS</b>	
<b>Mes</b>	<b>Precipitaciones (mm)</b>
<i>Enero</i>	225,16
<i>Febrero</i>	192,27
<i>Marzo</i>	158,62
<i>Abril</i>	166,06
<i>Mayo</i>	146,09
<i>Junio</i>	125,09
<i>Julio</i>	104,55
<i>Agosto</i>	94,60
<i>Septiembre</i>	118,61
<i>Octubre</i>	216,46
<i>Noviembre</i>	256,26
<i>Diciembre</i>	229,75
<b><u>TOTAL</u></b>	<b><u>2033,51</u></b>

### 3.2.1.2 Años medios

Aquellos con unas precipitaciones anuales totales entre 1143.65 y 1000 mm/año. Son un total de 10 años, con una media total de 1055.96 mm/año.

La media de la cuenca ponderada con las áreas de cada intervalo de cotas es de 1587.26 mm/año.

Para el cálculo de los caudales se tomarán estos años como referencia.

Tabla 3.2 - Precipitaciones medias mensuales. Años medios.

PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES	
AÑOS MEDIOS	
Mes	Precipitaciones (mm)
<i>Enero</i>	139,72
<i>Febrero</i>	145,59
<i>Marzo</i>	127,68
<i>Abril</i>	130,39
<i>Mayo</i>	118,64
<i>Junio</i>	95,59
<i>Julio</i>	77,20
<i>Agosto</i>	79,98
<i>Septiembre</i>	108,89
<i>Octubre</i>	170,55
<i>Noviembre</i>	156,31
<i>Diciembre</i>	185,65
<b>TOTAL</b>	<b><u>1536,19</u></b>

### 3.2.1.3 Años secos

Aquellos con unas precipitaciones anuales totales menores de 1000 mm/año. Son un total de 8 años, con una media total de 910.61 mm/año.

La media de la cuenca ponderada con las áreas de cada intervalo de cotas es de 1176.26 mm/año.

Tabla 3.3 - Precipitaciones medias mensuales. Años secos.

PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES	
AÑOS SECOS	
Mes	Precipitaciones (mm)
<i>Enero</i>	117,99
<i>Febrero</i>	150,89
<i>Marzo</i>	95,08
<i>Abril</i>	144,11
<i>Mayo</i>	100,79
<i>Junio</i>	51,31
<i>Julio</i>	46,96
<i>Agosto</i>	54,15
<i>Septiembre</i>	88,83
<i>Octubre</i>	97,99
<i>Noviembre</i>	91,45
<i>Diciembre</i>	136,73
<b>TOTAL</b>	<b><u>1176,26</u></b>

### 3.2.2 Escorrentía

A la hora de realizar el cálculo de escorrentía se han tenido en cuenta las pérdidas de agua debidas a infiltración, evaporación y evapotranspiración, si bien no se ha entrado en que porcentaje de las pérdidas es debido a cada uno de estos fenómenos.

El porcentaje de agua que acaba formando parte del caudal de aguas superficiales aprovechables se ha calculado en un 20 %.

Se ha calculado el volumen de agua de escorrentía máximo posible, con un retorno de 25 años, como caudal máximo de avenidas. Este caudal es de 12.52 m<sup>3</sup>/s.

### 3.2.3 Caudal medio

El caudal medio del *Arroyo de Torre* se ha establecido en 0.97 m<sup>3</sup>/s, si bien hay grandes diferencias de hasta el 50% en función de los meses del año que se consideren.

Tabla 3.4 - Caudales medios mensuales.

CAUDALES MEDIOS MENSUALES	
Mes	Caudal (m3/s)
<i>Enero</i>	1,07
<i>Febrero</i>	1,11
<i>Marzo</i>	0,97
<i>Abril</i>	0,99
<i>Mayo</i>	0,91
<i>Junio</i>	0,73
<i>Julio</i>	0,59
<i>Agosto</i>	0,61
<i>Septiembre</i>	0,83
<i>Octubre</i>	1,30
<i>Noviembre</i>	1,19
<i>Diciembre</i>	1,42
<b>MEDIA</b>	<b>0,98</b>

### 3.2.4 Caudal ecológico

Al no existir estaciones de aforo en que registren los caudales diarios de *Arroyo de Torre*, se ha optado por utilizar el método de cálculo de caudales ecológicos proporcionado por la **CHD**, que lo define de la siguiente manera:

*“Tal y como establece la IPH, los métodos hidrológicos para obtener la distribución temporal de caudales mínimos se han basado en la definición de percentiles entre el 5 y el 15% a partir de la curva de caudales clasificados, que permitirán definir el umbral habitual del caudal mínimo.” – CHD (2014)*

Este método aparece detallado en el Estudio Hidrológico y se basa en la definición de percentiles de los caudales mínimos registrados.

En este caso se ha optado por definir el caudal ecológico a partir de los percentiles 5 y 15 de los caudales mínimos mensuales calculados para la media de años húmedos.

Tabla 3.5 - Caudal ecológico medio mensual.

CAUDAL ECOLÓGICO			
Mes	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>ec</sub> P <sub>5</sub>	Q <sub>ec</sub> P <sub>15</sub>
Enero	1,6517	0,3716	0,3959
Febrero	<b>1,9553</b>	0,3766	<b>0,4056</b>
Marzo	1,2104	0,3666	0,3832
Abril	1,7531	0,3749	0,4024
Mayo	1,4671	0,3700	0,3926
Junio	0,7977	0,3600	0,3633
Julio	0,7218	0,3583	0,3583
Agosto	0,9051	0,3617	0,3683
Septiembre	0,9545	0,3633	0,3733
Octubre	1,2671	0,3683	0,3882
Noviembre	1,1147	0,3650	0,3783
Diciembre	1,7180	0,3733	0,3991

Según este método el caudal ecológico (Q<sub>ec</sub>) para el *Arroyo de Torre* sería **0.4056 m<sup>3</sup>/s**, valor que hemos escogido por ser el más restrictivo.

### 3.2.5 Caudales clasificados

El cálculo de los caudales clasificados se ha realizado en tres escenarios hidrológicos posibles que ya se han definido anteriormente como *Secos*, *Medios* y *Húmedos*.

Se han representado tres gráficas, las correspondientes al caudal total (Q), el caudal ecológico (Q<sub>ec</sub>), y el caudal turbinable (Q<sub>turbinable</sub>). Éste último ha sido ajustado a los caudales de funcionamiento de la turbina Michel-Banki, para lograr una mayor flexibilidad en la producción.

A continuación se presentan las curvas correspondientes a cada uno de ellos:

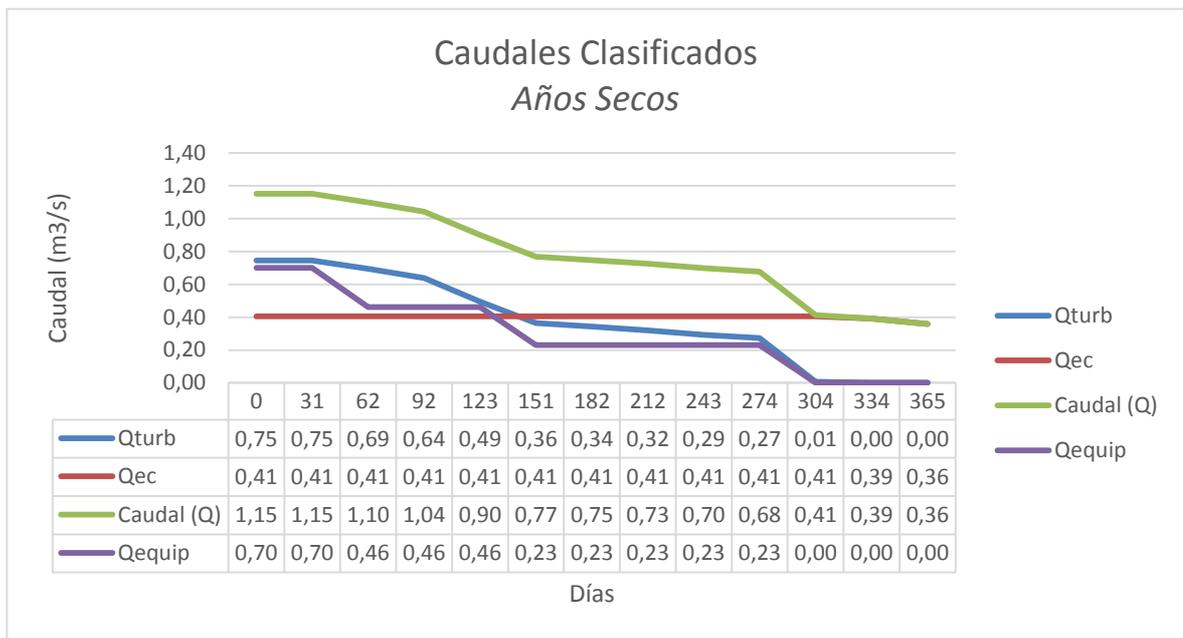


Figura 3.5 - Curva de caudales clasificados. Años secos.

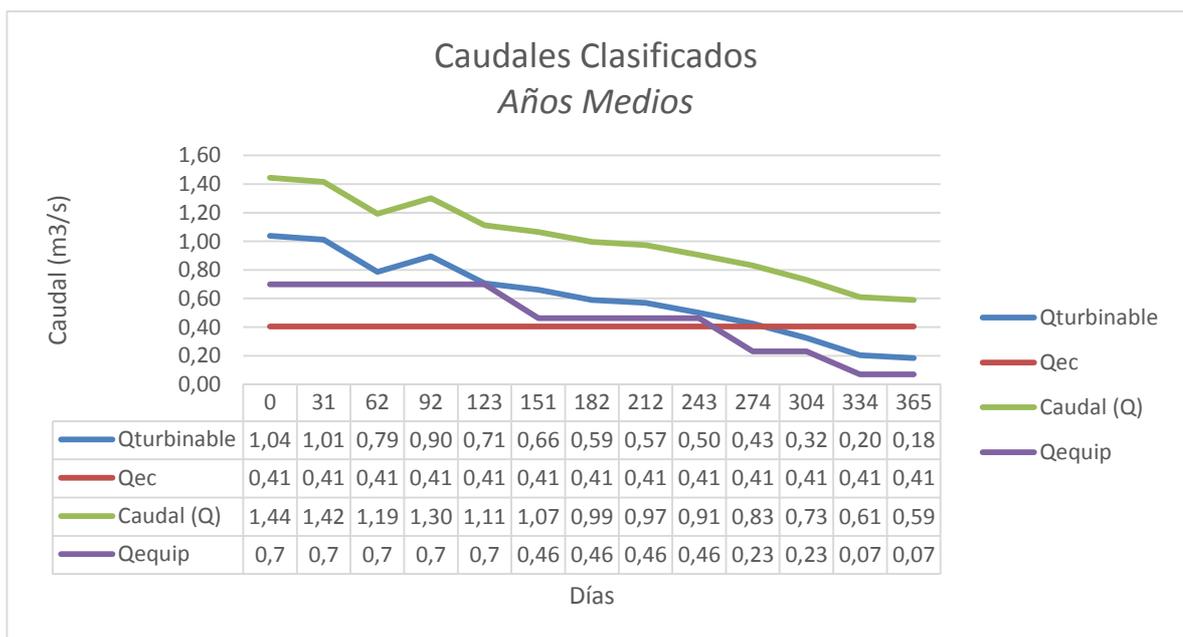


Figura 3.6 - Curva de caudales clasificados. Años medios.

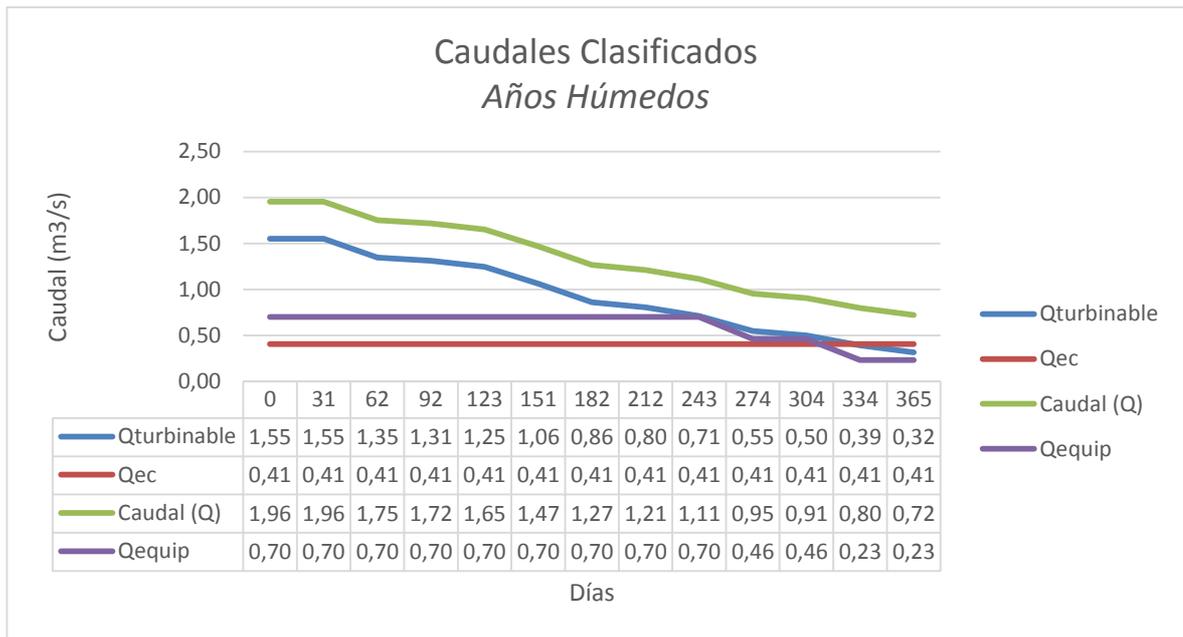


Figura 3.7 - Curva de caudales clasificados. Años húmedos.

Como se puede observar, para un caudal nominal de **0.7m<sup>3</sup>/s** se logra una producción durante casi la totalidad del año, gracias en parte a la capacidad de regular el caudal de funcionamiento a máximo rendimiento de la turbina Michel-Banki.

Así, los caudales de equipamiento de la turbina que aparecen en la gráfica se han restringido a los valores **100%** (0.7 m<sup>3</sup>/s), **66%** (0.46 m<sup>3</sup>/s), **33%** (0.23 m<sup>3</sup>/s) y **10%** (0.07 m<sup>3</sup>/s), del caudal nominal.

### 3.3 Salto disponible

El cálculo del salto total disponible se ha realizado mediante la nivelación con nivel y mira estadimétrica de la topografía del terreno del complejo de la central hidroeléctrica, utilizando el método del punto medio.

Para ello se ha medido el desnivel entre la toma de agua del canal de derivación y la cámara de carga al final del mismo, obteniéndose un desnivel de 0.25 m, lo que supone una pendiente a lo largo del canal del 0.4 %.

De igual manera se midió el desnivel existente entre la toma de la tubería forzada en su salida de la cámara de carga, el piso de la casa de máquinas, y la cota del socaz en su salida al arroyo, obteniéndose una diferencia de cotas de 7.4m.

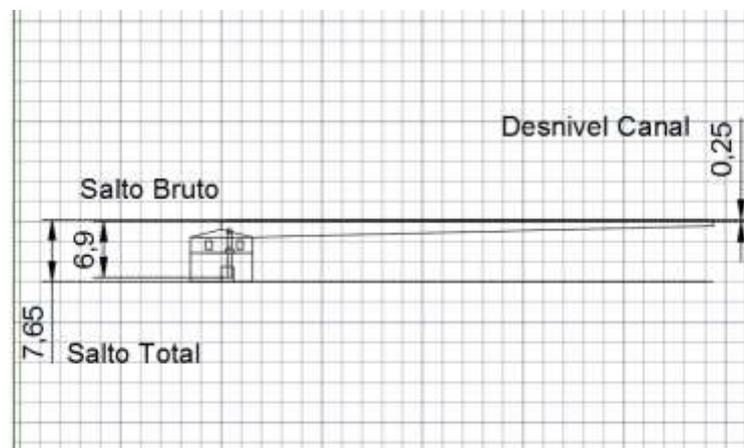


Figura 3.8 - Perfil de la casa de máquinas y canal de derivación. Diferencia de cotas.

#### 3.3.1 Salto total

Se define el salto total como la diferencia de cotas entre la toma de agua del canal de derivación y el socaz.

En este caso el salto bruto disponible es de **7.65 m**.

#### 3.3.2 Salto bruto

El salto bruto se ha calculado restándole al salto bruto la altura perdida debido a la pendiente del canal del derivación (0.25m), y la altura a la que se encuentra el desagüe de la tubería de aspiración (0.5 m).

Se ha obtenido un salto bruto de **6.9 m**.

### 3.3.3 Salto neto

El salto neto se obtiene al aplicar las pérdidas de altura debidas a los conductos por los que discurre el agua (Canal de derivación, tubería forzada), y los elementos existentes en ellos (Rejilla, válvula de cierre, acoples, turbina).

El cálculo de las pérdidas aparece detallado en el *Anexo de Cálculos*.

Se ha obtenido un salto neto de **6.4 m**.

## 3.4 Instalaciones

### 3.4.1 Elementos existentes

Las instalaciones con las que cuenta actualmente la central son las siguientes:

- Casa de máquinas.
- Canal de derivación.
- Azud.
- Tubería forzada.
- Distribuidor y válvula de cierre.
- Tubo de aspiración.
- Socaz.

#### 3.4.1.1 Casa de máquinas

Se trata de un edificio de dimensiones 6.30 x7.70 m, realizado en piedra y pizarra autóctonas. Se divide en una planta y un semisótano en el que se encuentra el socaz, con una altura libre en la primera planta de 3 m, y de 2 m en el semisótano. El piso de la primera planta se encuentra a 1304.0 msnm.

Cuenta con dos ventanas de madera de 1.1 x0.8 m en la fachada NE, y una puerta de madera de 2.10 x1.7 m en la fachada SE, todos ellos en la primera planta.

El semisótano cuenta con una abertura de 1.5 x2 m en la fachada NE, por la que discurre el agua proveniente del socaz hacia el arroyo.

### 3.4.1.2 Canal de derivación

El canal de derivación se compone de tres elementos:

- Cámara de carga: Situada al final del recorrido del canal. Dimensiones 2 x12 m y 12 m de altura. En ella se encuentra la conexión con la tubería forzada. Tiene un volumen de 42.48 m<sup>3</sup>. Este volumen es a todas luces insuficiente para conseguir una regulación significativa en el caudal, siendo actualmente el tiempo máximo de autonomía de 1 minuto.
- Canal de derivación: Discurre durante 52 m en sentido Norte-Sur por la ladera de una colina aneja al arroyo. El canal por el que discurre el agua mide 0.8 m de ancho por 0.6 m de altura, mientras la estructura del mismo varía en función de la orografía.

Su pendiente es del 0.5%, habiendo un desnivel desde la toma de agua hasta la cámara de carga de 0.25 m.

- Toma de agua: Se encuentra al principio del canal de derivación, con las mismas medidas de éste. La cota del punto de la toma de agua es de 1309.7 msnm. Originalmente no existía compuerta de regulación, o si la hubo no existen indicios de ella actualmente. La regulación del agua se realizará mediante la compuerta del azud, tomándose el agua por rebose.

### 3.4.1.3 Azud

El azud se encuentra en estado ruinoso, se aprecia su estructura original en ambos márgenes del río, pero actualmente sería necesaria una reconstrucción para ser utilizado. Sus medidas originales son de 5 m de longitud por 0.5 m de altura.

Para llevar a cabo su rehabilitación será necesaria la instalación de una compuerta de regulación de 0.8 x0.5 m, y la construcción de una escala de peces que asegure el caudal ecológico durante los meses secos (Julio-Agosto) y garantice el remonte de los peces.

#### 3.4.1.4 Tubería forzada

La tubería forzada actual es de hormigón, de 10 m de longitud, 0.55 m (20") de diámetro y de espesor desconocido. Se compone de dos tramos de 5 m empalmados mediante una abrazadera de acero fijada con pernos.

Debido al desconocimiento del estado actual de la tubería, sería necesario realizar una valoración de la misma para determinar si puede reutilizarse en el proyecto. Actualmente no presenta fugas ni desperfectos a simple vista.

En caso de no estar en condiciones óptimas, se instalará una tubería de las mismas dimensiones de acero laminado, de un espesor de 2.6 mm, tal como se expone en el anexo de cálculos.

Según la norma *DIN 2448*, las tuberías de acero de estos diámetros están diseñadas con un espesor de 11 mm, por lo que podrán ser utilizadas con amplio margen de seguridad.

#### 3.4.1.5 Distribuidor y válvula de cierre

El único elemento mecánico que todavía conserva la central hidroeléctrica es el conjunto de distribuidor y válvula de cierre. Aunque no presentan desperfectos a simple vista y la mecánica parece funcionar, sí se han visto fugas de agua a través del tubo de aspiración, lo que indica un posible defecto en la válvula de cierre.

El distribuidor existente fue utilizado con una turbina *Francis*, lo cual lo hace inadecuado para la instalación de la turbina *Michell-Banki* que está proyectada.

El distribuidor será proporcionado por el fabricante *Ossberger GmbH* conjuntamente con la turbina y su adaptador a las dimensiones de la tubería forzada.

La válvula de cierre actual consiste en una válvula de mariposa de acción manual. Deberá valorarse su reparación y reutilización, y en caso contrario adquirir una nueva de las mismas características y dimensiones.

#### 3.4.1.6 Tubería de aspiración

La actual tubería de aspiración tiene unas dimensiones de 3 m de longitud y 0.55 m de diámetro, de sección circular constante, lo cual no la hace apta para su utilización. Se deberá sustituir por otra de la misma longitud, pero de sección variable rectangular.

La tubería de aspiración será proporcionada por el fabricante conjuntamente con la turbina.

### 3.4.1.7 Socaz

Discurre por el semisótano de la casa de máquinas. Tiene una longitud de 5 m y vierte las aguas al mismo nivel del río. No se han proyectado modificaciones de importancia en este elemento, salvo las necesarias para ejecutar las obras de rehabilitación de la casa de máquinas.

A parte de los elementos existentes que deban ser reemplazados después de su evaluación, deberán adquirirse y ser instalados los siguientes:

- Compuerta.
- Escala de peces.
- Distribuidor.
- Turbina.
- Tubería de aspiración.
- Multiplicador.
- Generador.
- Batería de condensadores.
- Cuadro eléctrico y protecciones.

### 3.4.2 Compuerta

Se deberá instalar una compuerta en el azud con objeto de regular la entrada de agua en la toma del canal de derivación. Fabricada en fundición de acero y de dimensiones 0.8 x0.5 m.

### 3.4.3 Escala de peces

La escala de peces se construirá en el margen derecho del río, paralela a la toma del canal. Se compone de cuatro módulos de hormigón de 0.3 x0.1 m y 0.25 m de altura cada uno, salvando un desnivel total de 1m entre el azud y el arroyo y con una longitud total de 2.0 m.

### 3.4.4 Distribuidor

El distribuidor será proporcionado por el fabricante *Ossberger GmbH*. Conjuntamente con la turbina. La dimensión del mismo en el acople con la válvula de cierre será de 0.55 m de diámetro y de sección circular.

### 3.4.5 Turbina

Debido a los valores de caudal y salto disponibles se ha valorado la elección de dos posibles tipos de turbinas; Kaplan y Michell-Banki.

### 3.4.5.1 Elección de la turbina

Ya que originalmente la central contaba con una turbina tipo Francis, ninguna de las anteriores puede ser utilizada con las instalaciones existentes, por lo que serán necesarias modificaciones en la casa de máquinas.

En el caso de la turbina Kaplan, la instalación conllevaría grandes modificaciones en la casa de máquinas al tener que ser instalada de forma vertical, lo que dificulta también el acceso a sus componentes y su mantenimiento.

Con una turbina Michell-Banki con la configuración de la *figura 5.4.5.1.1* las modificaciones en la instalación existente serían mucho menores, a la vez que el acceso a sus componentes se puede realizar de forma más sencilla. Además la posición de su eje permite el acople directo al multiplicador y al generador, minimizando las pérdidas.

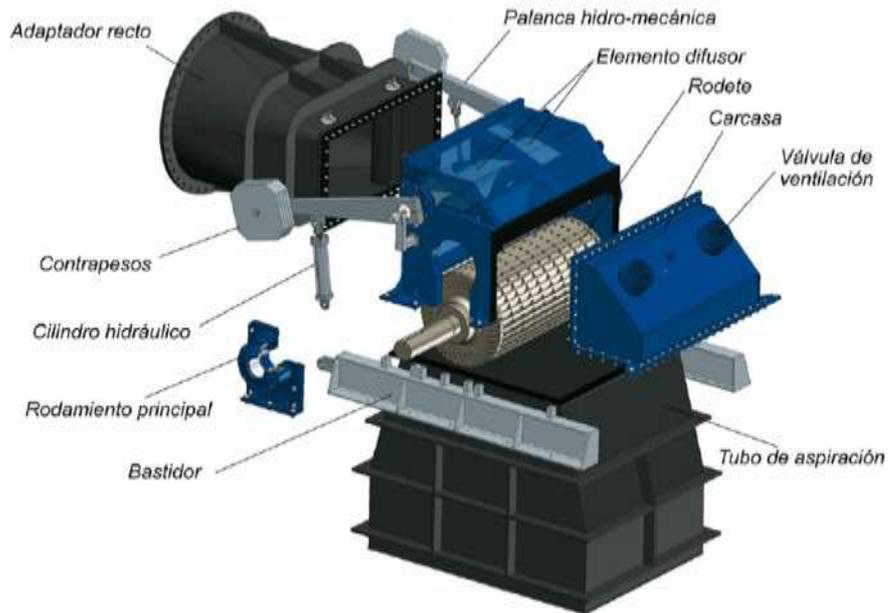


Figura 3.9 - Turbina Michel-Banki y accesorios (Ossberger GmbH.)

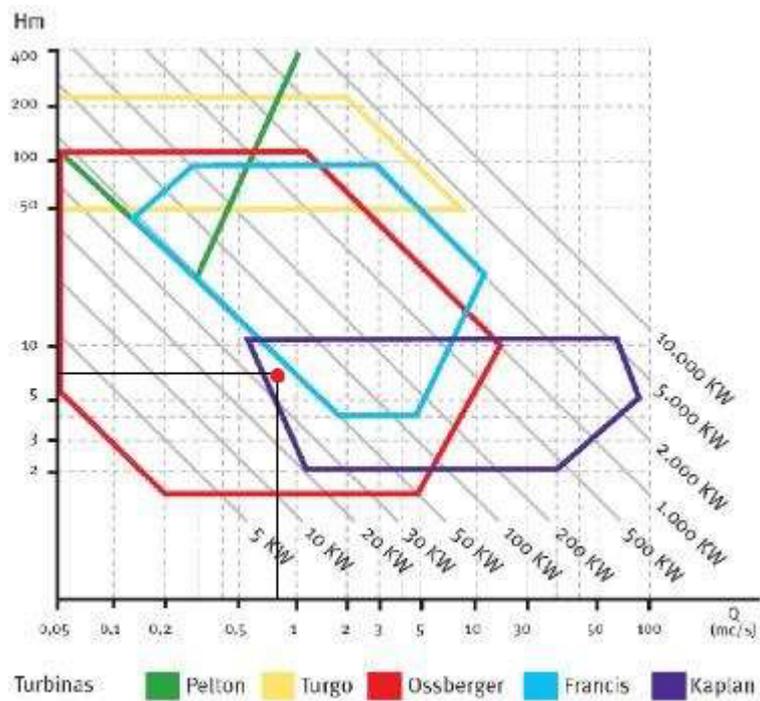


Figura 3.10 - Rango de funcionamiento de turbinas hidráulicas

Tal como se aprecia en el gráfico, para una salto de 6.5 m y un caudal de 0.7 m<sup>3</sup>/s la turbina más indicada es una Michell-Banki.

Además, la instalación de una turbina Michell-Banki permite la regulación del régimen de funcionamiento para trabajar con caudales de hasta el 15% del caudal nominal, lo que aumenta significativamente las horas de funcionamiento anuales sin pérdidas significativas en el rendimiento.

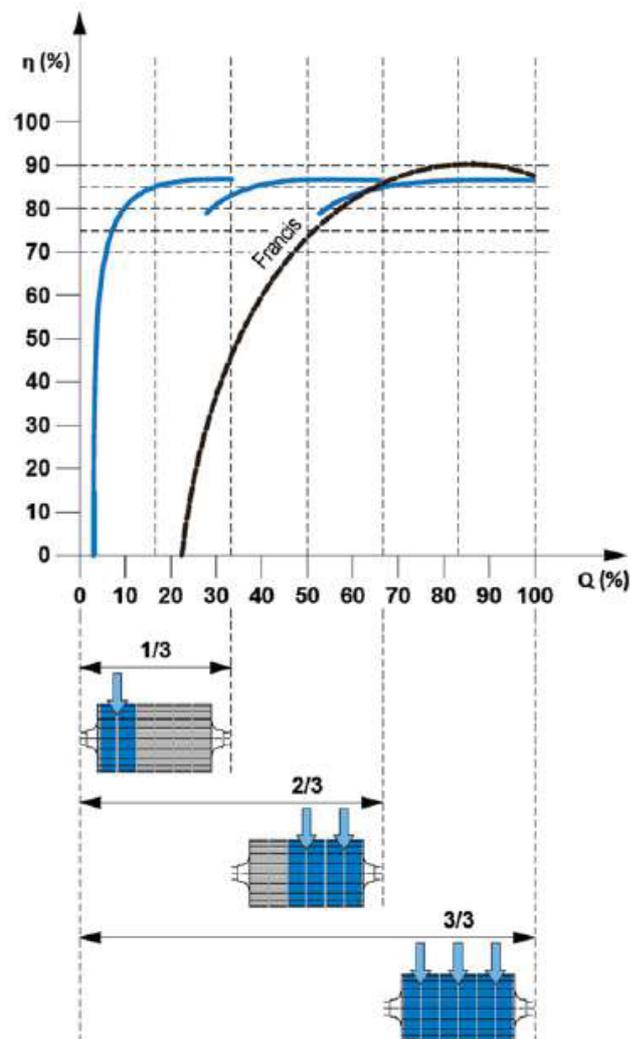


Figura 3.11 - Rendimientos obtenidos a diferentes caudales  
(Ossberger GmbH.)

Finalmente se ha optado por instalar una turbina Michell-Banki de flujo transversal y admisión horizontal de 40 kW, proporcionada por el fabricante *Ossberger GmbH*.

### 3.4.6 Tubería de aspiración

Deberá ser de 2 m de longitud, desde la salida de la turbina hasta el socaz. En el caso de que se necesite realizar un empalme, éste deberá mantener la misma sección. Será proporcionado por el fabricante junto con la turbina.

### 3.4.7 Multiplicador

Dada la velocidad de giro del rodete de la turbina (1,037 rpm), y la velocidad de sincronismo del generador asíncrono (1,000 rpm para 3 pares de polos), no será necesaria la instalación de un multiplicador.

### 3.4.8 Generador

Se ha optado por instalar un generador asíncrono de rotor de jaula de ardilla de 40 kW y  $\cos \varphi = 0.8$ . La velocidad de sincronismo del mismo será de 1,000 rpm, correspondiente a un rotor de 3 pares de polos.

La tensión de salida del generador deberá ser de 3 x400 /230 V, con una intensidad máxima de 72.17 A.

El generador se conectará en configuración estrella con 3 conductores más neutro.

Tal y como se especifica en el *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT)*, la conexión a red del generador no se realizará hasta que éste haya alcanzado entre el 90 y el 100% de la velocidad de sincronismo.

En el anexo de cálculos aparecen las justificaciones de estos valores, así como el dimensionado de los conductores.

### 3.4.9 Batería de condensadores

Debido a que el *REBT* exige un  $\cos \varphi$  igual o superior a 0.86, y el del generador es de 0.8, se deberá instalar una batería de condensadores para compensar la energía reactiva generada y aumentar el  $\cos \varphi$  hasta 0.86.

Se ha calculado la batería de condensadores mediante un software para cálculo de baterías de condensadores proporcionado por el fabricante *Circuitor*.

La batería de condensadores calculada es de 5 condensadores con una potencia nominal de 7.5 kVAr, que en este caso trabajará a 6.2 kVAr.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	
MODELO:	OPTIM 2-7,5-440
código:	R3Q761
Potencia nominal:	7.5 kvar
Potencia a tensión de servicio:	6.2 kvar
Tensión nominal:	440.0 V
Tensión de servicio:	400 V
Frecuencia:	50.0 Hz
Nivel de aislamiento:	690 V
Rigidez dieléctrica:	2.5 kV/1 mm
Tolerancia de capacidad:	-5/+10 %
Sobrecarga:	1,3xIn
Sobretensión:	1,1xUn (8h sobre 24h)
	1,15xUn (15 min sobre 24h)
	1,2xUn (5 min sobre 24h)
	1,3xUn (1 min sobre 24h)
Temperatura ambiente:	-25 °C/+45 °C
Temperatura funcionamiento:	+ 25 °C (recomendado)
Humedad relativa:	< 80%
Altitud:	< 2000 msnm
Normas:	IEC 60831; IEC 61921; IEC 60438; IEC 61921; IEC 60439

Figura 3.12 - Características eléctricas de la batería de condensadores.

### 3.4.10 Cuadro eléctrico y protecciones

Según el *REBT* se deberán disponer las siguientes protecciones mínimas:

- De sobreintensidad, mediante relés directos magnetotérmicos o solución equivalente.
- De mínima tensión instantáneos, conectados entre las tres fases y neutro y que actuarán, en un tiempo inferior a 0,5 segundos, a partir de que la tensión llegue al 85 % de su valor asignado.
- De sobretensión, conectado entre una fase y neutro, y cuya actuación debe producirse en un tiempo inferior a 0,5 segundos, a partir de que la tensión llegue al 110 % de su valor asignado.
- De máxima y mínima frecuencia, conectado entre fases, y cuya actuación debe producirse cuando la frecuencia sea inferior a 49 Hz o superior a 51 Hz durante más de 5 periodos.

## 3.5 Obra civil

A continuación se describen las diferentes obras que deberán ser ejecutadas para la realización del proyecto.

### 3.5.1 Casa de máquinas

La casa de máquinas actual tiene unas dimensiones de 6.30 x7.70 m. Se divide en dos plantas:

- Planta baja: De 2 m de altura. No tiene piso y está al aire libre. En él se encuentran el tubo de aspiración y el socaz.
- Planta primera: Tiene una altura libre de 3 m. En él se instalarán el distribuidor, turbina, generador, cuadro eléctrico y demás elementos.

Para su rehabilitación será necesario acometer las siguientes obras:

- Rehabilitación del forjado.
- Rehabilitación de puertas y ventanas.
- Obertura para conexión de la línea eléctrica.

#### 3.5.1.1 Rehabilitación del forjado

El forjado actual está construido mediante viguetas de acero sobre las que se asienta la estructura de madera del suelo.

Será necesaria la sustitución de los elementos de madera de la estructura del suelo por bovedillas aligeradas de hormigón, rematadas con mortero.

#### 3.5.1.2 Rehabilitación de puertas y ventanas

Se cambiará la actual puerta de madera por una puerta doble industrial de aluminio, de dimensiones 2.10x1.7 m.

De igual manera se cambiarán las actuales ventanas de madera por dos ventanas de aluminio de dimensiones 1.1x0.8 m.

#### 3.5.1.3 Obertura para conexión eléctrica

Actualmente la antigua obertura por la que discurrían los conductores en su enlace a la red de distribución está bloqueada, por lo que será necesario la construcción de una nueva, cuya posición no coincide con la antigua.

La abertura tendrá unas dimensiones de 0.76 x0.5 m y estará situada a una altura de 2 m en la fachada Sur-Oeste de la casa de máquinas.

### 3.5.2 Canal de derivación

El estado general del canal es aceptable, aunque deberán realizar obras de rehabilitación del canal de derivación y de la toma de agua, entre las que se incluyen:

- Limpieza de vegetación.
- Reparación de fallas estructurales.
- Reparación de fugas.

## 4 Producción

El cálculo del caudal nominal de funcionamiento de la central se ha calculado teniendo en cuenta la disponibilidad de ese caudal a lo largo del año y la capacidad de las instalaciones.

El caudal máximo calculado de circulación por la tubería forzada es de  $0.7 \text{ m}^3/\text{s}$ , si bien con un caudal de  $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$  se asegura la producción durante más horas a lo largo del año.

Una de las principales ventajas de la instalación de la turbina Michel-Banki es la capacidad de funcionamiento a caudales de hasta el 15% del caudal nominal, lo que permite aumentar significativamente las horas de producción anuales, y por ello se ha elegido un caudal nominal ligeramente superior al que garantizaría las máximas horas de funcionamiento a potencia nominal.

Gracias a esto podemos calcular la producción de la central con 4 caudales diferentes:

$Q_{\text{equipamiento}}: 0.7 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{\text{medio}}: 0.462 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{\text{mínimo}}: 0.231 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{\text{umbral}}: 0.07 \text{ m}^3/\text{s}$

Se han considerado tres posibles escenarios de producción en función del caudal disponible de agua turbinable, en relación directa con el volumen de precipitaciones en el año considerado.

Así se han establecido tres escenarios de producción, según sean años secos, medios o húmedos, todos ellos obtenidos a partir de datos con un retorno de 25 años.

## 4.1 Años secos

En la siguiente tabla aparecen los datos de producción obtenidos para los años secos:

Tabla 4.1 - Producción de energía en años secos.

Años Secos				
Días	$Q_{\text{turbina}} (\text{m}^3/\text{s})$	$Q_{\text{equip}} (\text{m}^3/\text{s})$	P (W)	E (kWh)
31	0,75	0,70	40.131,00	29.857,46
59	0,69	0,46	26.486,46	17.798,90
89	0,64	0,46	26.486,46	19.070,25
120	0,49	0,46	26.486,46	19.705,93
151	0,36	0,23	13.243,23	9.852,96
182	0,34	0,23	13.243,23	9.852,96
213	0,32	0,23	13.243,23	9.852,96
244	0,29	0,23	13.243,23	9.852,96
274	0,27	0,23	13.243,23	9.535,13
304	0,01	0,07	4.013,10	2.889,43
335	0,00	0,07	4.013,10	2.985,75
365	0,00	0,00	-	-
<b>TOTAL</b>				<b>141.254,70</b>

La producción anual estimada para este escenario es de **141,254.7 kWh/año**

## 4.2 Años medios

En la siguiente tabla aparecen los datos de producción obtenidos para los años medios:

Tabla 4.2 - Producción de energía en años medios.

Años Medios				
Días	$Q_{\text{turbinable}}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{\text{equip}}$ (m <sup>3</sup> /s)	P (W)	E (kWh)
31	1,01	0,70	40.131,00	29.857,46
62	0,79	0,70	40.131,00	29.857,46
92	0,90	0,70	40.131,00	28.894,32
123	0,71	0,70	40.131,00	29.857,46
151	0,66	0,46	26.486,46	17.798,90
182	0,59	0,46	26.486,46	19.705,93
212	0,57	0,46	26.486,46	19.070,25
243	0,50	0,46	26.486,46	19.705,93
274	0,43	0,23	13.243,23	9.852,96
304	0,32	0,23	13.243,23	9.535,13
334	0,20	0,07	4.013,10	2.889,43
365	0,18	0,07	4.013,10	2.985,75
<b>TOTAL</b>				<b>220.010,98</b>

La producción anual estimada para este escenario es de **220,010.98 kWh/año**.

### 4.3 Años húmedos

En la siguiente tabla aparecen los datos de producción obtenidos para los años húmedos:

Tabla 4.3 - Producción de energía en años húmedos

Años Húmedos				
Días	$Q_{\text{turbinable}} \text{ (m}^3\text{/s)}$	$Q_{\text{equip}} \text{ (m}^3\text{/s)}$	P (W)	E (kWh)
31	1,55	0,70	40.131,00	29.857,46
61	1,35	0,70	40.131,00	28.894,32
92	1,31	0,70	40.131,00	29.857,46
123	1,25	0,70	40.131,00	29.857,46
154	1,06	0,70	40.131,00	29.857,46
182	0,86	0,70	40.131,00	26.968,03
212	0,80	0,70	40.131,00	28.894,32
243	0,71	0,70	40.131,00	29.857,46
274	0,55	0,46	26.486,46	19.705,93
304	0,50	0,46	26.486,46	19.070,25
334	0,39	0,23	13.243,23	9.535,13
365	0,32	0,23	13.243,23	9.852,96
<b>TOTAL</b>				<b><u>292.208,26</u></b>

La producción anual estimada para este escenario es de **292,208.26 kWh/año**.

## 5 Análisis económico

Para realizar el análisis económico se han considerado datos proporcionados por el **Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (IDAE)**, en su “Manual para el Cálculo de Minicentrales Hidroeléctricas”.

En este documento aparecen datos económicos orientativos para el cálculo de centrales hidroeléctricas.

Central fluyente	
Potencia instalada	5.000 kW
Ratio medio inversión	1.500 €/kW
Horas equivalentes	3.100
Energía producida	15.000 MWh/año
Vida útil	25 años
Precio venta energía	6,89 c€/kWh (1 <sup>er</sup> 25 años) 6,12 c€/kWh (resto)
Coste mantenimiento	225.000 €/año 0,014516 €/kW

Figura 5.1 - Costes orientativos para centrales hidroeléctricas (IDAE).

Este cuadro caracterizado para el presente proyecto quedaría de la siguiente manera:

Tabla 5.1 - Costes orientativos para la central hidroeléctrica de Torre de Babia.

<b>Potencia Instalada</b>	40 kW
<b>Inversión</b>	82,487.00 €
<b>Horas funcionamiento</b>	8,760 h*
<b>Horas de funcionamiento equivalentes</b>	5,500 h**
<b>Energía producida</b>	220 MWh/año**
<b>Vida útil</b>	25 años
<b>Precio venta energía</b>	0.05 €/kWh
<b>Coste mantenimiento</b>	1,800 €/año

(\*) No todas las horas se produce a la potencia nominal

(\*\*) Valores calculados en el escenario de producción de los años medios.

Considerando un sobrecoste del 10%, un beneficio industrial del 5%, y aplicando un 21% de IVA se obtiene una inversión inicial de **114,780.66 €**

## 5.1 Rentabilidad

Actualmente el precio de la energía en el mercado ibérico de energía (OMIE), se sitúa de media en los 0.05 €/kWh, precio sensiblemente inferior a los valores que se registraron en el pico de demanda energética hacia el año 2008.

Después de la publicación del *Real Decreto-ley 1/2012 por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución en las nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial*, se anuló la subvención en el precio de venta de la energía eléctrica en instalaciones hidroeléctricas de este tipo.

Este es un factor importante en el análisis rentable, puesto que sin esta subvención el proyecto no es viable económicamente.

Aun así, se ha realizado un estudio de rentabilidad a partir de los tres escenarios de producción. Dado que la vida útil del proyecto se ha estimado en 25 años, es muy probable que en ese intervalo de tiempo aparezcan años en los que se varíe la producción debido a las precipitaciones.

Para obtener un resultado lo más ajustado a la realidad posible, se ha realizado una media ponderada de la producción en cada año durante 25 años, discriminándose dos años de precipitaciones medias de los 27 años de los que se tienen datos.

- Años secos: Se dispone de un total de 9 años de escasas precipitaciones en los que se generarán 3.581,05 €/año por la venta de energía a 0.05 €/kWh.
- Años medios: Se dispone de un total de 8 años de precipitaciones medias en los que se generarán 5.577,66 €/año por la venta de energía a 0.05 €/kWh.
- Años húmedos: Se dispone de un total de 8 años de abundantes precipitaciones en los que se generarán 7.407,98 €/año por la venta de energía a 0.05 €/kWh.

Realizando una media ponderada de los tres escenarios, los beneficios directos anuales por la venta de energía medios se sitúan en los **7,183.58 €**

Debido a que el precio de la energía eléctrica generada en la central se sitúa en torno a los **0,03619 €**, se ve que **el proyecto es rentable con el precio de venta de la energía actual**.

El proyecto comenzaría a ser mínimamente rentable con un precio de venta de 0.045 €/kWh, con un periodo de retorno de 24.27 años, mientras que con un precio de 0.05 €/kWh se empezaría a recuperar la inversión a los 21 años, con un TIR del 2% y una tasa interna de retorno del 10%.



# ANEXO I

## ESTUDIO HIDROLÓGICO

### 1 Introducción

El estudio hidrológico de la cuenca del río “Arroyo de Torre” es esencial, como en cualquier otro proyecto de estas características, para el determinar la cantidad de agua disponible para ser turbinada en la central hidroeléctrica.

Al ser una central hidroeléctrica ya existente, se da por supuesto que un estudio hidrológico similar a este fue realizado con anterioridad. Actualmente no existe registro de tal estudio, ya que con toda probabilidad date de principios del s.XX y haya sido extraviado, por lo que es necesario la realización de uno nuevo.

Para la elaboración de este estudio se han tenido que considerar previamente las características topográficas y climáticas de la cuenca.

### 2 Descripción Metodológica y Fuentes

El estudio se ha basado en dos factores; La topografía y la climatología de la zona de estudio, obteniéndose los datos de distintas fuentes y métodos.

#### 2.1 Topografía

El análisis de la topografía del terreno se ha llevado a cabo mediante mapas facilitados por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), y manipulados mediante software GIS, utilizando el programa informático ArcMap 10.3.

Los datos topográficos se han obtenido mediante ortofotos del Plan Nacional del Ortofotografía Aérea (PNOA), mapas de datos LIDAR, y mapas del IGN mtn50 a escala 1:25,000.

Estas fuentes permiten manipular los datos con una resolución de 25 cm por píxel, por lo que la precisión a la hora de calcular el área de la cuenca y cotas del terreno es suficiente para realizar un estudio hidrológico.

Para calcular la extensión de la cuenca se ha optado por calcular el área inscrita en la región delimitada por los puntos de mayor altitud alrededor de un punto de referencia, que ha sido establecido como la posición de la toma de agua del canal de derivación de la central hidroeléctrica.

Para calcular la aportación hidrológica de la cuenca se ha tenido en cuenta el gradiente pluviométrico, para lo cual se han calculado las áreas correspondientes a cada intervalo de 100 m en las cotas, conociéndose las precipitaciones correspondientes a dichos intervalos, y haciendo una media ponderada de las precipitaciones mensuales y la fracción de área correspondiente.

## 2.2 Pluviometría

El análisis pluviométrico se ha calculado en base a los datos proporcionados por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Se han considerado los datos de las precipitaciones mensuales desde 1981 hasta 2007, haciendo un total de 26 los años estudiados para realizar un cálculo de la forma más precisa posible.

Los datos pluviométricos se han obtenido de la estación pluviométrica de *Torre de Babia*. Debido a la falta puntual de datos en algunos meses, se ha completado el registro histórico mediante interpolación de los datos recogidos en las estaciones de *Huergas de Babia* y *Robledo de Babia*, situadas en un radio de 3 km alrededor de la estación de *Torre de Babia*, y teniendo en cuenta la diferencia de cotas entre las ubicaciones de las estaciones.

Se han tenido en cuenta únicamente datos de medición de las precipitaciones totales recogidas por las estaciones, ya que otros parámetros, como las precipitaciones en forma de nieve, granizo, niebla u otros factores son irregulares y no se dispone de datos suficientes.

Para la determinación de los años húmedos y secos se han diferenciado los años en función de sus precipitaciones medias anuales, tomándose aquellos años con mayores precipitaciones como "húmedos" (precipitaciones >10,000 mm/año) y los de menos como "secos" (precipitaciones <10,000 mm/año). Los años que se encuentran comprendidos entre este intervalo han sido considerados como "medios".

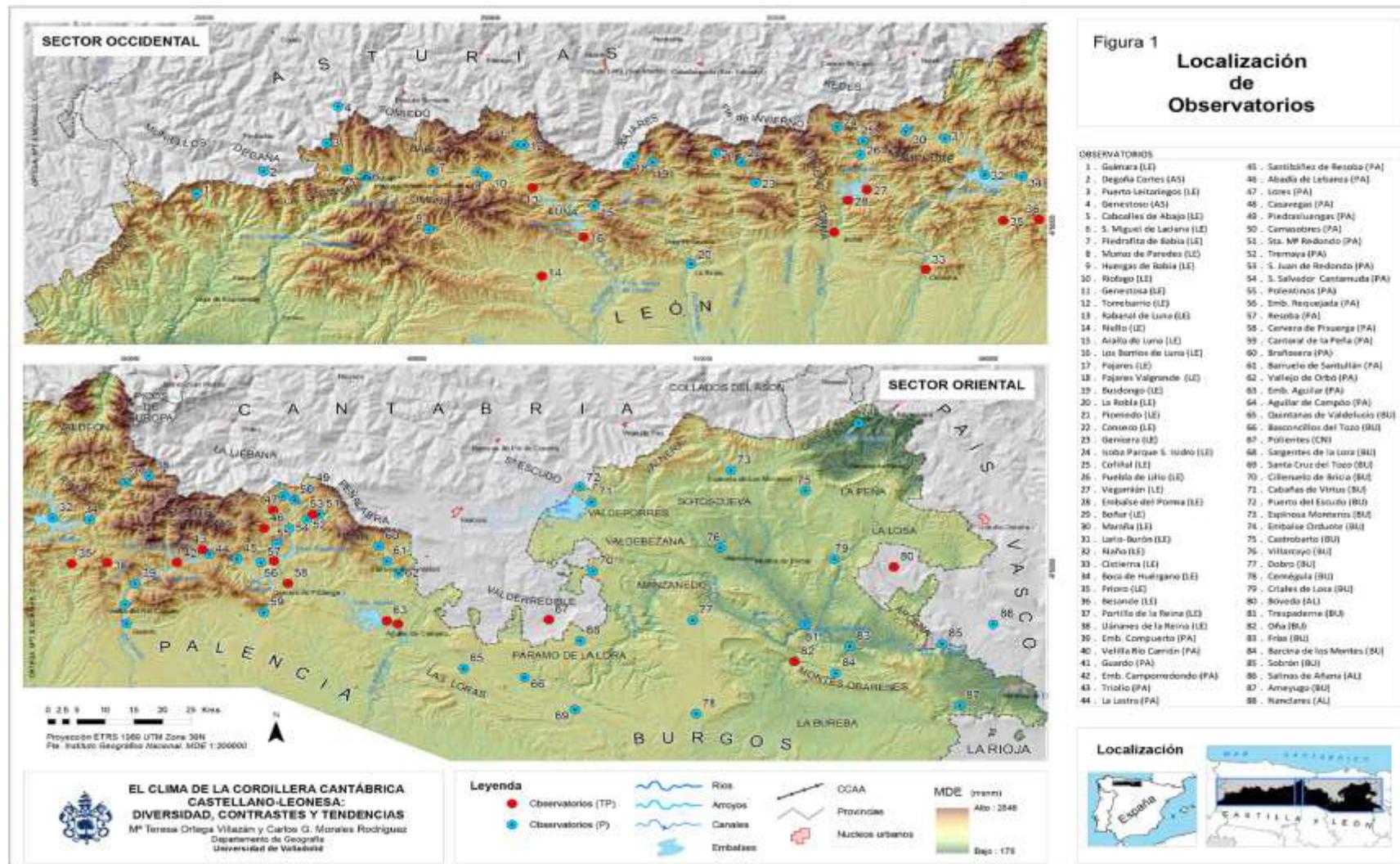


Figura I.2.1 - Localización de estaciones pluviométricas en la cordillera cantábrica Leonesa.

### 3 Climatología

La climatología de la región de “Torre de Babia” es típica, debido a su situación, de la vertiente sur de la Cordillera Cantábrica. Ésta se caracteriza por la presencia de vientos dominantes procedentes del Mar Cantábrico cargados de humedad, que chocan contra la cordillera, condensándose la humedad que portan y produciendo cuantiosas precipitaciones en la vertiente norte de la cordillera, en algunos puntos de la cual llegan a registrarse más de 2000 mm de precipitaciones al año.

Cuando el viento consigue superar la cordillera y penetra en su vertiente sur ha perdido la mayor parte de su humedad, siendo por consiguiente más árido y seco, registrándose inviernos duros y veranos secos.

#### 3.1 Precipitaciones

Las precipitaciones históricas registradas por las estaciones meteorológicas de “Torre de Babia” y otras poblaciones anejas, además de estudios realizados sobre la climatología de la cordillera Cantábrica, muestran unas precipitaciones máximas de hasta 2500 mm anuales, aunque este valor disminuye rápidamente al avanzar hacia el sur, donde en la localidad de “Cervera” se reduce a 1500 mm.

Más específicamente, en la zona de Babia se distinguen dos zonas claramente definidas;

- Las zonas de cumbre (Peñas de Chana, Rueda y Ubiña), junto con los puertos de Cubillas y Somiedo (1,468 m). En estas zonas se han registrado precipitaciones de 2000 mm/año
- La zona de “Babia baja”, en la vertiente sur de la cordillera y a menor altura, registra menores precipitaciones ya que ella llegan vientos más secos después de haber sobrepasado la cordillera. En el fondo del valle de Babia se reducen las precipitaciones hasta los 1,100 mm anuales (Torre de Babia, Huergas de Babia).

Tabla I 3.1 - Precipitaciones medias anuales

OESTE DE CERVERA DE PISUERGA									
Montaña de León									
Degaña/Laciana		Babia		Pajares/Piedrafita		R. N. Mampodre		Picos de Europa	
Degaña	1969,7	Genestosa	1094,6	Pajares	1774,4	Isoba-S.Is.	1516,0	Llanaves R.	1264,9
Leitariegos	1601,1	Piedrafita	1084,4	Busgongo	1055,9	Cofiñal	1535,2	Lario-Burón	1457,8
Guimara	1765,5	Torrebarrio	1022,2	Piornedo	1504,8	Puebla Lillo	1422,7	Boca de H.	1258,0
Caboalles	1786,0	Huergas B.	1094,5	Canseco	1456,8	Maraña	1474,4	Prioro	1289,4

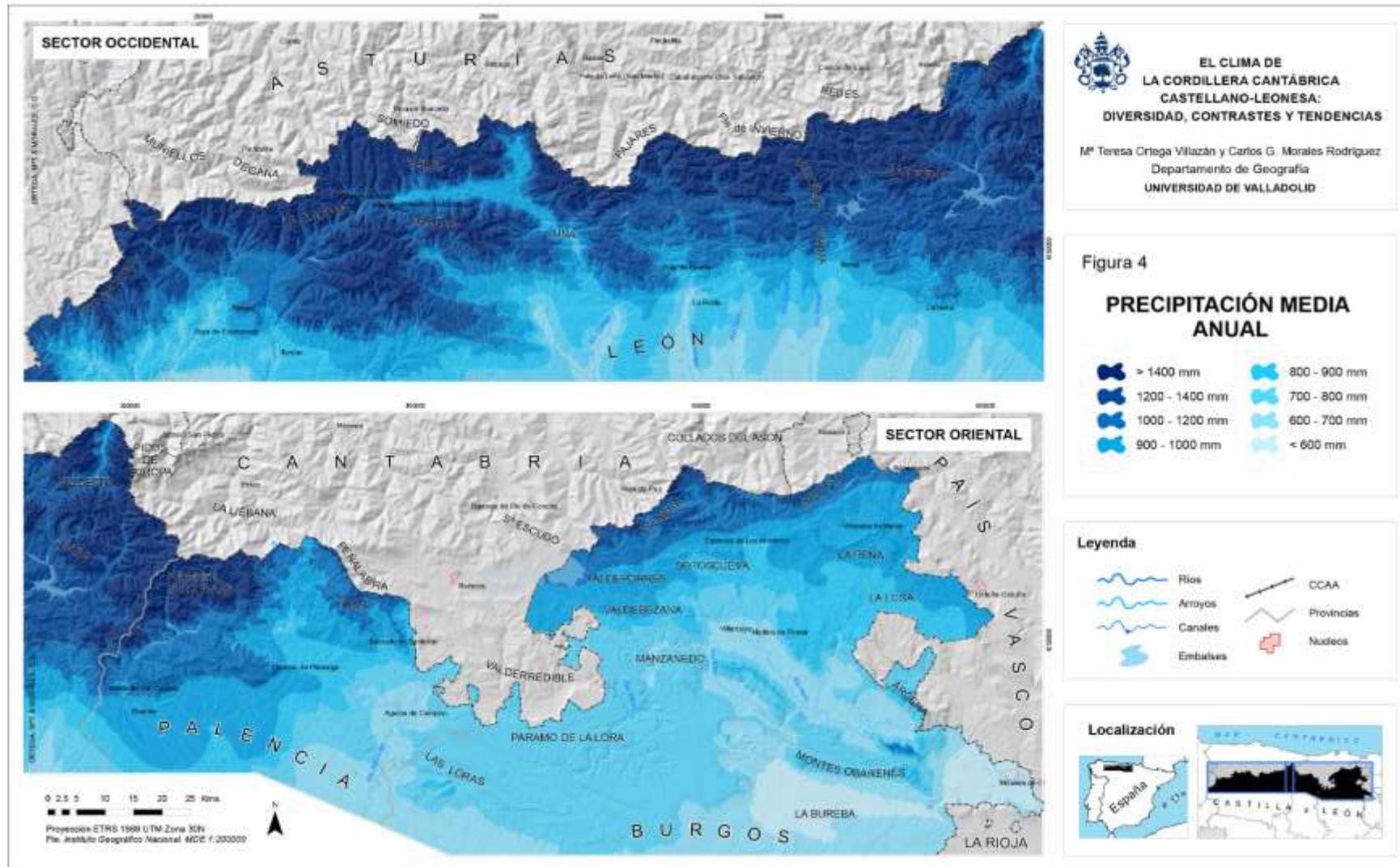


Figura I 3.1 - Precipitaciones medias anuales en la cordillera cantábrica Leonesa.

### 3.1.1 Distribución de las precipitaciones

Las mediciones pluviométricas indican que las precipitaciones en la vertiente sur de la cordillera Cantábrica se producen a lo largo de todo el año, aunque adquieren mayor importancia en el periodo comprendido entre los meses de Octubre a Mayo, donde la media de precipitación mensual supera los 100 mm, mostrando un máximo en Diciembre. Cabe señalar que este máximo se ve desplazado al mes de Enero en la salida de los valles de alta montaña (Riello, La Robla).

### 3.1.2 Número de días de precipitación

Los días de precipitación están igualmente ligados a la vertiente de la cordillera Cantábrica que se considere, registrándose un descenso en el eje Somiedo/Babia de 180 a 160 días. Este valor aumenta en las cumbres, por lo que podemos considerar que en prácticamente se producen precipitaciones la mitad de los días del año.

### 3.1.3 Precipitaciones de nieve

Las precipitaciones en forma de nieve se producen coincidiendo con el periodo en el que más precipitaciones se registran (Octubre - Mayo). La importancia de la nieve no viene dada únicamente por la cantidad de precipitación de ésta, sino por su capacidad de ser almacenada en las cumbres y neveros, lo que permite su progresiva infiltración en el terreno.

Las nevadas más intensas aparecen entre los meses de Noviembre a Abril, lo que en la práctica supone la mitad de los meses del año. La media de precipitación de nieve mensual se encuentra alrededor de los 5 días al mes, pudiendo ser mayores de 10 en los meses críticos del invierno (Piedrafita de Babia, Huergas de Babia). En estos meses se producen de media el 65% de las precipitaciones de nieve totales, y se pueden dar entre 15 y 25 nevadas en un solo mes.

A lo largo de la cordillera Cantábrica existen buenas zonas propicias para el almacenamiento, el cual puede resistir al deshielo durante varios meses después de las nevadas, incluso en algunos casos hasta el verano. Esto permite que la infiltración de aguas subterráneas alimente arroyos y lagos presentes por toda la cordillera de forma constante a lo largo del año.

El volumen de almacenamiento de nieve y su deshielo comprende diversos factores, como la superficie de cumbres, su exposición al sol, la temperatura ambiente y demás factores que, debido a su complejidad de cálculo, quedan fuera del alcance y del propósito de este estudio.

Tabla I 3.2 - Número medio de días de nieve anuales.

OESTE DE CERVERA DE PISUERGA									
Montaña de León									
Degaña/Laciana		Babia		Pajares/Piedrafita		R. N. Mampodre		Picos de Europa	
Degaña	51,7	Genestosa	48,8	Pajares	45,0	Isoba S. Isidro	64,0	Llánaves R.	54,2
Letariegos	56,1	Piedrafita B.	46,1	Busgongo	33,2	Cofitral	52,5	Lario-Burón	35,0
Caboalles A.	21,4	Torrebarrio	39,7	Piornedo	38,5	Puebla Lillo	45,2	Boca de H.	29,2
S. Miguel Lac.	18,4	Huergas B.	43,4	Canseco	46,5	Maraña	39,4	Prioro	36,5

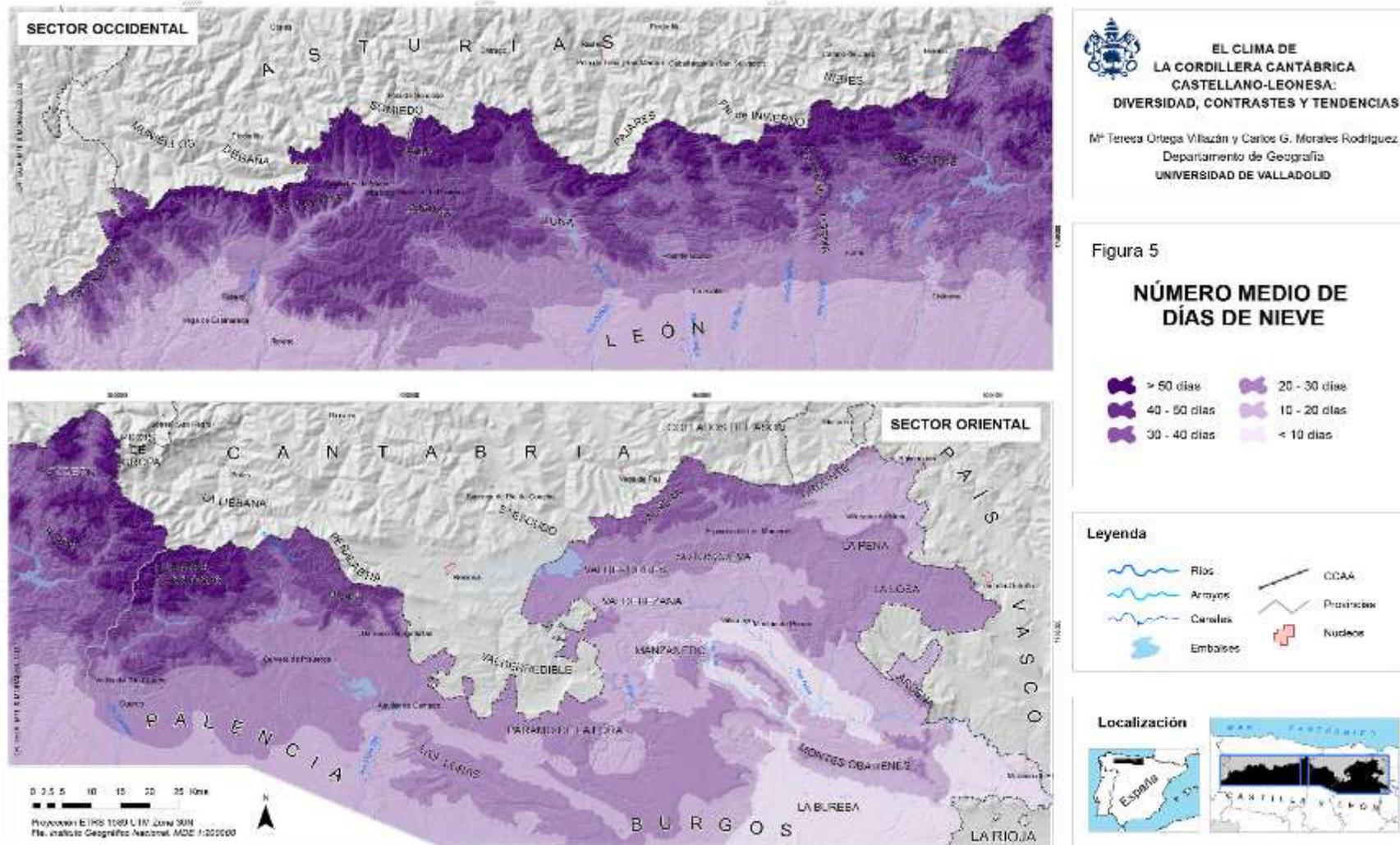


Figura I 3.2 - Número medio de días de nieve anuales en la cordillera cantábrica Leonesa.

## 3.2 Temperatura

Las temperaturas de la vertiente sur de la cordillera Cantábrica occidental están caracterizadas por ser bajas a lo largo del año, en contraposición con las temperaturas al otro lado de la cordillera. Como ejemplo se pueden citar las temperaturas medias de la vertiente Asturiana que se mantiene en torno a los 13°C (Espinama, Tarna), mientras que en la zona Leonesa se sitúan en los 5°C (Leitariegos, Isoba).

Todo esto llevará a la aparición de unos inviernos fríos y largos, mientras que los veranos serán frescos y cortos.

### 3.2.1 Invierno

Las temperaturas invernales de la cordillera Cantábrica son los correspondientes a un clima de montaña, aunque a medida que nos adentramos en los valles se suavizan en cierta medida debido al abrigo propiciado por la propia cordillera.

Así, mientras en las cumbres por encima de los 1,300 m (Peñas de Ubiña, Chana y Rueda) las temperaturas medias invernales son bajo cero, en los valles oscilan entre los 0-2°C.

Debido al descenso del aire frío y denso de las cumbres hacia los valles, se propicia la aparición de escarchas durante las noches, que se traducen en nieblas a primeras horas del día.

Tabla I 3.3 - Temperaturas medias invernales.

OESTE DE CERVERA DE PISUERGA							
Cimeras, Puertos >1.300 m		Valles 1.200-1.300 m		Valles 1.000-1.200 m		Estribación meridional	
< 0°C		0-1°C		1-2°C		>2°C	
Leitariegos	-1,0°C	Murias Paredes	0,9°C	Barrios Luna	1,6°C	Riello	2,1°C
Isoba/S. Isidro	0,1°C	Aralla de Luna	0,6°C	Cofiñal	1,3°C	La Robla	2,6°C
Torrebarrio	0,2°C	Maraña	0,9°C	Priero	1,7°C	Boñar	2,4°C
Triollo	-0,1°C	Camporredondo	0,7°C	Pto. Requejada	1,9°C	Cistierna	2,1°C
Piornedo	-0,3°C	Lores	1,0°C	Barruelo Sant.	1,7°C	Aguilar Campóo	2,5°C

### 3.2.2 Verano

El paso del invierno al verano no se produce de forma clara, se realiza de forma progresiva y sin llegarse a alcanzarse, por lo general, temperaturas superiores a los 20°C, siendo la temperatura media en cotas inferiores a los 1,300 m de entre 16 y 18°C, mientras que para cotas superiores la temperatura media toma valores en cualquier caso inferiores a los 13°C.

Tabla I 3.4 - Temperaturas medias estivales.

#### OESTE DE CERVERA DE PISUERGA

Címeras, Puertos >1.300 m		Valles 1.200-1.300 m		Valles 1.000-1.200 m		Estribación meridional	
< 16°C		16-17°C		17-18°C		>18°C	
Leitariegos	11,9°C	Murias Paredes	16,3°C	Barrios Luna	18,4°C	La Robla	18,7°C
Isoba/S. Isidro	12,7°C	Aralla de Luna	16,5°C	Cofiñal	16,9°C	Boñar	18,4°C
Torrebarrio	15,8°C	Maraña	16,3°C	Prioro	17,5°C	Cistierna	19,1°C
Piornedo	15,4°C	Camporredondo	16,1°C	Pto. Requejada	17,8°C	Aguilar Campoó	18,3°C

## 4 Relación de Precipitación – Escorrentía

La relación entre precipitación y escorrentía es fundamental para poder calcular que volumen de agua procedente de las precipitaciones se puede considerar a la hora de realizar los cálculos del caudal aportado por la cuenca.

La orografía de alta montaña de la cuenca hace suponer que un gran porcentaje del agua proveniente de las precipitaciones se evacúe en forma de aguas superficiales y escorrentía, debido a las pronunciadas pendientes del terreno que no dan tiempo a que el agua se infiltre en el terreno.

No obstante, es importante señalar la presencia de neveros y numerosas lagunas de alta montaña en esta zona concreta de la cordillera Cantábrica, lo cual permite un almacenamiento del agua que alimenta acuíferos y arroyos a lo largo del año.

El estudio de la escorrentía de una cuenca requiere numerosos recursos, por lo que se calculará de una forma simplificada y aproximada la escorrentía de la cuenca para cumplir con el objetivo del actual proyecto.

### 4.1 Cálculo de la precipitación neta

Dentro de las precipitaciones totales de la cuenca nos encontramos con que sólo un porcentaje de éstas se convierten efectivamente en corrientes superficiales de agua, a partir de ahora “Escorrentía”. El resto de las precipitaciones serán consideradas como pérdidas, que pueden ser debidas a diferentes causas, como el agua retenida en la vegetación, depresiones superficiales del terreno, o infiltración en el suelo.

### 4.2 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración se define como:

*“El tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de la superficie de la cuenca contribuyan simultáneamente al caudal recibido en la salida”.*

De lo que se deduce que si dicho tiempo es menor, la aportación de un punto de la cuenca no será en forma de escorrentía debido a su lejanía.

Para realizar el cálculo de la escorrentía es necesario conocer el valor del *tiempo de escorrentía* ( $t_c$ ), que se puede hallar de forma aproximada mediante la siguiente expresión, proporcionada por el *Ministerio de Obras Públicas de España (MOPU)* (1990) en la *Instrucción de Carreteras 5.2-IC*:

$$t_c = 0.3 \cdot (L/s^{0.25})^{0.76}$$

Donde;

$t_c$  = tiempo de concentración (horas)

L = longitud del cauce (km)

s = pendiente media (m/m)

Para los valores conocidos de nuestra cuenca tenemos que:

L = 5.7 km

$s = (Cota\ cabecera/Cota\ cola)/L = (1937.2-1310.81)/5700 = 0.11\ m/m\ (=11\%)$

$$t_c = 0.3 \cdot (5.7/0.11^{0.25})^{0.76} = \mathbf{1.71\ horas}$$

### 4.3 Intensidad de Precipitación

Una vez conocido el tiempo de concentración, se debe considerar la intensidad de precipitaciones máxima en un tiempo igual al tiempo de concentración. De lo contrario, si el tiempo considerado para calcular la intensidad es menor, se estarían perdiendo en el cálculo las aportaciones de los puntos de la cuenca más alejados.

En el caso de que se considerara un tiempo mayor, la intensidad máxima se vería reducida al tener que repartirse en un lapso de tiempo mayor. Por ello la intensidad de precipitación se halla en base a un tiempo igual que el de concentración.

Se define la intensidad de precipitación como mediante la siguiente fórmula:

$$I_t = I_d (I_1/I_d)^{(28^{0.1} - t^{0.1}/28^{0.1} - 1)}$$

Donde;

$I_t$  = Intensidad de precipitación media en el tiempo  $t$

$I_d$  = Intensidad media diaria =  $P_{diaria}/24$

$I_1$  = Intensidad media en la hora más lluviosa en ese día

$t$  = Tiempo de concentración

### 4.3.1 Cálculo precipitaciones máximas diarias

Para conocer las precipitaciones máximas diarias de la cuenca se ha utilizado el siguiente método proporcionado por el MOPU.

1. Localizar en los planos el punto geográfico deseado con la ayuda del plano-guía
2. Estimar mediante las isolíneas presentadas el coeficiente de variación  $C$  (líneas rojas con valores inferiores a la unidad) y el valor medio de la máxima precipitación diaria anual (líneas moradas).
3. Para el periodo de retorno deseado  $T$  y el valor de  $C$ , obtener el factor de amplificación  $K$  mediante el uso de la tabla.
4. Realizar el producto del factor de amplificación  $K$  por el valor medio de la máxima  $T$  precipitación diaria anual obteniendo la precipitación diaria máxima para el periodo de retorno deseado.

Así, utilizando las tablas y mapas proporcionados, se ha obtenido los siguientes valores:

$$P_{\text{media}} = 55 \text{ (mm/día)}$$

$$C_v = 0.33$$

Para  $C_v = 0.33$  y un retorno de 25 años obtenemos  $K$ :

$$K = 1,686$$

Por tanto, las precipitaciones máximas diarias en serán:

$$P_d = P_{\text{media}} \cdot K = \mathbf{92.73 \text{ mm/día}}$$

Utilizando los datos proporcionados por el *Ministerio de Fomento – Dirección General de Carreteras*, conocemos que la media de los días con mayores precipitaciones recogidas en 25 años corresponde a **92.73 mm/día**.

$$t = 1.71 \text{ horas}$$

$$P_d = 92.73 \text{ mm/día}$$

$$I_d = P_d/24 = 3.86 \text{ mm/h}$$

$I_1/I_d = 9$  (Obtenido de los diagramas de isolíneas ( $I_1/I_d$ ) proporcionado por el MOPU)

$$I_t = I_d (I_1/I_d)^{\wedge(28^{0.1-t^{0.1}}/28^{0.1}-1)} = \mathbf{27.33 \text{ mm/hora}}$$



#### 4.4 Coeficiente de escorrentía

Para realizar el cálculo del coeficiente de escorrentía se ha escogido el método proporcionado por el *Ministerio de Fomento y Obras Públicas (MOPU)* que define con la siguiente expresión:

$$C = [(P_d - P_0) \cdot (P_d + 23 \cdot P_0)] / (P_d + 11 \cdot P_0)^2$$

Donde:

C = Coeficiente de escorrentía

$P_d$  = Precipitación diaria (mm)

$P_0$  = Umbral de escorrentía (mm)

Para obtener el valor de  $P_0$  se han utilizado las tablas del *MOPU*, obteniéndose el factor de corrección (f) más desfavorable de 0.45 por la pendiente y la vegetación en el terreno.

$$P_0 = P_d \cdot f = \mathbf{41.72 \text{ mm}}$$

Aplicando la fórmula obtenemos:

$$C = [(P_d - P_0) \cdot (P_d + 23 \cdot P_0)] / (P_d + 11 \cdot P_0)^2 = \mathbf{0.1763}$$

#### 4.5 Cálculo del caudal de escorrentía

El caudal de escorrentía que se calcula a continuación es el correspondiente al registro histórico con retorno de 25 años de las precipitaciones máximas en una día, como se detalló en los apartados anteriores.

Para calcular el caudal de escorrentía son necesarios todos los anteriores parámetros, que están relacionados mediante la siguiente fórmula:

$$Q = C \cdot I \cdot A / 3.6$$

Donde:

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de precipitación (mm/hora)

A = Superficie de la cuenca (km<sup>2</sup>)

Ya conocidos todos los parámetros, el caudal de escorrentía será:

$$Q = C \cdot I \cdot A / 3.6 = \mathbf{12.52 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Este valor es una primera aproximación al caudal máximo del *Arroyo de Torre* su paso por la toma del canal de derivación, por lo tanto será el caudal que se considere en el cálculo de avenidas.

## 5 Balance Hídrico

Conocido el caudal de escorrentía y las precipitaciones totales en la cuenca, se deduce el volumen de agua total retenido en el terreno por infiltración, evapotranspiración y evaporación, si bien no entraremos en la determinación de qué volumen de agua se pierde por cada uno de ellos.

### 5.1 Precipitaciones en la cuenca

Según los datos proporcionados por AEMET que se ha recogido durante el treinteno de 1985-2006 en la estación pluviométricas de *Torre de Babia*, se ha obtenido una precipitación media de **90 mm/mes** y **1114 mm/año**.

#### 5.1.1 Gradiente pluviométrico

En el cálculo de las precipitaciones totales de la cuenca se ha tenido en cuenta un gradiente pluviométrico de **15 mm/100 m**. Dicho gradiente pluviométrico se ha hallado comparando datos de estaciones pluviométricas cercanas (*Huergas de Babia*, *Robledo de Babia*).

Dicho gradiente está justificado si se compara con el gradiente pluviométrico conocido de *Somiedo* (60 mm/100 m), zona que se encuentra al norte de la cordillera, y que por tanto recibe mayores precipitaciones debido al aire cargado de humedad que no traspasa hacia el sur.

#### 5.1.2 Precipitación media anual

Para determinar las precipitaciones en la cuenca con mayor precisión, se han calculado las diferentes superficies comprendidas entre líneas de cota cada 100 m, utilizando para ellos mapas topográficos *PNOA* del *Instituto Geográfico Nacional (IGN)*, procesados con el software *ArcGIS*.

Así, se ha obtenido una precipitación media anual **1536.2 mm/año**, con un retorno de 25 años.

## 5.2 Caudales disponibles

Conocidas las precipitaciones anuales y mensuales medias y la superficie total de la cuenca se obtienen los caudales correspondientes mediante la siguiente expresión:

$$Q = (A \cdot P) \cdot 100 / (24 \cdot 365 \cdot 3.6)$$

Donde:

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

A = Superficie (km<sup>2</sup>)

P = Precipitaciones medias mensuales (mm/mes)

$$Q = (10 \cdot 128) \cdot 100 / (24 \cdot 365 \cdot 3.6) = \mathbf{4.88 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Si aplicamos el coeficiente de escorrentía al caudal medio anual de la cuenca obtenemos el caudal neto anual en la toma del canal de derivación:

$$Q_{neto} = 4.88 \cdot 0.17 = \mathbf{0.98 \text{ m}^3/\text{s}}$$

De donde se desprende que cerca de **3.42 m<sup>3</sup>/s** anuales se pierden debido a infiltración, evaporación y evapotranspiración.

Los valores mensuales del caudal total y neto, así como de las precipitaciones se detallan en la siguiente tabla:

Tabla I 5.1 - Precipitaciones y caudales medios mensuales.

MES	PRECIPITACIONES (mm)	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)	CAUDAL BRUTO (m <sup>3</sup> /s)
Enero	139,72	1,07	5,33
Febrero	145,59	1,11	5,55
Marzo	127,68	0,97	4,87
Abril	130,39	0,99	4,97
Mayo	118,64	0,91	4,53
Junio	95,59	0,73	3,65
Julio	77,20	0,59	2,95
Agosto	79,98	0,61	3,05
Septiembre	108,89	0,83	4,15
Octubre	170,55	1,30	6,51
Noviembre	156,31	1,19	5,96
Diciembre	185,65	1,42	7,08
<b><u>TOTAL</u></b>	<b><u>1536,19</u></b>	<b><u>0,98</u></b>	<b><u>4,88</u></b>

### 5.3 Cálculo del Caudal Ecológico

Debido a las grandes variaciones del *Arroyo de Torre* a lo largo del año, es difícil establecer un valor determinado de su caudal ecológico. En casos puntuales de veranos secos se han llegado a registrar días en los que el caudal es prácticamente nulo.

Debido a esto, es difícil establecer un caudal mínimo de referencia sobre el que poder calcular el caudal ecológico.

Según la *Confederación Hidrográfica del Duero (CHD)*, uno de los métodos hidrológicos que pueden ser empleados es la definición de percentiles entre el 5 y 15 % a partir de la curva de caudales clasificados, que permitan definir el umbral habitual del caudal mínimo, tomando una serie de al menos 20 años. En este caso se ha trabajado a nivel mensual con una serie de datos comprendida entre 1984 y 2006.

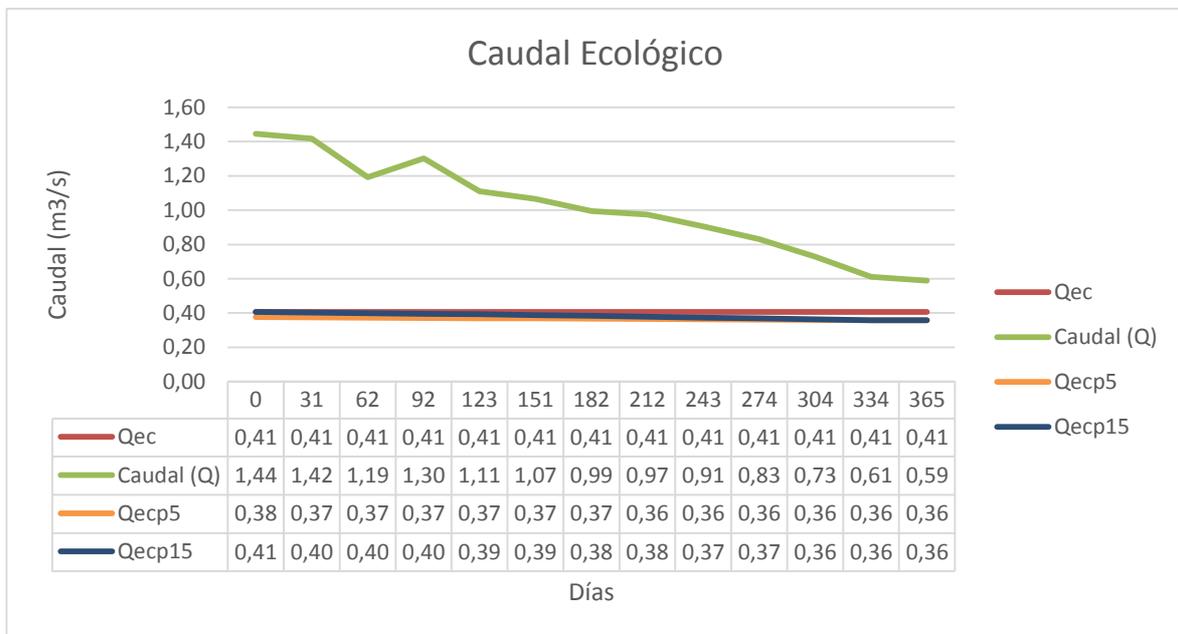


Figura I 5.1 - Curva de caudales ecológicos.

En este caso, al trabajar con caudales pequeños, los valores del P5 y P15 están muy próximos. Se ha optado por escoger el valor del P15, por ser el más restrictivo, obteniéndose un caudal ecológico de **0,41 m³/s**

# ANEXO II

## ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL

### 1 Objeto

En el siguiente documento se valorará el impacto ambiental generado por la Central Hidroeléctrica de Torre de Babia, provincia de León.

Las instalaciones de la central ya existían con anterioridad a la elaboración de este proyecto, aunque se tendrán en cuenta en el estudio debido a las obras de rehabilitación que deben realizarse.

La central está diseñada para trabajar con una turbina Kaplan de eje vertical a un caudal nominal de 1 m<sup>3</sup>/s, siendo el caudal mínimo de funcionamiento 0.41 m<sup>3</sup>/s. La potencia nominal instalada den la turbina será de 40 kW, que accionará un generador asíncrono trifásico de 50 kVA de potencia aparente.

### 2 Antecedentes

Anteriormente a la realización de este proyecto ya existía una central hidroeléctrica en la ubicación, por lo que el presente proyecto se dedicará exclusivamente a su rehabilitación.

Habida cuenta de estos antecedentes, el impacto ambiental de la Central Hidroeléctrica de Torre de Babia será mínimo considerando que la central data de principios del s. XIX, debiéndose estudiar más en profundidad los impactos ambientales derivados de la las obras de rehabilitación y funcionamiento.

### 3 Objetivos del estudio de impacto ambiental

La realización de este estudio de impacto ambiental es necesaria a la hora de detectar y prevenir impactos negativos sobre el medio ambiente derivadas de las acciones que se lleven a cabo en cierta zona. También se podrán evaluar acciones que puedan considerarse como positivas para el medio ambiente.

El objetivo de este estudio es identificar y valorar los efectos previsibles sobre el medio ambiente que pueda acarrear la rehabilitación de la Central Hidroeléctrica de Torre de Babia, así como establecer medidas protectoras y de corrección o, en el caso de ser inevitables, de reducción de sus efectos negativos.

A continuación se definen los objetivos concretos a los que se refiere el presente estudio:

- Cumplir la legislación y normativa vigente en cuestiones medioambientales.
- Definir, analizar y valorar, desde un punto de vista ambiental, el entorno en el que se desarrolla el proyecto y que es susceptible de sufrir algún tipo de alteración.
- Identificar los efectos causados por la central hidroeléctrica durante su construcción y funcionamiento, así como definir la naturaleza de los mismos y medir su influencia en el medio.
- Definir medidas de prevención y corrección para evitar, o en su defecto reducir, los impactos ambientales negativos que deriven de la central hidroeléctrica.
- Establecer un programa de vigilancia ambiental que realice el seguimiento y control de los efectos de la central hidroeléctrica sobre el medio circundante.

## 4 Metodología empleada

Se harán varios tipos de trabajo para realización del estudio:

- Una descripción breve del proyecto que se llevará a cabo y que aspectos del mismo pueden ser de interés medioambiental.
- Se establecerá qué región es susceptible de ser afectado por las instalaciones y actividades derivadas de la central hidroeléctrica.
- Elaboración de un inventario ambiental de la zona cercana al emplazamiento de la central hidroeléctrica.
- Identificación, valoración y caracterización de los posibles impactos ambientales.
- Diseño de medidas protectoras, correctoras y compensatorias.

## 5 Descripción del proyecto

A continuación se realizará una breve descripción del proyecto, identificando qué instalaciones y/o actividades de la misma son susceptibles de provocar efectos sobre el medio ambiente.

### 5.1 Situación y accesos

El emplazamiento de la Central Hidroeléctrica de Torre de Babia es anejo al río *Arroyo de Torre*, en la localidad de *Torre de Babia*, perteneciente al municipio de *Cabrállanes*, en la provincia de *León*.

La región está situada en la vertiente sur de la Cordillera Cantábrica, zona considerada como de alto valor medioambiental, incluido dentro de la red *Natura 2000* y del parque natural de

El acceso al emplazamiento de la central se realiza a través del pueblo de *Torre de Babia*, estando situada la central en la *C/La Senra nº90*. La pista de acceso es una carretera de tierra sin asfaltar que prosigue hasta el *Paraje de La Bárcena*. El desvío de la pista para acceder a la central es de apenas 20 m.

## 5.2 Disposición general adoptada

La disposición de la central adoptada para su rehabilitación busca aprovechar al máximo las instalaciones ya existentes para evitar sobrecostos económicos y minimizar el impacto ambiental generado.

Así, se utilizarán todas las instalaciones actualmente existentes:

- Azud: Situado a 64m aguas arriba de la casa de máquinas y a cota 1310 msnm. Sus medidas son de 5 x0.5 m
- Toma de agua: Situado a 64m aguas arriba de la casa de máquinas y a cota 1310 msnm. Sus medidas son de 0.8 m de ancho por 0.6 m de altura
- Canal de derivación al aire libre: Realizado en piedra autóctona. Discurre durante 64 m desde la toma de agua hasta la tubería forzada que la conecta con la casa de máquinas. Sus medidas son:
  - En la toma de agua: 0.8 m de ancho por 0.6 m de altura. Cota 1310 msnm.
  - En su conexión a la tubería forzada: 1.7 m de ancho por 1.8 m de altura. Cota 1304 msnm.
- Tubería forzada al aire libre: Realizada en fundición dúctil. Discurre al aire libre durante 10 m desde el final del canal de derivación hasta la casa de máquinas. Tiene un diámetro de 0.55 m.
- Casa de máquinas: Está realizada en piedra y pizarra autóctona. Se sitúa aneja al arroyo a cota 1305 m. Tiene dimensiones 7.5 m de ancho por 9 m de largo. Su altura a pie de arroyo es de 5 m.
- Aliviadero: Situado en la planta baja de la casa de máquinas a la cota del arroyo.
- Carretera de acceso: Se trata de una pequeña desviación de apenas 20 m de longitud desde la pista de acceso general.

## 5.3 Superficie total ocupada

La superficie total ocupada es de 124 m<sup>2</sup>. Las superficies ocupadas por cada elemento se indican a continuación:

- Casa de máquinas: 50 m<sup>2</sup>
- Canal de derivación: 64 m<sup>2</sup>
- Tubería forzada: 10 m<sup>2</sup>

## 6 Legislación aplicable

### 6.1 Legislación europea

- Directiva 97/11/CE del Consejo, de 3 de marzo de 1997, por la que se modifica la Directiva 85/337/CEE relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.
- Decisión de la Comisión de 18 de diciembre de 1996 relativa a un formulario de información sobre un espacio propuesto para su inclusión en la red Natura 2000 (97/226/CEE).
- Directiva del Consejo 92/43/CEE, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.
- Directiva 97/62/CE del Consejo de 27 de octubre de 1997, por la que se adapta al progreso científico y técnico la Directiva 92/43/CEE, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de fauna y flora silvestres.
- Directiva 85/337/CEE del Consejo, de 27 de junio de 1985, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.
- Directiva 85/411/CEE de la Comisión de 25 de julio de 1985, por la que se modifica la Directiva 79/409/CEE del Consejo, relativa a la conservación de las aves silvestres.
- Directiva 79/409/CEE del Consejo de 2 de abril de 1979, relativa a la conservación de las aves silvestres.
- Directiva 86/122/CEE del Consejo de 8 de abril de 1986, por la que se adapta, con motivo de la adhesión de España y Portugal, la Directiva 79/409/CEE relativa a la conservación de las aves silvestres.
- Directiva 91/244/CEE de la Comisión de 6 de marzo de 1991, por la que se modifica la Directiva 79/409/CEE del Consejo relativa a la conservación de las aves silvestres.
- Directiva 94/24/CE del Consejo de 8 de junio de 1994, por la que se modifica el Anexo II de la Directiva 79/409/CEE relativa a la conservación de las aves silvestres.
- Directiva 97/49/CE de la Comisión de 29 de julio de 1997, por la que se modifica la Directiva 79/409/CEE del Consejo relativa a la conservación de las aves silvestres.
- Decisión 98/746/CE del Consejo de 21 de diciembre de 1998, relativa a la aprobación, en nombre de la Comunidad, de la modificación de los Anexos II y III del Convenio de Berna relativo a la conservación de la vida silvestre y del medio natural en Europa, adoptada durante la decimoséptima reunión del comité permanente del Convenio.
- Reglamento 2158/1992 del Consejo, de 23 de julio de 1992, relativo a la protección de los bosques comunitarios contra los incendios.

- Reglamento número 308/1997 del Consejo, de 17 de febrero de 1997, por el que se modifica el Reglamento número 2158/1992 relativo a la protección de los bosques comunitarios contra los incendios.
- Directiva del Consejo 75/442/CEE, de 15 de julio de 1975, relativa a los residuos.
- Directiva del Consejo 91/156, de 18 de marzo de 1991, por la que se modifica la
- Directiva 75/442/CEE relativa a los residuos.
- Decisión de la Comisión, de 24 de mayo de 1996, por la que se adaptan los Anexos IIA y IIB de la Directiva 75/442/CEE, del Consejo, relativa a los residuos.
- Directiva 1999/31/CE del Consejo, de 26 de abril de 1999, relativa al vertido de residuos.
- Directiva del Consejo 91/689/CEE, de 12 de diciembre de 1991, relativa a residuos peligrosos.
- Decisión 2000/532/CE, de la Comisión, de 3 de mayo de 2000 que sustituye a la Decisión 94/3/CE por la que se establece una lista de residuos de conformidad con la letra a) del artículo 1 de la Directiva 75/442/CEE del Consejo relativa a los residuos y a la
- Decisión 94/904/CE del Consejo por la que se establece una lista de residuos peligrosos en virtud del apartado 4 del artículo 1 de la Directiva 91/689/CEE del Consejo relativa a los residuos peligrosos.
- Directiva 96/52/CE del Consejo, de 27 de septiembre de 1996, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente.
- Directiva del Consejo 87/659/CEE, de 18 de julio de 1978, relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces.
- Directiva del Consejo 76/464/CEE, de 4 de mayo de 1976, relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas en el medio acuático de la Comunidad.
- Directiva del Consejo 80/68/CEE, de 17 de diciembre de 1979, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas.
- Directiva del Consejo 86/280/CEE, de 12 de junio de 1986, relativa a los valores límite y los objetivos de calidad para los residuos de determinadas sustancias peligrosas comprendidas en la lista I del Anexo de la Directiva 76/464/CEE.

## 6.2 Legislación estatal

### 6.2.1 Evaluación de Impacto Ambiental

- Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente.
- Ley 6/2001, de 8 de mayo, de modificación del RDL 1302/1986, de 28 de junio de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Real Decreto-Ley 9/2000, de 6 de octubre, de modificación del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.

### 6.2.2 Proyecto

- 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 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 245/1989 de 27 de febrero de 1989 sobre determinación y limitación de la potencia acústica admisible de determinado material y maquinaria de obras.
- Orden Ministerial de 17 de noviembre de 1989 de modificación del Anexo I del Real Decreto 245/89 de 27 de febrero de 1989 sobre determinación y limitación de la potencia acústica admisible de determinado material y maquinaria de obras.
- Orden Ministerial de 29 de marzo de 1996 de modificación del Anexo I del Real Decreto 245/89 de 27 de febrero de 1989 sobre determinación y limitación de la potencia acústica admisible de determinado material y maquinaria de obras.
- Real Decreto Legislativo 1/1992, de 26 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre régimen del suelo y ordenación urbana.
- Ley 6/1998, de 13 de abril, sobre régimen del suelo y valoraciones.
- Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria.
- Real Decreto 1316/1989, de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.
- Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas.
- Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos.

- Real Decreto 833/1988 de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, de Residuos Tóxicos y Peligrosos.
- Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/1988, de 20 de julio.
- Orden de 28 de febrero de 1989, por la que se regula la gestión de aceites usados.
- Orden de 13 de junio de 1990, por la que se modifica el apartado decimosexto, 2, y el Anexo II de la Orden de 28 de febrero de 1989 por la que se regula la gestión de aceites usados.

### 6.2.3 Aguas continentales

- Real Decreto 995/2000, de 2 de junio, por el que se fijan objetivos de calidad para determinadas sustancias contaminantes y se modifica el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.
- Ley 46/1999, de 13 de diciembre, de modificación de la Ley 29/1985, de 2 de agosto de Aguas.
- Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.
- Real Decreto 2473/1985, de 27 de diciembre, por el que se aprueba la tabla de vigencia a que se refiere el apartado 3 de la disposición derogatoria de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.
- Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos Preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.
- Real Decreto 419/1993, de 26 de marzo, por el que se actualiza el importe de las sanciones establecidas en el artículo 109 de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas y se modifican determinados artículos del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el RD 849/1986, de 11 de abril.
- Real Decreto 1664/1998, de 24 de julio, por el que se aprueban los Planes Hidrológicos de cuenca.

### 6.2.4 Cubierta vegetal

- Ley 4/1989, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres.
- Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.
- Ley 41/1997, de 5 de noviembre, por la que se modifica la Ley 4/1989, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres.
- Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes.
- Ley 81/1968, de 5 de diciembre, sobre incendios forestales.

- Decreto 3769/1972, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley 81/1968, de 5 de diciembre, sobre incendios forestales.
- Real Decreto 439/1990, de 30 de marzo, por el que se regula el Catálogo General de Especies Amenazadas.
- Orden de 9 de julio de 1998 por la que se incluyen determinadas especies en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas y cambian de categoría otras especies que ya están incluidas en el mismo.
- Orden de 9 de junio por la que se incluyen en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas determinadas especies de cetáceos, de invertebrados marinos y de flora y por la que otras especies se excluyen o cambian de categoría.
- Orden de 10 de marzo de 2000 por la que se incluyen en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas determinadas especies, subespecies y poblaciones de flora y fauna y cambian de categoría y se excluyen otras especies ya incluidas en el mismo.

### 6.2.5 Fauna

- Instrumento de Ratificación, de 18 de marzo de 1982, del Convenio de 2 de febrero de 1971 sobre humedales de importancia internacional, especialmente como hábitat de aves acuáticas.
- Instrumento de Ratificación, de 22 de enero de 1985, de la Convención de 23 de junio de 1979 sobre conservación de especies migratorias.
- Instrumento de Ratificación, de 13 de mayo de 1986, del Convenio de 19 de septiembre de 1979, relativo a la conservación de la vida silvestre y del medio natural en Europa.
- Resolución de 12 de julio de 1999, de la Secretaría General Técnica, relativa a los apéndices I y II de la Convención sobre la conservación de las especies migratorias de animales silvestres, hecha en Bonn el 23 de junio de 1979, en su forma enmendada por la Conferencia de las partes en 1994.
- Resolución de 23 de febrero de 2000, de la Secretaría General Técnica, relativa a los apéndices I y II de la Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres, hecha en Bonn el 23 de junio de 1979 en su forma enmendada por la Conferencia de las Partes en 1985, 1988, 1991, 1994, 1997 y 1999.
- Real Decreto 439/1990, de 30 de marzo, por el que se regula el Catálogo General de Especies Amenazadas.
- Orden de 9 de julio de 1998 por la que se incluyen determinadas especies en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas y cambian de categoría otras especies que ya están incluidas en el mismo.
- Ley 4/1989, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres.

- Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.
- Ley 1/1970, de 4 de abril, de Caza.
- Decreto 506/1971, de 15 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley de Caza.
- Ley de 20 de febrero de 1942, sobre Pesca Fluvial.
- Decreto de 6 de abril de 1943, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley de Pesca Fluvial de 20 de febrero de 1942.
- Real Decreto 1095/1989, de 8 de septiembre, por el que se declaran las especies objeto de caza y pesca y se establecen normas para su protección.

#### 6.2.6 Espacios naturales protegidos

- Ley 4/1989, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres.
- Ley 40/1997, de 5 de noviembre, sobre reforma de la Ley 4/1989, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres.
- Ley 41/1997, de 5 de noviembre, por la que se modifica la Ley 4/1989, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres.
- Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la Conservación de los Hábitats Naturales y de la Fauna y Flora Silvestres.
- Real Decreto 1193/1998, de 12 de junio, por el que se modifica el Real Decreto 1997/1995, de 7 de diciembre, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la Conservación de los Hábitats Naturales y de la Fauna y Flora silvestres.

#### 6.2.7 Patrimonio histórico

- Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español.

#### 6.2.8 Código penal

- Ley orgánica 10/1995, de 23 de noviembre, del Código Penal.

## 7 Alcance

### 7.1 Definición del área de afección

Se deben diferenciar dos tipos de áreas de diferente extensión en función de los factores considerados. Así, el área de alcance socioeconómico será mucho mayor y más difícil de definir que el alcance medioambiental. En el presente estudio sólo se llevará a cabo el análisis de los efectos estrictamente medioambientales.

A continuación se define el área de estudio, que corresponderá con la cuenca hidrográfica del *Arroyo de Torre*.

Tabla II 7.1 - Coordenadas del polígono de estudio medioambiental.

A	6° 6' 30" W	42° 59' 12" N
B	6° 6' 15" W	43° 0' 17" N
C	6° 8' 6" W	43° 0' 59" N
D	6° 6' 19" W	43° 1' 9" N
E	6° 4' 44" W	42° 59' 50" N
F	6° 5' 0" W	42° 59' 23" N

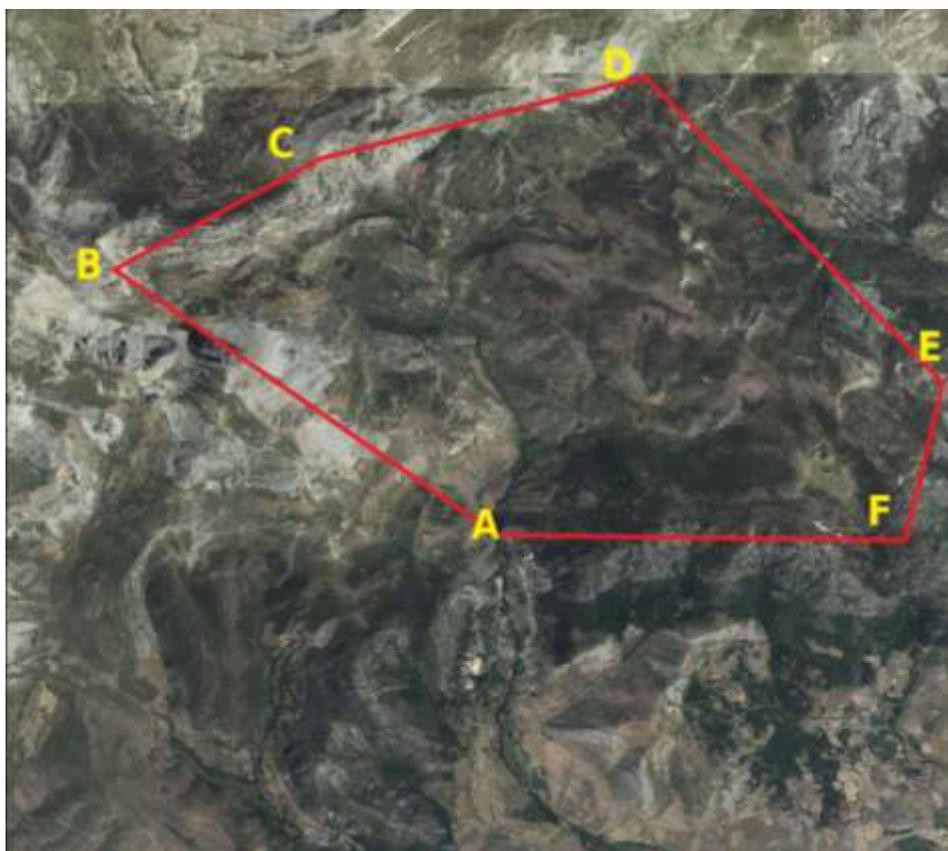


Figura II 7.1 - Polígono de estudio medioambiental.

La totalidad del área de estudio se encuentra en el término municipal de *Cabrillanes*, en la provincia de *León, Castilla y León*.

## 7.2 Descripción ambiental general entorno al emplazamiento

### 7.2.1 Geología

Se trata de una zona caracterizada por su altitud, siendo la cota media de alrededor de 1,500 msnm, llegando a alcanzar en algunos picos los 2,417 m (Peña Ubiña).

Estas diferencias de altitud son las responsables de los grandes desniveles y pendientes que caracterizan al valle, con la aparición de vegas debidas al ensanche de los ríos, en especial la vega del río Luna.

Distribuidos en la zona se pueden apreciar diversos rasgos típicos de una pasada orogenia glaciaria, al igual que estructuras de origen kárstico, originadas éstas últimas por la abundante cantidad de rocas carbonatadas que forman la cordillera cantábrica y la presencia de agua fluyente por sus laderas la mayor parte del año.

### 7.2.2 Vegetación

La vegetación presenta una variedad de especies características condicionadas por la zona; Su situación, clima, relieve y la composición de los suelos hacen que la cubierta vegetal sea una peculiaridad dentro del estándar de la península ibérica.

En esta zona confluyen la vegetación mediterránea y la atlántica. Prueba de ello es la peculiar presencia de *Sabinas*, especie típica del mediterráneo que encuentra en la zona de Babia su límite occidental en Europa.

La vegetación de origen Atlántica encuentra su mayor referente en el *Roble Albar*, junto con el *Melojo* y el *Carbayo* (o *Carballo*). También se pueden encontrar ejemplares de *Hayas* en zonas húmedas más al Norte.

### 7.2.3 Fauna

La cordillera Cantábrica actúa también como línea divisoria de especies de origen meridional (Afromediterráneas) y septentrional (Eurosiberianas).

Entre las especies de mamíferos que frecuentan la zona se pueden encontrar ejemplares de ciervo, corzo, rebeco, jabalí, zorro, lobo, nutria, e incluso en ocasiones se han llegado a registrar la presencia de osos, que atraviesan la cordillera por el paso del Negrón y penetran en la comarca de Luna.

La cercanía al embalse de Barrios de Luna permite la proliferación de aves acuáticas, como patos, garzas y cormoranes, junto con otros tipos de aves de importancia como el águila real, buitres leonados, alimoche, urogallo... etc.

Además pueden encontrarse distintos tipos de reptiles y anfibios, siendo de especial importancia ecológica la *salamandra bernardezi*.

## 8 Inventario ambiental

### 8.1.1 Geología

Se trata de una zona caracterizada por su altitud, siendo la cota media de alrededor de 1,500 msnm, llegándose a alcanzar en algunos picos los 2,417 m (Peña Ubiña).

Estas diferencias de altitud son las responsables de los grandes desniveles y pendientes que caracterizan al valle, con la aparición de vegas debidas al ensanche de los ríos, en especial la vega del río Luna.

Distribuidos en la zona se pueden apreciar diversos rasgos típicos de una pasada orogenia glaciaria, al igual que estructuras de origen kárstico, originadas éstas últimas por la abundante cantidad de rocas carbonatadas que forman la cordillera cantábrica y la presencia de agua fluyente por sus laderas la mayor parte del año.

### 8.1.2 Vegetación

La vegetación presenta una variedad de especies características condicionadas por la zona; Su situación, clima, relieve y la composición de los suelos hacen que la cubierta vegetal sea una peculiaridad dentro del estándar de la península ibérica.

En esta zona confluyen la vegetación mediterránea y la atlántica. Prueba de ello es la peculiar presencia de *Sabinas*, especie típica del mediterráneo que encuentra en la zona de Babia su límite occidental en Europa.

La vegetación de origen Atlántica encuentra su mayor referente en el *Roble Albar*, junto con el *Melojo* y el *Carbayo* (o *Carballo*). También se pueden encontrar ejemplares de *Hayas* en zonas húmedas más al Norte.

### 8.1.3 Fauna

La cordillera Cantábrica actúa también como línea divisoria de especies de origen meridional (Afromediterráneas) y septentrional (Eurosiberianas).

Entre las especies de mamíferos que frecuentan la zona se pueden encontrar ejemplares de ciervo, corzo, rebeco, jabalí, zorro, lobo, nutria, e incluso en ocasiones se han llegado a registrar la presencia de osos, que atraviesan la cordillera por el paso del Negrón y penetran en la comarca de Luna.

La cercanía al embalse de Barrios de Luna permite la proliferación de aves acuáticas, como patos, garzas y cormoranes, junto con otros tipos de aves de importancia como el águila real, buitres leonados, alimoche, urogallo... etc.

Además pueden encontrarse distintos tipos de reptiles y anfibios, siendo de especial importancia ecológica la *salamandra fastuosa*.

## 9 Identificación, caracterización y valoración de impactos

Para la realización de la evaluación del impacto ambiental se ha dividido el trabajo en dos fases; La primera consistirá en la en la identificación de las posibles alteraciones que se produzcan en el medio físico, biológico y paisajístico, derivadas de las obras y actividades durante las diferentes etapas del proyecto. La segunda fase se dedicará a caracterizar y valorar cada uno de estos impactos por separado.

### 9.1 Actividades que pueden generar alteraciones

#### 9.1.1 Durante la obra

- Limpieza del terreno: Desbroces, talas, adecuación del área de trabajo...
- Habilitación de vías de acceso a la zona de trabajo. En este caso se debería habilitar una pista de 20 m de longitud.
- Construcción de ataguías para la desviación del cauce de agua mientras se realice trabajo en el azud y en el socaz.
- Obra civil: Rehabilitación de la toma de agua, canal de derivación, tubería forzada, casa de máquinas y enlace a red.
- Transporte de materiales.
- Montaje de equipos.
- Gestión de los residuos.

#### 9.1.2 Durante el funcionamiento

- Impacto visual y paisajístico del complejo.
- Generación de ruidos y vibraciones.

### 9.2 Alteraciones en el medio

#### 9.2.1 Alteraciones en el medio físico

- Cambio del relieve del terreno.
- Disminución de la cohesión del terreno.
- Eliminación, cambio y contaminación de suelos.
- Contaminación y alteración del curso de las aguas.
- Alteración de los caudales naturales.
- Aumento del nivel de ruido.

### 9.2.2 Alteraciones en el medio biológico

- Alteración y degradación de la cubierta vegetal.
- Eliminación de hábitat.
- Alteración en los comportamientos de la fauna.
- Afección sobre la fauna.

## 9.3 Alteraciones en el paisaje

- Impacto paisajístico.

## 9.4 Identificación de impactos

### 9.4.1 Impactos geológicos y sobre el terreno

La zona de Babia se encuentra en el sistema montañoso de la cordillera cantábrica, perteneciente al macizo ibérico, y que se compone de estructuras geológicas que datan del precámbrico y el paleozoico.

Se distinguen dos formaciones rocosas, una caracterizada por rocas calizas y areniscas, y un segundo grupo compuesto mayoritariamente por pizarras.

Durante la fase de construcción se prevén cambios en el relieve de la zona circundante al emplazamiento de la central. Se llevarán a cabo durante la obra explanaciones, limpiezas del terreno, habilitación de vías... etc., que afectarán de igual manera al suelo.

Las obras proyectadas que afectan directamente al suelo y a la geomorfología son:

- Explanación (150 m<sup>2</sup>)
- Limpieza del terreno y del canal (500 m<sup>2</sup>)
- Habilitación de pista de acceso (40 m<sup>2</sup>)

La alteración del suelo conlleva consecuencias directas sobre el suelo, como la eliminación de la cubierta vegetal, la compactación del terreno, su contaminación... etc.

Durante la fase de funcionamiento de la central sólo se considera de importancia la posible contaminación por aceites o lubricantes. Dado que éstos se encuentran en los mecanismos móviles y en el transformador, se supone que un mantenimiento adecuado de los mismos reduce el riesgo de vertido o contaminación a niveles no significativos.

Los impactos de las obras y el funcionamiento de la central serán mínimos debido a que la mayor parte de la instalación ya existía con anterioridad, con lo que los impactos realizados sobre suelo y geomorfología se consideran como compatibles.

### 9.4.2 Impactos hidrológicos

Durante la ejecución de las obras la hidrología del “Arroyo de Torre” sólo se verá afectado por las ataguías instaladas aguas arriba mientras se restaura el azud y la toma de agua del canal.

La instalación de la turbina, tubo de aspiración y socaz puede realizarse desde el interior de la casa de máquinas, por lo que no será necesario acceder al arroyo durante esta operación.

Tanto durante la fase de obra y la de funcionamiento deberá evitarse el vertido de aceites, lubricantes, morteros, o cualquier otro agente potencialmente contaminante en el arroyo. Para evitar esto se aplicarán las medidas preventivas que sean necesarias, así como la aplicación de medidas correctoras en caso de producirse algún accidente.

Durante el funcionamiento de la central, se producirán variaciones en el régimen del caudal del agua del arroyo, pero en ningún caso se verá disminuido el caudal de éste por debajo de su caudal ecológico. Además, el tramo afectado por la derivación de aguas para su aprovechamiento hidroeléctrico tiene una longitud de 64 m, lo que no supone un impacto de importancia para la cuenca.

El turbinado del agua conlleva la alteración de las propiedades de ésta, produciéndose la liberación del oxígeno disuelto en el agua por la agitación y cambios de presión que se dan en la turbina. Sin embargo este efecto se ve compensado a escasos metros del socaz de la central, ya que al tratarse de un río de alta montaña los diversos saltos de agua y turbulencias re-oxigenan el agua hasta sus valores originales.

El posible vertido a las aguas de lubricantes presentes en la turbina y demás partes mecánicas debe ser considerado como potencialmente peligroso, con posibles afecciones medioambientales. Para evitarlo se deberán tomar medidas específicas preventivas durante la revisión y el mantenimiento de la maquinaria.

### 9.4.3 Impactos atmosféricos

La fase de construcción conlleva cambios en la calidad del aire debidos a la utilización de maquinaria, entre otros factores, que producen humos y partículas en suspensión, además de un aumento de los niveles sonoros en la zona.

Dado que el tiempo de ejecución de las obras será muy reducido, el efecto adverso de la maquinaria utilizada puede considerarse mínimo.

Por otro lado, durante el funcionamiento continuado de la central se generará un aumento de los niveles sonoros alrededor de la misma. Dicho aumento puede alterar a la fauna circundante, por lo que deberán reducirse hasta niveles permitidos.

La instalación de los elementos mecánicos en el interior de la casa de máquinas, así como el nivel sonoro generado por el arroyo durante todo su recorrido, compensan y amortiguan el impacto por ruido.

#### 9.4.4 Impactos sobre la fauna

La fauna autóctona únicamente se verá afectada durante las obras de rehabilitación. Se puede producir la eliminación directa de pequeñas especies debido a la actividad de las obras. En cualquier caso se aplicarán las medidas necesarias para evitar la intrusión de animales de mayor tamaño en el recinto en el que se ejecuten las obras.

El funcionamiento de la central no afectará a las especies acuáticas, ya que la toma del canal de derivación será abierta y de poca pendiente, pudiendo ser remontada en cualquier tramo. El acceso a la tubería forzada al final de la cámara de carga contará con una rejilla que impedirá el paso de ejemplares de tamaño superior a 2 cm.

La alteración de las propiedades del agua se restaura a los pocos metros de ser devuelta al río, por lo que su efecto sobre la fauna es despreciable.

#### 9.4.5 Impactos sobre la flora

Durante las obras de limpieza del terreno previas a las obras se deberá eliminar parte de la cubierta vegetal de la zona, así como otras especies presentes en el interior y alrededores del canal de derivación.

Ninguna de estas especies está catalogada como de especial interés medioambiental o protegida, por lo que su eliminación no supone un grave impacto.

### 9.5 Resumen de impactos

Se han establecido tres grados de valoración del impacto producido por las diferentes acciones realizadas en la zona de trabajo:

- No significativo: Los efectos de la acción son despreciables en el medio.
- Compatible: Los efectos tienen cierto grado de afección sobre el medio, pero son compensados mediante medidas correctoras o de forma natural.
- No compatible: Los efectos de la acción no pueden ser amortiguados por medidas correctoras o de forma natural. Conlleva la modificación de aspectos del proyecto.

A continuación se expone un resumen de las acciones llevadas a cabo y su grado de afección al medio:

#### 9.5.1 Impactos geológicos y sobre el terreno

- Cambios en el relieve: No significativo
- Limpieza del terreno: Compatible
- Explanación: Compatible
- Vías de acceso: No significativo
- Cambios en la cohesión del terreno / Riesgo de erosión: No significativo
- Contaminación del suelo: Compatible

### 9.5.2 Impactos hidrológicos

- Restauración del azud: No significativo
- Alteración del régimen de circulación del agua: Compatible
- Contaminación de las aguas: Compatible
- Alteración de las propiedades del agua: Compatible

### 9.5.3 Impactos atmosféricos

- Contaminación durante las obras: No significativo
- Niveles sonoros durante las obras: No significativo
- Niveles sonoros durante el funcionamiento: Compatible

### 9.5.4 Impactos sobre la fauna

- Eliminación directa de especies: Compatible
- Afección de especies durante las obras: No significativo
- Afección de especies durante el funcionamiento: Compatible

### 9.5.5 Impactos sobre la flora

- Eliminación de cubierta vegetal durante las obras: Compatible
- Aumento del riesgo de incendio: No significativo

## 10 Medidas protectoras, correctoras y compensatorias

La región en la que está ubicado el emplazamiento de la central hidroeléctrica está inscrita en el Espacio Natural del Vallo de San Emiliano, y por tanto protegido por la *Ley 33/2015, de 21 de septiembre, por la que se modifica la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad*, así como la *Orden de 27 de abril de 1992, de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, de iniciación del Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Espacio Natural del Valle de San Emiliano*, publicada el 5 de mayo de 1992 en el BOCyL.

Por ello deberán aplicarse las siguientes medidas protectoras:

### 10.1 Protección de la geología y el terreno

- Se utilizarán al máximo las superficies que en la actualidad se encuentran ya intervenidas.
- Durante el replanteo de las zonas de actuación se realizará el jalonamiento de las áreas de ocupación estrictas en superficie de los elementos proyectados y de las zonas auxiliares de obra.
- Se aprovechará al máximo de la red de caminos existentes.
- Se controlará que sólo son afectadas las zonas definidas específicamente para la obra.
- Las tareas de mantenimiento de equipos y maquinaria móvil se realizará fuera de la zona de obra, en instalaciones adecuadas a tal fin.
- Gestión de los residuos conforme a su naturaleza y según normativa vigente.
- Los residuos peligrosos deberán ser entregados a un gestor autorizado.
- Se prestará especial atención a los aceites provenientes de los equipos y maquinaria, que se recogerán en contenedores adecuados y se entregarán a un gestor autorizado conforme a la legislación vigente (Real Decreto 679/2006, de 2 de junio, por el que se regula la gestión de los aceites industriales usados).

## 10.2 Protección de la hidrología

- Construcción de ataguías en la zona del desagüe y de la toma para evitar afecciones al cauce.
- No se permitirá que las hormigoneras descarguen el sobrante de hormigón ni limpien el contenido de las cubas en zonas de obras no autorizadas.
- No se realizarán labores de mantenimiento de maquinaria en las zonas de obra.
- Se evitará cualquier acción que pueda provocar vertidos al cauce.
- No se localizarán zonas de almacenamiento de materiales y sustancias cerca del cauce.
- Se utilizarán exclusivamente los viales previstos para las obras, prohibiéndose la circulación fuera de ellos.

## 10.3 Protección de la atmósfera

- Se evitará en lo posible el levantamiento de polvo tanto en la zona de la construcción como en el transporte, para lo que se regarán las superficies procurando que tengan el grado de humedad necesario.
- Se revisarán periódicamente los vehículos y maquinaria utilizada durante la ejecución de las obras, llevando a cabo una puesta a punto de aquéllos en los que se detecten desajustes, y reparando los que presenten avería o rotura.
- Los motores de la maquinaria se tendrán en perfecta puesta a punto, con el fin de reducir los ruidos generados por su tránsito.
- Se limitará la velocidad de los camiones en la zona de obra, evitando las aceleraciones y frenadas fuertes.
- Toda la maquinaria utilizada estará homologada y cumplirá la normativa existente sobre emisión de ruidos. Por tanto las emisiones sonoras se deberán ajustar a lo establecido en el Real Decreto 245/1989, de 27 de febrero, sobre determinación y limitación de la potencia acústica admisible de determinado material y maquinaria de obra.

## 10.4 Protección de la vegetación

- Sólo se eliminará la vegetación que sea imprescindible.
- Aquellos ejemplares arbóreos y/o arbustivos que resulte necesario eliminar deberán ser marcados antes del inicio de las obras por los responsables del órgano competente.
- Se controlará que los vehículos discurran exclusivamente por los viales definidos para las obras.
- Control del transporte de los excedentes (escombros, tierra, materiales pulverulentos) a las zonas de depósito (control del tránsito y control de la carga).
- Los desbroces, cortas y clareos de superficies con vegetación, no podrán llevarse a cabo mediante incendios controlados.
- Se prevé una restauración de las zonas que sean utilizadas como depósito de excedentes consiguiendo una mejora sobre la situación inicial.

## 10.5 Protección de la fauna

- Muchas de las medidas a aplicar sobre otros elementos, fundamentalmente sobre la vegetación e hidrología, repercutirán en la protección de los hábitats faunísticos.
- Se eliminará la vegetación sólo en aquellos lugares donde sea imprescindible.
- Se evitará cualquier acción que pueda provocar vertidos al cauce.
- Se construirá una ataguía en la zona del desagüe para dejar en seco la zona de obra y evitar afecciones al cauce. Dicha ataguía provisional ocupará una parte muy reducida del cauce en su margen derecha reduciendo temporalmente la anchura del cauce sin que se impida el paso de la fauna piscícola.
- Se evitarán los vertidos de áridos al cauce.
- Los posibles vertidos accidentales (hormigón, aceites, productos químicos, residuos sólidos, etc.) serán recogidos en el pozo de achique de la central y en los cubetos instalados a tal fin
- Muchas de las medidas a aplicar sobre otros elementos, tales como la vegetación y la hidrología, principalmente, repercutirán en protección de la fauna.

## 10.6 Medidas correctoras

Para corregir los efectos adversos sobre la fauna debido a la rehabilitación del azud, se propone construir una escala de peces que permita el remonte de las especies piscícolas.

Dicha escala deberá estar dimensionada de tal manera que permita el paso de los peces, obstaculizándolos lo menos posible, y de forma que garantice la viabilidad del azud.

## 10.7 Medidas compensatorias

Se proponen como medidas compensatorias la adecuación de las vías de acceso para su integración dentro de la red de espacios naturales y de turismo del Valle de San Emiliano, estando compartida la vía de acceso a la central con la ruta turística de "Las Verdes".

De igual manera, se expone la necesidad de rehabilitar paisajísticamente el emplazamiento, acometiendo las acciones necesarias para la integración de las instalaciones del complejo al medio. Para ello se utilizarán en la rehabilitación materiales autóctonos, siempre que sea posible.

## 11 Programa de vigilancia ambiental

Según lo establecido en el *artículo 11 del R.D. 1131/1988 (Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental)*, se deberá establecer un programa de vigilancia ambiental (PVA), que supervise la correcta ejecución de las medidas correctoras adoptadas, así como detectar posibles carencias del estudio ambiental que deban ser consideradas y, en su caso, corregidas.

El programa de vigilancia ambiental deberá diseñarse en función de la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto, realizada por el órgano competente.



# ANEXO III

## ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

### 1 Prevención de Riesgos Laborales

#### 1.1 Introducción

El siguiente documento se presenta para cumplir con lo establecido en la ley 31/1995 del 8 de noviembre de 1995, de *Prevención de Riesgos Laborales*. Este documento tiene como objetivo la determinación de un paquete básico de garantías y responsabilidades para proteger la salud de los trabajadores frente a riesgos que puedan aparecer durante la realización de su actividad laboral y/o derivados de ésta.

Esta ley establece un marco legal para la implantación de normas reglamentarias complementarias y más precisas y concretas para la actividad en cuestión. Estas normas complementarias se resumen en:

- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

#### 1.2 Derechos y Obligaciones

##### 1.2.1 Derecho a la protección frente a los riesgos laborales

Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

A este efecto, el empresario realizará la prevención de los riesgos laborales mediante la adopción de cuantas medidas sean necesarias para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, con las especialidades que se recogen en los artículos siguientes en materia de evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente y vigilancia de la salud.

### 1.2.2 Principios de la acción preventiva

El empresario aplicará las medidas preventivas pertinentes, con arreglo a los siguientes principios generales:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se pueden evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores.
- Adoptar las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.
- Prever las distracciones o imprudencias no temerarias que pudiera cometer el trabajador.

### 1.2.3 Evaluación de los riesgos

La acción preventiva en la empresa se planificará por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores, que se realizará, con carácter general, teniendo en cuenta la naturaleza de la actividad, y en relación con aquellos que estén expuestos a riesgos especiales. Igual evaluación deberá hacerse con ocasión de la elección de los equipos de trabajo, de las sustancias o preparados químicos y del acondicionamiento de los lugares de trabajo.

De alguna manera se podrían clasificar las causas de los riesgos en las categorías siguientes:

- Insuficiente calificación profesional del personal dirigente, jefes de equipo y obreros.
- Empleo de maquinaria y equipos en trabajos que no corresponden a la finalidad para la que fueron concebidos o a sus posibilidades.
- Negligencia en el manejo y conservación de las máquinas e instalaciones. Control deficiente en la explotación.
- Insuficiente instrucción del personal en materia de seguridad.

Referente a las máquinas herramienta, los riesgos que pueden surgir al manejarlas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Se puede producir un accidente o deterioro de una máquina si se pone en marcha sin conocer su modo de funcionamiento.
- La lubricación deficiente conduce a un desgaste prematuro por lo que los puntos de engrase manual deben ser engrasados regularmente.
- Puede haber ciertos riesgos si alguna palanca de la máquina no está en su posición correcta.
- El resultado de un trabajo puede ser poco exacto si las guías de las máquinas se desgastan, y por ello hay que protegerlas contra la introducción de virutas.
- Puede haber riesgos mecánicos que se deriven fundamentalmente de los diversos movimientos que realicen las distintas partes de una máquina y que pueden provocar que el operario:
  - Entre en contacto con alguna parte de la máquina o ser atrapado entre ella y cualquier estructura fija o material.
  - Sea golpeado o arrastrado por cualquier parte en movimiento de la máquina.
  - Ser golpeado por elementos de la máquina que resulten proyectados.
  - Ser golpeado por otros materiales proyectados por la máquina.
- Puede haber riesgos no mecánicos tales como los derivados de la utilización de energía eléctrica, productos químicos, generación de ruido, vibraciones, radiaciones, etc.

Los movimientos peligrosos de las máquinas se clasifican en cuatro grupos:

- **Movimientos de rotación.** Son aquellos movimientos sobre un eje con independencia de la inclinación del mismo y aún cuando giren lentamente. Se clasifican en los siguientes grupos:
  - Elementos considerados aisladamente tales como árboles de transmisión, vástagos, brocas, acoplamientos.
  - Puntos de atrapamiento entre engranajes y ejes girando y otras fijas o dotadas de desplazamiento lateral a ellas.

- Movimientos alternativos y de traslación. El punto peligroso se sitúa en el lugar donde la pieza dotada de este tipo de movimiento se aproxima a otra pieza fija o móvil y la sobrepasa.
- Movimientos de traslación y rotación. Las conexiones de bielas y vástagos con ruedas y volantes son algunos de los mecanismos que generalmente están dotadas de este tipo de movimientos.
- Movimientos de oscilación. Las piezas dotadas de movimientos de oscilación pendular generan puntos de “tijera” entre ellas y otras piezas fijas.

Las actividades de prevención deberán ser modificadas cuando se aprecie por el empresario, como consecuencia de los controles periódicos previstos en el apartado anterior, su inadecuación a los fines de protección requeridos.

#### 1.2.4 Equipos de trabajo y medios de protección

Cuando la utilización de un equipo de trabajo pueda presentar un riesgo específico para la seguridad y la salud de los trabajadores, el empresario adoptará las medidas necesarias con el fin de que:

- La utilización del equipo de trabajo quede reservada a los encargados de dicha utilización.
- Los trabajos de reparación, transformación, mantenimiento o conservación sean realizados por los trabajadores específicamente capacitados para ello.

El empresario deberá proporcionar a sus trabajadores equipos de protección individual adecuados para el desempeño de sus funciones y velar por el uso efectivo de los mismos.

#### 1.2.5 Información, consulta y participación de los trabajadores

El empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban todas las informaciones necesarias en relación con:

- Los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Las medidas y actividades de protección y prevención aplicables a los riesgos.

Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos competentes en esta materia, dirigidas a la mejora de los niveles de la protección de la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, en materia de señalización en dichos lugares, en cuanto a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en las obras de construcción y en cuanto a utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

### 1.2.6 Formación de los trabajadores

El empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva.

### 1.2.7 Medidas de emergencia

El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa, así como la posible presencia de personas ajenas a la misma, deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto

### 1.2.8 Riesgo grave e inminente

Cuando los trabajadores estén expuestos a un riesgo grave e inminente con ocasión de su trabajo, el empresario estará obligado a:

- Informar lo antes posible a todos los trabajadores afectados acerca de la existencia de dicho riesgo y de las medidas adoptadas en materia de protección.
- Dar las instrucciones necesarias para que, en caso de peligro grave, inminente e inevitable, los trabajadores puedan interrumpir su actividad y además estar en condiciones, habida cuenta de sus conocimientos y de los medios técnicos puestos a su disposición, de adoptar las medidas necesarias para evitar las consecuencias de dicho peligro.

### 1.2.9 Vigilancia de la salud

El empresario garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al trabajo, optando por la realización de aquellos reconocimientos o pruebas que causen las menores molestias al trabajador y que sean proporcionales al riesgo.

### 1.2.10 Documentación

El empresario deberá elaborar y conservar a disposición de la autoridad laboral la siguiente documentación:

- Evaluación de los riesgos para la seguridad y salud en el trabajo, y planificación de la acción preventiva.
- Medidas de protección y prevención a adoptar.
- Resultado de los controles periódicos de las condiciones de trabajo.
- Práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores.
- Relación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo.

### **1.2.11 Coordinación de actividades empresariales**

Cuando en un mismo centro de trabajo desarrollen actividades trabajadores de dos o más empresas, éstas deberán cooperar en la aplicación de la normativa sobre prevención de riesgos laborales.

### **1.2.12 Protección de trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos**

El empresario garantizará, evaluando los riesgos y adoptando las medidas preventivas necesarias, la protección de los trabajadores que, por sus propias características personales o estado biológico conocido, incluidos aquellos que tengan reconocida la situación de discapacidad física, psíquica o sensorial, sean específicamente sensibles a los riesgos derivados del trabajo.

### **1.2.13 Protección a la maternidad**

La evaluación de los riesgos deberá comprender la determinación de la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de las trabajadoras en situación de embarazo o parto reciente, a agentes, procedimientos o condiciones de trabajo que puedan influir negativamente en la salud de las trabajadoras o del feto, adoptando, en su caso, las medidas necesarias para evitar la exposición a dicho riesgo.

### **1.2.14 Protección de los menores**

Antes de la incorporación al trabajo de jóvenes menores de dieciocho años, y previamente a cualquier modificación importante de sus condiciones de trabajo, el empresario deberá efectuar una evaluación de los puestos de trabajo a desempeñar por los mismos, a fin de determinar la naturaleza, el grado y la duración de su exposición, teniendo especialmente en cuenta los riesgos derivados de su falta de experiencia, de su inmadurez para evaluar los riesgos existentes o potenciales y de su desarrollo todavía incompleto.

### **1.2.15 Relaciones de trabajo temporales de duración determinada y en empresas de trabajo laboral**

Los trabajadores con relaciones de trabajo temporales o de duración determinada, así como los contratados por empresas de trabajo temporal, deberán disfrutar del mismo nivel de protección en materia de seguridad y salud que los restantes trabajadores de la empresa en la que prestan sus servicios.

### 1.2.16 Obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes.
- Informar de inmediato un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente.

## 1.3 Servicios de Prevención

### 1.3.1 Protección y prevención de riesgos laborales

En cumplimiento del deber de prevención de riesgos profesionales, el empresario designará uno o varios trabajadores para ocuparse de dicha actividad, constituirá un servicio de prevención o concertará dicho servicio con una entidad especializada ajena a la empresa.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores.

En las empresas de menos de seis trabajadores, el empresario podrá asumir personalmente las funciones señaladas anteriormente, siempre que desarrolle de forma habitual su actividad en el centro de trabajo y tenga capacidad necesaria.

El empresario que no hubiere concertado el Servicio de Prevención con una entidad especializada ajena a la empresa deberá someter su sistema de prevención al control de una auditoría o evaluación externa.

### 1.3.2 Servicios de prevención

Si la designación de uno o varios trabajadores fuera insuficiente para la realización de las actividades de prevención, en función del tamaño de la empresa, de los riesgos a que están expuestos los trabajadores o de la peligrosidad de las actividades desarrolladas, el empresario deberá recurrir a uno o varios servicios de prevención propios o ajenos a la empresa, que colaborarán cuando sea necesario.

Se entenderá como servicio de prevención el conjunto de medios humanos y materiales necesarios para realizar las actividades preventivas a fin de garantizar la adecuada protección de la seguridad y la salud de los trabajadores, asesorando y asistiendo para ello al empresario, a los trabajadores y a sus representantes y a los órganos de representación especializados.

## 1.4 Consulta y participación de los trabajadores

### 1.4.1 Consulta de los trabajadores

El empresario deberá consultar a los trabajadores, con la debida antelación, la adopción de las decisiones relativas a:

- La planificación y la organización del trabajo en la empresa y la introducción de nuevas tecnologías, en todo lo relacionado con las consecuencias que éstas pudieran tener para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- La organización y desarrollo de las actividades de protección de la salud y prevención de los riesgos profesionales en la empresa, incluida la designación de los trabajadores encargados de dichas actividades o el recurso a un servicio de prevención externo.
- La designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia.
- El proyecto y la organización de la formación en materia preventiva.

### 1.4.2 Derechos de participación y representación

Los trabajadores tienen derecho a participar en la empresa en las cuestiones relacionadas con la prevención de riesgos en el trabajo.

En las empresas o centros de trabajo que cuenten con seis o más trabajadores, la participación de éstos se canalizará a través de sus representantes y de la representación especializada.

### 1.4.3 Delegados de prevención

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, con arreglo a la siguiente escala:

- De 50 a 100 trabajadores: 2 Delegados de Prevención.
- De 101 a 500 trabajadores: 3 Delegados de Prevención.
- De 501 a 1000 trabajadores: 4 Delegados de Prevención.
- De 1001 a 2000 trabajadores: 5 Delegados de Prevención.
- De 2001 a 3000 trabajadores: 6 Delegados de Prevención.
- De 3001 a 4000 trabajadores: 7 Delegados de Prevención.
- De 4001 en adelante: 8 Delegados de Prevención.

En las empresas de hasta treinta trabajadores el Delegado de Prevención será el Delegado de Personal. En las empresas de treinta y uno a cuarenta y nueve trabajadores habrá un Delegado de Prevención que será elegido por y entre los Delegados de Personal.

## 2 Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo

### 2.1 Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán y concretarán los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, a través de normas mínimas que garanticen la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en los lugares de trabajo, de manera que de su utilización no se deriven riesgos para los trabajadores.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 486/1997 de 14 de Abril de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud aplicables a los lugares de trabajo, entendiéndose como tales las áreas del centro de trabajo, edificadas o no, en las que los trabajadores deban permanecer o a las que puedan acceder en razón de su trabajo, sin incluir las obras de construcción temporales o móviles.

### 2.2 Obligaciones del empresario

El empresario deberá adoptar las medidas necesarias para que la utilización de los lugares de trabajo no origine riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores.

En cualquier caso, los lugares de trabajo deberán cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el presente Real Decreto en cuanto a sus condiciones constructivas, orden, limpieza y mantenimiento, señalización, instalaciones de servicio o protección, condiciones ambientales, iluminación, servicios higiénicos y locales de descanso, y material y locales de primeros auxilios.

#### 2.2.1 Condiciones constructivas

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán ofrecer seguridad frente a los riesgos de resbalones o caídas, choques o golpes contra objetos y derrumbamientos o caídas de materiales sobre los trabajadores, para ello el pavimento constituirá un conjunto homogéneo, llano y liso sin solución de continuidad, de material consistente, no resbaladizo o susceptible de serlo con el uso y de fácil limpieza, las paredes serán lisas, guarnecidas o pintadas en tonos claros y susceptibles de ser lavadas y blanqueadas y los techos deberán resguardar a los trabajadores de las inclemencias del tiempo y ser lo suficientemente consistentes.

El diseño y las características constructivas de los lugares de trabajo deberán también facilitar el control de las situaciones de emergencia, en especial en caso de incendio, y posibilitar, cuando sea necesario, la rápida y segura evacuación de los trabajadores.

Todos los elementos estructurales o de servicio (cimentación, pilares, forjados, muros y escaleras) deberán tener la solidez y resistencia necesarias para soportar las cargas o esfuerzos a que sean sometidos.

Las dimensiones de los locales de trabajo deberán permitir que los trabajadores realicen su trabajo sin riesgos para su seguridad y salud y en condiciones ergonómicas aceptables, adoptando una superficie libre superior a 2 m<sup>2</sup> por trabajador, un volumen mayor a 10 m<sup>3</sup> por trabajador y una altura mínima desde el piso al techo de 2,50 m.

Las zonas de los lugares de trabajo en las que exista riesgo de caída, de caída de objetos o de contacto o exposición a elementos agresivos, deberán estar claramente señalizadas.

El suelo deberá ser fijo, estable y no resbaladizo, sin irregularidades ni pendientes peligrosas. Las aberturas, desniveles y las escaleras se protegerán mediante barandillas de 90 cm de altura.

Los trabajadores deberán poder realizar de forma segura las operaciones de abertura, cierre, ajuste o fijación de ventanas, y en cualquier situación no supondrán un riesgo para éstos.

Las vías de circulación deberán poder utilizarse conforme a su uso previsto, de forma fácil y con total seguridad. La anchura mínima de las puertas exteriores y de los pasillos será de 100 cm.

Las puertas transparentes deberán tener una señalización a la altura de la vista y deberán estar protegidas contra la rotura.

Las puertas de acceso a las escaleras no se abrirán directamente sobre sus escalones, sino sobre descansos de anchura al menos igual a la de aquellos.

Los pavimentos de las rampas y escaleras serán de materiales no resbaladizos y caso de ser perforados la abertura máxima de los intersticios será de 8 mm. La pendiente de las rampas variará entre un 8 y 12 %. La anchura mínima será de 55 cm para las escaleras de servicio y de 1 m. para las de uso general.

En caso de utilizar escaleras de mano, éstas tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no

suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas. En cualquier caso, no se emplearán escaleras de más de 5 m de altura, se colocarán formando un ángulo aproximado de 75° con la horizontal, sus largueros deberán prolongarse al menos 1 m sobre la zona a acceder, el ascenso, descenso y los trabajos desde escaleras se efectuarán frente a las mismas, los trabajos a más de 3,5 m de altura, desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, sólo se efectuarán si se utiliza cinturón de seguridad y no serán utilizadas por dos o más personas simultáneamente.

Las vías y salidas de evacuación deberán permanecer expeditas y desembocarán en el exterior. El número, la distribución y las dimensiones de las vías deberán estar dimensionadas para poder evacuar todos los lugares de trabajo rápidamente, dotando de alumbrado de emergencia aquellas que lo requieran.

La instalación eléctrica no deberá entrañar riesgos de incendio o explosión, para ello se dimensionarán todos los circuitos considerando las sobreintensidades previsibles y se dotará a los conductores y resto de aparataje eléctrica de un nivel de aislamiento adecuado.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección conectados a las carcasas de los receptores eléctricos, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada al tipo de local, características del terreno y constitución de los electrodos artificiales).

### **2.2.2 Orden, limpieza y mantenimiento. Señalización**

Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo y, en especial, las salidas y vías de circulación previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberán permanecer libres de obstáculos.

Las características de los suelos, techos y paredes serán tales que permitan dicha limpieza y mantenimiento. Se eliminarán con rapidez los desperdicios, las manchas de grasa, los residuos de sustancias peligrosas y demás productos residuales que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo.

Los lugares de trabajo y, en particular, sus instalaciones, deberán ser objeto de un mantenimiento periódico.

### 2.2.3 Condiciones ambientales

La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no debe suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.

En los locales de trabajo cerrados deberán cumplirse las condiciones siguientes:

- La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27 °C. En los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25 °C.
- La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70 por 100, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50 por 100.
- Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites:
  - Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s.
  - Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s.
    - Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s.
- La renovación mínima del aire de los locales de trabajo será de 30 m<sup>3</sup> de aire limpio por hora y trabajador en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y 50 m<sup>3</sup> en los casos restantes.
- Se evitarán los olores desagradables.

### 2.2.4 Iluminación

La iluminación será natural con puertas y ventanas acristaladas, complementándose con iluminación artificial en las horas de visibilidad deficiente. Los puestos de trabajo llevarán además puntos de luz individuales, con el fin de obtener una visibilidad notable. Los niveles de iluminación mínimos establecidos (lux) son los siguientes:

- Áreas o locales de uso ocasional: 50 lux
- Áreas o locales de uso habitual: 100 lux
- Vías de circulación de uso ocasional: 25 lux.
- Vías de circulación de uso habitual: 50 lux.
- Zonas de trabajo con bajas exigencias visuales: 100 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales moderadas: 200 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales altas: 500 lux.
- Zonas de trabajo con exigencias visuales muy altas: 1000 lux.

La iluminación anteriormente especificada deberá poseer una uniformidad adecuada, mediante la distribución uniforme de luminarias, evitándose los deslumbramientos directos por equipos de alta luminancia.

Se instalará además el correspondiente alumbrado de emergencia y señalización con el fin de poder iluminar las vías de evacuación en caso de fallo del alumbrado general.

### 2.2.5 Servicios higiénicos y locales de descanso

En el local se dispondrá de agua potable en cantidad suficiente y fácilmente accesible por los trabajadores.

Se dispondrán vestuarios cuando los trabajadores deban llevar ropa especial de trabajo, provistos de asientos y de armarios o taquillas individuales con llave, con una capacidad suficiente para guardar la ropa y el calzado. Si los vestuarios no fuesen necesarios, se dispondrán colgadores o armarios para colocar la ropa.

Existirán aseos con espejos, retretes con descarga automática de agua y papel higiénico y lavabos con agua corriente, caliente si es necesario, jabón y toallas individuales u otros sistema de secado con garantías higiénicas. Dispondrán además de duchas de agua corriente, caliente y fría, cuando se realicen habitualmente trabajos sucios, contaminantes o que originen elevada sudoración. Llevarán alicatados los paramentos hasta una altura de 2 m. del suelo, con baldosín cerámico esmaltado de color blanco. El solado será continuo e impermeable, formado por losas de gres rugoso antideslizante.

Si el trabajo se interrumpiera regularmente, se dispondrán espacios donde los trabajadores puedan permanecer durante esas interrupciones, diferenciándose espacios para fumadores y no fumadores.

### 2.2.6 Material y locales de primeros auxilios

El lugar de trabajo dispondrá de material para primeros auxilios en caso de accidente, que deberá ser adecuado, en cuanto a su cantidad y características, al número de trabajadores y a los riesgos a que estén expuestos.

Como mínimo se dispondrá, en lugar reservado y a la vez de fácil acceso, de un botiquín portátil, que contendrá en todo momento, agua oxigenada, alcohol de 96, tintura de yodo, mercurocromo, gasas estériles, algodón hidrófilo, bolsa de agua, torniquete, guantes esterilizados y desechables, jeringuillas, hervidor, agujas, termómetro clínico, gasas, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas, antiespasmódicos, analgésicos y vendas

## **3 Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo**

### **3.1 Introducción**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que en los lugares de trabajo exista una adecuada señalización de seguridad y salud, siempre que los riesgos no puedan evitarse o limitarse suficientemente a través de medios técnicos de protección colectiva.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril de 1.997 establece las disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y de salud en el trabajo, entendiendo como tales aquellas señalizaciones que referidas a un objeto, actividad o situación determinada, proporcionen una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel, un color, una señal luminosa o acústica, una comunicación verbal o una señal gestual.

### **3.2 Obligación general del empresario**

La elección del tipo de señal y del número y emplazamiento de las señales o dispositivos de señalización a utilizar en cada caso se realizará de forma que la señalización resulte lo más eficaz posible, teniendo en cuenta:

- Las características de la señal.
- Los riesgos, elementos o circunstancias que hayan de señalizarse.
- La extensión de la zona a cubrir.
- El número de trabajadores afectados.

Para la señalización de desniveles, obstáculos u otros elementos que originen riesgo de caída de personas, choques o golpes, así como para las señalizaciones de riesgo eléctrico, presencia de materias inflamables, tóxicas, corrosivas o riesgo biológico, podrá optarse por una señal de advertencia de forma triangular, con un pictograma característico de color negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Las vías de circulación de vehículos deberán estar delimitadas con claridad mediante franjas continuas de color blanco o amarillo.

Los equipos de protección contra incendios deberán ser de color rojo.

La señalización para la localización e identificación de las vías de evacuación y de los equipos de salvamento o socorro (botiquín portátil) se realizará mediante una señal de forma cuadrada o rectangular, con un pictograma característico de color blanco sobre fondo verde.

La señalización dirigida a alertar a los trabajadores o a terceros de la aparición de una situación de peligro y de la consiguiente y urgente necesidad de actuar de una forma determinada o de evacuar la zona de peligro, se realizará mediante una señal luminosa, una señal acústica o una comunicación verbal.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser limpiados, mantenidos y verificados regularmente.

## **4 Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo**

### **4.1 Introducción**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran las destinadas a garantizar que de la presencia o utilización de los equipos de trabajo puestos a disposición de los trabajadores en la empresa o centro de trabajo no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los mismos.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1215/1997 de 18 de Julio de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, entendiendo como tales cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizado en el trabajo.

### **4.2 Obligación general del empresario**

El empresario adoptará las medidas necesarias para que los equipos de trabajo que se pongan a disposición de los trabajadores sean adecuados al trabajo que deba realizarse y convenientemente adaptados al mismo, de forma que garanticen la seguridad y la salud de los trabajadores al utilizar dichos equipos.

Deberá utilizar únicamente equipos que satisfagan cualquier disposición legal o reglamentaria que les sea de aplicación.

Para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- Las condiciones y características específicas del trabajo a desarrollar.
- Los riesgos existentes para la seguridad y salud de los trabajadores en el lugar de trabajo.
- En su caso, las adaptaciones necesarias para su utilización por trabajadores discapacitados.

Adoptará las medidas necesarias para que, mediante un mantenimiento adecuado, los equipos de trabajo se conserven durante todo el tiempo de utilización en unas condiciones adecuadas. Todas las operaciones de mantenimiento, ajuste, desbloqueo, revisión o reparación de los equipos de trabajo se realizará tras haber parado o desconectado el equipo. Estas operaciones deberán ser encomendadas al personal especialmente capacitado para ello.

El empresario deberá garantizar que los trabajadores reciban una formación e información adecuadas a los riesgos derivados de los equipos de trabajo. La información,

suministrada preferentemente por escrito, deberá contener, como mínimo, las indicaciones relativas a:

- Las condiciones y forma correcta de utilización de los equipos de trabajo, teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante, así como las situaciones o formas de utilización anormales y peligrosas que puedan preverse.
- Las conclusiones que, en su caso, se puedan obtener de la experiencia adquirida en la utilización de los equipos de trabajo.

#### **4.2.1 Disposiciones mínimas generales aplicables a los equipos de trabajo**

Los órganos de accionamiento de un equipo de trabajo que tengan alguna incidencia en la seguridad deberán ser claramente visibles e identificables y no deberán acarrear riesgos como consecuencia de una manipulación involuntaria.

Cada equipo de trabajo deberá estar provisto de un órgano de accionamiento que permita su parada total en condiciones de seguridad.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo de caída de objetos o de proyecciones deberá estar provisto de dispositivos de protección adecuados a dichos riesgos.

Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Si fuera necesario para la seguridad o la salud de los trabajadores, los equipos de trabajo y sus elementos deberán estabilizarse por fijación o por otros medios.

Cuando los elementos móviles de un equipo de trabajo puedan entrañar riesgo de accidente por contacto mecánico, deberán ir equipados con resguardos o dispositivos que impidan el acceso a las zonas peligrosas.

Las zonas y puntos de trabajo o mantenimiento de un equipo de trabajo deberán estar adecuadamente iluminadas en función de las tareas que deban realizarse.

Las partes de un equipo de trabajo que alcancen temperaturas elevadas o muy bajas deberán estar protegidas cuando corresponda contra los riesgos de contacto o la proximidad de los trabajadores.

Todo equipo de trabajo deberá ser adecuado para proteger a los trabajadores expuestos contra el riesgo de contacto directo o indirecto de la electricidad y los que entrañen riesgo por ruido, vibraciones o radiaciones deberá disponer de las protecciones o dispositivos adecuados para limitar, en la medida de lo posible, la generación y propagación de estos agentes físicos.

Las herramientas manuales deberán estar construidas con materiales resistentes y la unión entre sus elementos deberá ser firme, de manera que se eviten las roturas o proyecciones de los mismos.

La utilización de todos estos equipos no podrá realizarse en contradicción con las instrucciones facilitadas por el fabricante, comprobándose antes del iniciar la tarea que todas sus protecciones y condiciones de uso son las adecuadas.

Deberán tomarse las medidas necesarias para evitar el atrapamiento del cabello, ropas de trabajo u otros objetos del trabajador, evitando, en cualquier caso, someter a los equipos a sobrecargas, sobrepresiones, velocidades o tensiones excesivas.

#### **4.2.2 Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo móviles**

Los equipos con trabajadores transportados deberán evitar el contacto de éstos con ruedas y orugas y el aprisionamiento por las mismas. Para ello dispondrán de una estructura de protección que impida que el equipo de trabajo incline más de un cuarto de vuelta o una estructura que garantice un espacio suficiente alrededor de los trabajadores transportados cuando el equipo pueda inclinarse más de un cuarto de vuelta. No se requerirán estas estructuras de protección cuando el equipo de trabajo se encuentre estabilizado durante su empleo.

Las carretillas elevadoras deberán estar acondicionadas mediante la instalación de una cabina para el conductor, una estructura que impida que la carretilla vuelque, una estructura que garantice que, en caso de vuelco, quede espacio suficiente para el trabajador entre el suelo y determinadas partes de dicha carretilla y una estructura que mantenga al trabajador sobre el asiento de conducción en buenas condiciones.

Los equipos de trabajo automotores deberán contar con dispositivos de frenado y parada, con dispositivos para garantizar una visibilidad adecuada y con una señalización acústica de advertencia. En cualquier caso, su conducción estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una información específica.

### 4.2.3 Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para elevación de cargas

Deberán estar instalados firmemente, teniendo presente la carga que deban levantar y las tensiones inducidas en los puntos de suspensión o de fijación. En cualquier caso, los aparatos de izar estarán equipados con limitador del recorrido del carro y de los ganchos, los motores eléctricos estarán provistos de limitadores de altura y del peso, los ganchos de sujeción serán de acero con "pestillos de seguridad" y los carriles para desplazamiento estarán limitados a una distancia de 1 m de su término mediante topes de seguridad de final de carrera eléctricos.

Deberá figurar claramente la carga nominal.

Deberán instalarse de modo que se reduzca el riesgo de que la carga caiga en picado, se suelte o se desvíe involuntariamente de forma peligrosa. En cualquier caso, se evitará la presencia de trabajadores bajo las cargas suspendidas. Caso de ir equipadas con cabinas para trabajadores deberá evitarse la caída de éstas, su aplastamiento o choque.

Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h.

### 4.2.4 Disposiciones mínimas adicionales aplicables a los equipos de trabajo para movimiento de tierras y maquinaria pesada en general

Las máquinas para los movimientos de tierras estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, servofrenos, freno de mano, bocina automática de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antiimpactos y un extintor.

Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.

Durante el tiempo de parada de las máquinas se señalizará su entorno con "señales de peligro", para evitar los riesgos por fallo de frenos o por atropello durante la puesta en marcha.

Si se produjese contacto con líneas eléctricas el maquinista permanecerá inmóvil en su puesto y solicitará auxilio por medio de las bocinas. De ser posible el salto sin riesgo de contacto eléctrico, el maquinista saltará fuera de la máquina sin tocar, al unísono, la máquina y el terreno.

Antes del abandono de la cabina, el maquinista habrá dejado en reposo, en contacto con el pavimento (la cuchilla, cazo, etc.), puesto el freno de mano y parado el motor extrayendo la llave de contacto para evitar los riesgos por fallos del sistema hidráulico.

Las pasarelas y peldaños de acceso para conducción o mantenimiento permanecerán limpios de gravas, barros y aceite, para evitar los riesgos de caída.

Se prohíbe el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.

Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes (taludes o terraplenes) a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.

Se señalarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.

Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación (como norma general).

No se debe fumar cuando se abastezca de combustible la máquina, pues podría inflamarse. Al realizar dicha tarea el motor deberá permanecer parado.

Se prohíbe realizar trabajos en un radio de 10 m entorno a las máquinas de hinca, en prevención de golpes y atropellos.

Los compresores serán de los llamados “silenciosos” en la intención de disminuir el nivel de ruido. La zona dedicada para la ubicación del compresor quedará acordonada en un radio de 4 m. Las mangueras estarán en perfectas condiciones de uso, es decir, sin grietas ni desgastes que puedan producir un reventón.

Cada tajo con martillos neumáticos, estará trabajado por dos cuadrillas que se turnarán cada hora, en prevención de lesiones por permanencia continuada recibiendo vibraciones. Los pisones mecánicos se guiarán avanzando frontalmente, evitando los desplazamientos laterales. Para realizar estas tareas se utilizará faja elástica de protección de cintura, muñequeras bien ajustadas, botas de seguridad, cascos antirruído y una mascarilla con filtro mecánico recambiable.

#### 4.2.5 Disposiciones mínimas adicionales aplicables a la maquinaria herramienta

Las máquinas-herramienta estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento y sus motores eléctricos estarán protegidos por la carcasa.

Las que tengan capacidad de corte tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.

Las que se utilicen en ambientes inflamables o explosivos estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes. Se prohíbe la utilización de máquinas accionadas mediante combustibles líquidos en lugares cerrados o de ventilación insuficiente.

Se prohíbe trabajar sobre lugares encharcados, para evitar los riesgos de caídas y los eléctricos.

Para todas las tareas se dispondrá una iluminación adecuada, en torno a 100 lux.

En prevención de los riesgos por inhalación de polvo, se utilizarán en vía húmeda las herramientas que lo produzcan.

Las mesas de sierra circular, cortadoras de material cerámico y sierras de disco manual no se ubicarán a distancias inferiores a tres metros del borde de los forjados, con la excepción de los que estén claramente protegidos (redes o barandillas, petos de remate, etc). Bajo ningún concepto se retirará la protección del disco de corte, utilizándose en todo momento gafas de seguridad antiproyección de partículas. Como normal general, se deberán extraer los clavos o partes metálicas hincadas en el elemento a cortar.

Con las pistolas fija-clavos no se realizarán disparos inclinados, se deberá verificar que no hay nadie al otro lado del objeto sobre el que se dispara, se evitará clavar sobre fábricas de ladrillo hueco y se asegurará el equilibrio de la persona antes de efectuar el disparo.

Para la utilización de los taladros portátiles y rozadoras eléctricas se elegirán siempre las brocas y discos adecuados al material a taladrar, se evitará realizar taladros en una sola maniobra y taladros o rozaduras inclinadas a pulso y se tratará no recalentar las brocas y discos.

Las pulidoras y abrillantadoras de suelos, lijadoras de madera y alisadoras mecánicas tendrán el manillar de manejo y control revestido de material aislante y estarán dotadas de aro de protección antiatrapamientos o abrasiones.

En las tareas de soldadura por arco eléctrico se utilizará yelmo del soldar o pantalla de mano, no se mirará directamente al arco voltaico, no se tocarán las piezas recientemente soldadas, se soldará en un lugar ventilado, se verificará la inexistencia de personas en el entorno vertical de puesto de trabajo, no se dejará directamente la pinza en el suelo o sobre la perfilera, se escogerá el electrodo adecuada para el cordón a ejecutar y se suspenderán los trabajos de soldadura con vientos superiores a 60 km/h y a la intemperie con régimen de lluvias.

En la soldadura oxiacetilénica (oxicorte) no se mezclarán botellas de gases distintos, éstas se transportarán sobre bateas enjauladas en posición vertical y atadas, no se ubicarán al sol ni en posición inclinada y los mecheros estarán dotados de válvulas antirretroceso de la llama. Si se desprenden pinturas se trabajará con mascarilla protectora y se hará al aire libre o en un local ventilado.

## 5 Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción

### 5.1 Introducción

La ley 31/1995, de 8 de noviembre de 1995, de Prevención de Riesgos Laborales es la norma legal por la que se determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

De acuerdo con el artículo 6 de dicha ley, serán las normas reglamentarias las que fijarán las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre éstas se encuentran necesariamente las destinadas a garantizar la seguridad y la salud en las obras de construcción.

Por todo lo expuesto, el Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre de 1.997 establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, entendiendo como tales cualquier obra, pública o privada, en la que se efectúen trabajos de construcción o ingeniería civil.

La obra en proyecto referente a la Ejecución de una Edificación de uso Industrial o Comercial se encuentra incluida en el Anexo I de dicha legislación, con la clasificación a) Excavación, b) Movimiento de tierras, c) Construcción, d) Montaje y desmontaje de elementos prefabricados, e) Acondicionamiento o instalación, l) Trabajos de pintura y de limpieza y m) Saneamiento.

Al tratarse de una obra con las siguientes condiciones:

- El presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto es inferior a 450.759,08 euros.
- La duración estimada es inferior a 30 días laborables, no utilizándose en ningún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- El volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, es inferior a 500.

Por todo lo indicado, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud. Caso de superarse alguna de las condiciones citadas anteriormente deberá realizarse un estudio completo de seguridad y salud

## 5.2 Estudio básico de seguridad y salud

### 5.2.1 Riesgos más frecuentes en las obras de construcción

Los Oficios más comunes en las obras de construcción son los siguientes:

- Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.
- Relleno de tierras.
- Encofrados.
- Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.
- Trabajos de manipulación del hormigón.
- Montaje de estructura metálica
- Montaje de prefabricados.
- Albañilería.
- Cubiertas.
- Alicatados.
- Enfoscados y enlucidos.
- Solados con mármoles, terrazos, plaquetas y asimilables.
- Carpintería de madera, metálica y cerrajería.
- Montaje de vidrio.
- Pintura y barnizados.
- Instalación eléctrica definitiva y provisional de obra.
- Instalación de fontanería, aparatos sanitarios, calefacción y aire acondicionado.
- Instalación de antenas y pararrayos.

Los riesgos más frecuentes durante estos oficios son los descritos a continuación:

- Deslizamientos, desprendimientos de tierras por diferentes motivos (no emplear el talud adecuado, por variación de la humedad del terreno, etc).
- Riesgos derivados del manejo de máquinas-herramienta y maquinaria pesada en general.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y falsas maniobras de la maquinaria para movimiento de tierras.
- Caídas al mismo o distinto nivel de personas, materiales y útiles.
- Los derivados de los trabajos pulverulentos.
- Contactos con el hormigón (dermatitis por cementos, etc).
- Caída de los encofrados al vacío, caída de personal al caminar o trabajar sobre los fondillos de las vigas, pisadas sobre objetos punzantes, etc.
- Desprendimientos por mal apilado de la madera, planchas metálicas, etc.
- Cortes y heridas en manos y pies, aplastamientos, tropiezos y torceduras al caminar sobre las armaduras.
- Hundimientos, rotura o reventón de encofrados, fallos de entibaciones.
- Contactos con la energía eléctrica (directos e indirectos), electrocuciones, quemaduras, etc.
- Los derivados de la rotura fortuita de las planchas de vidrio.
- Cuerpos extraños en los ojos, etc.
- Agresión por ruido y vibraciones en todo el cuerpo.
- Microclima laboral (frío-calor), agresión por radiación ultravioleta, infrarroja.
- Agresión mecánica por proyección de partículas.
- Golpes.
- Cortes por objetos y/o herramientas.
- Incendio y explosiones.
- Riesgo por sobreesfuerzos musculares y malos gestos.
- Carga de trabajo física.
- Deficiente iluminación.
- Efecto psico-fisiológico de horarios y turno.

### 5.2.2 Medidas preventivas de carácter general

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y señalización de los riesgos (vuelo, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio, materiales inflamables, prohibido fumar, etc), así como las medidas preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de las botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc).

Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (ferralla, perfilería metálica, piezas prefabricadas, carpintería metálica y de madera, vidrio, pinturas, barnices y disolventes, material eléctrico, aparatos sanitarios, tuberías, aparatos de calefacción y climatización, etc).

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando los elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.

El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas, y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.

El transporte de elementos pesados (sacos de aglomerante, ladrillos, arenas, etc) se hará sobre carretilla de mano y así evitar sobreesfuerzos.

Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (3 tablones trabados entre sí), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.

Se tenderán cables de seguridad amarrados a elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar trabajos en altura.

La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajo será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.

El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.

Se vigilarán los esfuerzos de torsión o de flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo están en posición inestable.

Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.

Se tratará que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad.

Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de ésta. Después de realizar las tareas, se guardarán en lugar seguro.

La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.

Es conveniente que los vestidos estén configurados en varias capas al comprender entre ellas cantidades de aire que mejoran el aislamiento al frío. Empleo de guantes, botas y orejeras. Se resguardará al trabajador de vientos mediante apantallamientos y se evitará que la ropa de trabajo se empape de líquidos evaporables.

Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir su esfuerzo físico, mejorar la circulación de aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de vestimenta adecuada (sombrero, gafas de sol, cremas y lociones solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.

El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador, interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.

El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso, de los equipos y de las dimensiones de la obra y de los locales, así como el número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos.

En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad.

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.

### 5.2.3 Medidas preventivas de carácter particular para cada oficio

#### 5.2.3.1 Movimiento de tierras. Excavación de pozos y zanjas.

Antes del inicio de los trabajos, se inspeccionará el tajo con el fin de detectar posibles grietas o movimientos del terreno.

Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno, señalizándose además mediante una línea esta distancia de seguridad.

Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de la excavación que por su situación ofrezcan el riesgo de desprendimiento.

La maquinaria estará dotada de peldaños y asidero para subir o bajar de la cabina de control. No se utilizará como apoyo para subir a la cabina las llantas, cubiertas, cadenas y guardabarros.

Los desplazamientos por el interior de la obra se realizarán por caminos señalizados.

Se utilizarán redes tensas o mallazo electrosoldado situadas sobre los taludes, con un solape mínimo de 2 m.

La circulación de los vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3 m. para vehículos ligeros y de 4 m para pesados.

Se conservarán los caminos de circulación interna cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante zavorras.

El acceso y salida de los pozos y zanjas se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en la parte superior del pozo, que estará provista de zapatas antideslizantes.

Cuando la profundidad del pozo sea igual o superior a 1,5 m., se entibará (o encamisará) el perímetro en prevención de derrumbamientos.

Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloran (o caen) en el interior de las zanjas, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.

En presencia de líneas eléctricas en servicio se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

Se procederá a solicitar de la compañía propietaria de la línea eléctrica el corte de fluido y puesta a tierra de los cables, antes de realizar los trabajos.

La línea eléctrica que afecta a la obra será desviada de su actual trazado al límite marcado en los planos.

La distancia de seguridad con respecto a las líneas eléctricas que cruzan la obra, queda fijada en 5 m en zonas accesibles durante la construcción.

Se prohíbe la utilización de cualquier calzado que no sea aislante de la electricidad en proximidad con la línea eléctrica.

#### **5.2.3.2 Relleno de tierras.**

Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en el interior.

Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas. Especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles y carreteras.

Se instalará, en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso.

Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m. en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento.

Los vehículos de compactación y apisonado, irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.

### 5.2.3.3 Encofrados.

Se prohíbe la permanencia de operarios en las zonas de batido de cargas durante las operaciones de izado de tablonas, sopandas, puntales y ferralla; igualmente se procederá durante la elevación de viguetas, nervios, armaduras, pilares, bovedillas, etc.

El ascenso y descenso del personal a los encofrados, se efectuará a través de escaleras de mano reglamentarias.

Se instalarán barandillas reglamentarias en los frentes de losas horizontales, para impedir la caída al vacío de las personas.

Los clavos o puntas existentes en la madera usada, se extraerán o remacharán, según casos.

Queda prohibido encofrar sin antes haber cubierto el riesgo de caída desde altura mediante la ubicación de redes de protección.

Trabajos con ferralla, manipulación y puesta en obra.

Los paquetes de redondos se almacenarán en posición horizontal sobre durmientes de madera capa a capa, evitándose las alturas de las pilas superiores al 1'50 m.

Se efectuará un barrido diario de puntas, alambres y recortes de ferralla en torno al banco (o bancos, borriquetas, etc.) de trabajo.

Queda prohibido el transporte aéreo de armaduras de pilares en posición vertical.

Se prohíbe trepar por las armaduras en cualquier caso.

Se prohíbe el montaje de zunchos perimetrales, sin antes estar correctamente instaladas las redes de protección.

Se evitará, en lo posible, caminar por los fondillos de los encofrados de jácenas o vigas.

#### 5.2.3.4 Trabajos de manipulación del hormigón.

Se instalarán fuertes topes final de recorrido de los camiones hormigonera, en evitación de vuelcos.

Se prohíbe acercar las ruedas de los camiones hormigoneras a menos de 2 m. del borde de la excavación.

Se prohíbe cargar el cubo por encima de la carga máxima admisible de la grúa que lo sustenta.

Se procurará no golpear con el cubo los encofrados, ni las entibaciones.

La tubería de la bomba de hormigonado, se apoyará sobre caballetes, arriostándose las partes susceptibles de movimiento.

Para vibrar el hormigón desde posiciones sobre la cimentación que se hormigona, se establecerán plataformas de trabajo móviles formadas por un mínimo de tres tablones, que se dispondrán perpendicularmente al eje de la zanja o zapata.

El hormigonado y vibrado del hormigón de pilares, se realizará desde "castilletes de hormigonado"

En el momento en el que el forjado lo permita, se izará en torno a los huecos el peto definitivo de fábrica, en prevención de caídas al vacío.

Se prohíbe transitar pisando directamente sobre las bovedillas (cerámicas o de hormigón), en prevención de caídas a distinto nivel.

### 5.2.3.5 Montaje de estructura metálica.

Los perfiles se apilarán ordenadamente sobre durmientes de madera de soporte de cargas, estableciendo capas hasta una altura no superior al 1'50 m.

Una vez montada la "primera altura" de pilares, se tenderán bajo ésta redes horizontales de seguridad.

Se prohíbe elevar una nueva altura, sin que en la inmediata inferior se hayan concluido los cordones de soldadura.

Las operaciones de soldadura en altura, se realizarán desde el interior de una guindola de soldador, provista de una barandilla perimetral de 1 m. de altura formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié. El soldador, además, amarrará el mosquetón del cinturón a un cable de seguridad, o a argollas soldadas a tal efecto en la perfilería.

Se prohíbe la permanencia de operarios dentro del radio de acción de cargas suspendidas.

Se prohíbe la permanencia de operarios directamente bajo tajos de soldadura.

Se prohíbe trepar directamente por la estructura y desplazarse sobre las alas de una viga sin atar el cinturón de seguridad.

El ascenso o descenso a/o de un nivel superior, se realizará mediante una escalera de mano provista de zapatas antideslizantes y ganchos de cuelgue e inmovilidad dispuestos de tal forma que sobrepase la escalera 1 m. la altura de desembarco.

El riesgo de caída al vacío por fachadas se cubrirá mediante la utilización de redes de horca (o de bandeja).

### **5.2.3.6 Montaje de prefabricados.**

El riesgo de caída desde altura, se evitará realizando los trabajos de recepción e instalación del prefabricado desde el interior de una plataforma de trabajo rodeada de barandillas de 90 cm., de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm., sobre andamios (metálicos, tubulares de borriquetas).

Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas en prevención del riesgo de desplome.

Los prefabricados se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes dispuestos por capas de tal forma que no dañen los elementos de enganche para su izado.

Se paralizará la labor de instalación de los prefabricados bajo régimen de vientos superiores a 60 Km/h.

### **5.2.3.7 Albañilería.**

Los grandes huecos (patios) se cubrirán con una red horizontal instalada alternativamente cada dos plantas, para la prevención de caídas.

Se prohíbe concentrar las cargas de ladrillos sobre vanos. El acopio de palets, se realizará próximo a cada pilar, para evitar las sobrecargas de la estructura en los lugares de menor resistencia.

Los escombros y cascotes se evacuarán diariamente mediante trompas de vertido montadas al efecto, para evitar el riesgo de pisadas sobre materiales.

Las rampas de las escaleras estarán protegidas en su entorno por una barandilla sólida de 90 cm. de altura, formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm.

#### **5.2.3.8 Cubiertas.**

El riesgo de caída al vacío, se controlará instalando redes de horca alrededor del edificio. No se permiten caídas sobre red superiores a los 6 m. de altura.

Se paralizarán los trabajos sobre las cubiertas bajo régimen de vientos superiores a 60 km/h., lluvia, helada y nieve.

#### **5.2.3.9 Alicatados.**

El corte de las plaquetas y demás piezas cerámicas, se ejecutará en vía húmeda, para evitar la formación de polvo ambiental durante el trabajo.

El corte de las plaquetas y demás piezas cerámicas se ejecutará en locales abiertos o a la intemperie, para evitar respirar aire con gran cantidad de polvo.

#### **5.2.3.10 Enfoscados y enlucidos.**

Las "miras", reglas, tablones, etc., se cargarán a hombro en su caso, de tal forma que al caminar, el extremo que va por delante, se encuentre por encima de la altura del casco de quién lo transporta, para evitar los golpes a otros operarios, los tropezones entre obstáculos, etc.

Se acordará la zona en la que pueda caer piedra durante las operaciones de proyección de "garbancillo" sobre morteros, mediante cinta de banderolas y letreros de prohibido el paso.

#### **5.2.3.11 Solados con mármoles, terrazos, plaquetas y asimilables.**

El corte de piezas de pavimento se ejecutará en vía húmeda, en evitación de lesiones por trabajar en atmósferas pulverulentas.

Las piezas del pavimento se izarán a las plantas sobre plataformas emplintadas, correctamente apiladas dentro de las cajas de suministro, que no se romperán hasta la hora de utilizar su contenido.

Los lodos producto de los pulidos, serán orillados siempre hacia zonas no de paso y eliminados inmediatamente de la planta.

### **5.2.3.12 Carpintería de madera, metálica y cerrajería**

Los recortes de madera y metálicos, objetos punzantes, cascotes y serrín producidos durante los ajustes se recogerán y se eliminarán mediante las tolvas de vertido, o mediante bateas o plataformas implantadas amarradas del gancho de la grúa.

Los cercos serán recibidos por un mínimo de una cuadrilla, en evitación de golpes, caídas y vuelcos.

Los listones horizontales inferiores contra deformaciones, se instalarán a una altura en torno a los 60 cm. Se ejecutarán en madera blanca, preferentemente, para hacerlos más visibles y evitar los accidentes por tropiezos.

El "cuelgue" de hojas de puertas o de ventanas, se efectuará por un mínimo de dos operarios, para evitar accidentes por desequilibrio, vuelco, golpes y caídas.

### **5.2.3.13 Montaje de vidrio**

Se prohíbe permanecer o trabajar en la vertical de un tajo de instalación de vidrio.

Los tajos se mantendrán libres de fragmentos de vidrio, para evitar el riesgo de cortes.

La manipulación de las planchas de vidrio, se ejecutará con la ayuda de ventosas de seguridad.

Los vidrios ya instalados, se pintarán de inmediato a base de pintura a la cal, para significar su existencia.

#### **5.2.3.14 Pintura y barnizados**

Se prohíbe almacenar pinturas susceptibles de emanar vapores inflamables con los recipientes mal o incompletamente cerrados, para evitar accidentes por generación de atmósferas tóxicas o explosivas.

Se prohíbe realizar trabajos de soldadura y oxicorte en lugares próximos a los tajos en los que se empleen pinturas inflamables, para evitar el riesgo de explosión o de incendio.

Se tenderán redes horizontales sujetas a puntos firmes de la estructura, para evitar el riesgo de caída desde alturas.

Se prohíbe la conexión de aparatos de carga accionados eléctricamente (puentes grúa por ejemplo) durante las operaciones de pintura de carriles, soportes, topes, barandillas, etc., en prevención de atrapamientos o caídas desde altura.

Se prohíbe realizar "pruebas de funcionamiento" en las instalaciones, tuberías de presión, equipos motobombas, calderas, conductos, etc. durante los trabajos de pintura de señalización o de protección de conductos.

#### **5.2.3.15 Instalación eléctrica provisional de obra**

El montaje de aparatos eléctricos será ejecutado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.

El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar.

Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos.

La distribución general desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios o de planta, se efectuará mediante manguera eléctrica antihumedad.

El tendido de los cables y mangueras, se efectuará a una altura mínima de 2 m. en los lugares peatonales y de 5 m. en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

Los empalmes provisionales entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancas antihumedad.

Las mangueras de "alargadera" por ser provisionales y de corta estancia pueden llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los paramentos verticales.

Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.

Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra.

Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a "pies derechos" firmes.

Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán subido a una banqueta de maniobra o alfombrilla aislante.

Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie.

La tensión siempre estará en la clavija "hembra", nunca en la "macho", para evitar los contactos eléctricos directos.

Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

- 300 mA. Alimentación a la maquinaria.
- 30 mA. Alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.
- 30 mA. Para las instalaciones eléctricas de alumbrado.

Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma de tierra.

El neutro de la instalación estará puesto a tierra.

La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.

El hilo de toma de tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.

La iluminación mediante portátiles cumplirá la siguiente norma:

- Portalámparas estanco de seguridad con mango aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad, alimentados a 24 V.
- La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m., medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.
- La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada con el fin de disminuir sombras.
- Las zonas de paso de la obra, estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.

No se permitirá las conexiones a tierra a través de conducciones de agua.

No se permitirá el tránsito de carretillas y personas sobre mangueras eléctricas, pueden pelarse y producir accidentes.

No se permitirá el tránsito bajo líneas eléctricas de las compañías con elementos longitudinales transportados a hombro (pértigas, reglas, escaleras de mano y asimilables). La inclinación de la pieza puede llegar a producir el contacto eléctrico.

#### ***5.2.3.16 Instalación de fontanería, aparatos sanitarios, calefacción y aire acondicionado***

El transporte de tramos de tubería a hombro por un solo hombre, se realizará inclinando la carga hacia atrás, de tal forma que el extremo que va por delante supere la altura de un hombre, en evitación de golpes y tropiezos con otros operarios en lugares poco iluminados o iluminados a contra luz.

Se prohíbe el uso de mecheros y sopletes junto a materiales inflamables.

Se prohíbe soldar con plomo, en lugares cerrados, para evitar trabajos en atmósferas tóxicas.

### 5.2.3.17 Instalación de antenas y pararrayos

Bajo condiciones meteorológicas extremas, lluvia, nieve, hielo o fuerte viento, se suspenderán los trabajos.

Se prohíbe expresamente instalar pararrayos y antenas a la vista de nubes de tormenta próximas.

Las antenas y pararrayos se instalarán con ayuda de la plataforma horizontal, apoyada sobre las cuñas en pendiente de encaje en la cubierta, rodeada de barandilla sólida de 90 cm. de altura, formada por pasamanos, barra intermedia y rodapié, dispuesta según detalle de planos.

Las escaleras de mano, pese a que se utilicen de forma "momentánea", se anclarán firmemente al apoyo superior, y estarán dotados de zapatas antideslizantes, y sobrepasarán en 1 m. la altura a salvar.

Las líneas eléctricas próximas al tajo, se dejarán sin servicio durante la duración de los trabajos.

## 5.3 Disposiciones específicas de seguridad y salud durante la ejecución de las obras

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos, el promotor designará un coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, que será un técnico competente integrado en la dirección facultativa.

Cuando no sea necesaria la designación de coordinador, las funciones de éste serán asumidas por la dirección facultativa.

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, cada contratista elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio desarrollado en el proyecto, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

Antes del comienzo de los trabajos, el promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente.

## **6 Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.**

### **6.1 Introducción**

La ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo.

Así son las normas de desarrollo reglamentario las que deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual que los protejan de aquellos riesgos para su salud o su seguridad que no puedan evitarse suficientemente mediante la utilización de medios de protección colectiva o la adopción de medidas de organización en el trabajo.

### **6.2 Obligaciones generales del empresario**

Se hará obligatorio el uso de los equipos de protección individual que a continuación se desarrollan.

#### **6.2.1 Protectores de la cabeza**

- Cascos de seguridad, no metálicos, clase N, aislados para baja tensión, con el fin de proteger a los trabajadores de los posibles choques, impactos y contactos eléctricos.
- Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.
- Gafas de montura universal contra impactos y antipolvo.
- Mascarilla antipolvo con filtros protectores.
- Pantalla de protección para soldadura autógena y eléctrica.

#### **6.2.2 Protectores de manos y brazos**

- Guantes contra las agresiones mecánicas (perforaciones, cortes, vibraciones).
- Guantes de goma finos, para operarios que trabajen con hormigón.
- Guantes dieléctricos para B.T.
- Guantes de soldador.
- Muñequeras.
- Mango aislante de protección en las herramientas.

### 6.2.3 Protectores de pies y piernas

- Calzado provisto de suela y puntera de seguridad contra las agresiones mecánicas.
- Botas dieléctricas para B.T.
- Botas de protección impermeables.
- Polainas de soldador.
- Rodilleras.

### 6.2.4 Protectores del cuerpo

- Crema de protección y pomadas.
- Chalecos, chaquetas y mandiles de cuero para protección de las agresiones mecánicas.
- Traje impermeable de trabajo.
- Cinturón de seguridad, de sujeción y caída, clase A.
- Fajas y cinturones antivibraciones.
- Pértiga de B.T.
- Banqueta aislante clase I para maniobra de B.T.
- Linterna individual de situación.
- Comprobador de tensión.



# ANEXO IV CÁLCULOS

## 1 Introducción

En el siguiente documento se realizan en detalle los cálculos de diversos factores de importancia para el diseño de la central hidroeléctrica. Los cálculos están separados en dos partes, la primera dedicada al cálculo de los elementos mecánicos de la central (Canal de derivación, tubería forzada, pérdidas, caudal, turbina... etc.), mientras que en la segunda se detallan los cálculos correspondientes a la instalación eléctrica de la central hidroeléctrica (Instalaciones de alta y baja tensión)

## 2 Cálculo mecánico

### 2.1 Cálculo del salto neto

La medida del salto total disponible se ha realizado desde la toma del canal de derivación hasta el lecho del río a la altura del aliviadero.

Como resultado se ha obtenido un **salto total disponible de 7.65 m**.

El salto útil se obtiene restando al salto total la altura a la que se encuentra el socaz (**0.50 m**) y el desnivel a lo largo del canal (**0.25 m**).

$$H_{bruto} = H_{total} - H_{socaz} - Desnivel$$

Así se obtiene un **salto bruto ( $H_b$ ) de 6.90 m**.

Conocido el valor del salto bruto, y las pérdidas producidas en el circuito hidráulico, se obtiene el **salto neto ( $H_n$ )**:

$$H_n = H_b - H$$

Como se demuestra a continuación las pérdidas en el circuito hidráulico ( $H$ ) son de 0.4127 m, por lo que el **salto neto ( $H_n$ )** resultante será de **6.50 m**.

### 2.2 Cálculo de pérdidas

#### 2.2.1 Pérdidas en la tubería forzada

A efectos de aprovechar las instalaciones ya existentes, se instalará una tubería forzada de dimensiones similares a la actual, siendo ésta de una longitud de **10 m** y de **0.55 m** de diámetro.

Conocido el diámetro de la tubería forzada (**D = 0.55 m**), y el caudal medio que circula por ella (**Q = 0.7 m<sup>3</sup>/s**), se obtiene la velocidad media (v) a la que discurre el agua por la tubería mediante:

$$Q = \pi R^2 \cdot v$$

Se obtiene una velocidad media (v) igual a **3 m/s**. Conocida esta velocidad se pueden calcular las pérdidas de altura producidas. A efectos de simplificar los cálculos, se considerarán únicamente dos tipos de pérdidas:

- Pérdidas primarias: Las producidas por el rozamiento de la masa de agua con las paredes del conducto.
- Pérdidas secundarias: Derivadas de cambios de dirección y la presencia de accesorios (Llaves de paso, válvulas... etc.), en el circuito hidráulico.

#### 2.2.1.1 Régimen de circulación

Para el cálculo de las pérdidas es necesario conocer el régimen de circulación del agua mediante el *número de Reynolds*. Para poder aplicar esta fórmula, se considerará el agua como un fluido ideal.

$$Re = \rho Dv / \eta$$

Siendo:

Re: Número de Reynolds

$\rho$ : Densidad del fluido

$\eta$ : Viscosidad del fluido

D: Diámetro del conducto

v: Velocidad del fluido

Se obtiene un valor igual a **1,086,956.52 > 4,400** (*Límite inferior del régimen turbulento*), por lo que el régimen de circulación del agua por la tubería será turbulento.

### 2.2.1.2 Pérdidas primarias

Para el cálculo de las pérdidas primarias se obtiene el coeficiente de rugosidad ( $k$ ), de la siguiente tabla:

Tipo de tubería	Rugosidad absoluta, $k$ — (mm)
Vidrio, cobre o latón estirado	< 0,001 (o lisa)
Latón industrial . . . . .	0,025
Acero laminado nuevo . . . . .	0,05
Acero laminado oxidado . . . . .	0,15 a 0,25
Acero laminado con incrustaciones . . . . .	1,5 a 3
Acero asfaltado . . . . .	0,015
Acero soldado nuevo . . . . .	0,03 a 0,1
Acero soldado oxidado . . . . .	0,4

Figura IV 2.1 - Coeficientes de rugosidad para diferentes materiales.

Se escoge el valor para acero laminado oxidado (**0.20**).

Para calcular la pérdida de carga por rozamiento se utiliza la siguiente expresión:

$$H = V^2/2g \cdot L/D \cdot f$$

Donde:

V: Velocidad del fluido.

L: Longitud de la tubería.

D: Diámetro de la tubería.

f: Factor de Colebrook

El factor de Colebrook viene dado por la fórmula:

$$1/f^{1/2} = -2 \log \left( (D/3.7k) + (2.51/Re \cdot f^{1/2}) \right)$$

Donde:

f: Factor de Colebrook

D: Diámetro de la tubería

k: Coeficiente de rugosidad

Re: Número de Reynolds.

Para obtener el valor de  $f$  es necesario aplicar un método iterativo, ya que la ecuación de Colebrook no es lineal. Se ha optado por comenzar con un valor  $f = 0.01$ , y se ha finalizado con un  $f = \mathbf{0.0155}$ .

Conocidos todos los parámetros, se calcula la pérdida de altura producida en la tubería forzada:

$$H = v^2/2g \cdot L/D \cdot f$$

Donde se ha obtenido una pérdida de carga igual a  $\mathbf{0.13 \text{ m}}$ .

### 2.2.1.3 Pérdidas secundarias

En el recorrido de la tubería se producirán pérdidas debido a los siguientes elementos:

- Rejilla fina en la boca de la tubería.
- Acople de tornillería a medio recorrido.
- Válvula de cierre al final de la tubería.

### 2.2.1.3.1 Reja

Se colocará una reja para filtrar elementos en la boca de la tubería forzada a su salida de la cámara de presión, con las siguientes características:

Distancia entre elementos ( $b$ ): 0.11 m

Espesor de elementos ( $t$ ): 0.02 m

Caudal ( $Q$ ): 0.70 m<sup>3</sup>/s

Velocidad ( $v$ ): 3 m/s

Inclinación ( $\alpha$ ): 90°

Coefficiente pérdidas rejillas ( $\beta$ ): 2.42

Se obtienen las pérdidas mediante la siguiente fórmula:

$$H = \beta (t/b)^{4/3} \cdot v^2/2g \cdot \sin \alpha$$

El valor de las pérdidas producidas en la reja es de **0.11 m**.

### 2.2.1.3.2 Acople

Se considera que las pérdidas por el acople son despreciables y por ello no se calculan.

### 2.2.1.3.3 Válvula

La válvula a instalar al final de la tubería forzada será una válvula de mariposa de las siguientes características:

Diámetro ( $D$ ): 0.55 m

Coefficiente de pérdidas ( $k$ ): 0.375

Se obtienen las pérdidas mediante la siguiente fórmula:

$$H = v^2/2g \cdot k$$

El valor de las pérdidas en la válvula es de Cálculo del caudal **0.172 m**.

Se obtienen unas **pérdidas totales** en la tubería forzada de **0.41 m**.

### 2.2.2 Pérdidas en el canal de derivación

El canal de derivación será de sección rectangular, realizado en piedra y recubierto por el interior con mortero hidráulico para minimizar pérdidas. Sus características son las siguientes:

Dimensiones: 0.80x0.60 m

Longitud (L): 53 m

Velocidad (v): 0.8 m/s

Para calcular las pérdidas en el canal, se ha asemejado éste a una tubería con la misma sección, de mortero hidráulico, obteniéndose los siguientes valores:

Diámetro (D): 1 m

Factor de Colebrook (f): 0.0155

$$H = v^2/2g \cdot L/D \cdot f = \mathbf{0.027 \text{ m}}$$

Se obtienen unas **pérdidas totales** en el canal de derivación de **0.027 m**.

### 2.2.3 Pérdidas en la turbina

Las pérdidas en la turbina serán las producidas por el caudal pasante entre los álabes de la turbina y la carcasa de ésta. Este factor de pérdidas está incluido en el rendimiento de la turbina y será proporcionado por el fabricante.

## 2.3 Cálculo del caudal

Se dispone de un caudal turbinable neto de  $0.98 \text{ m}^3/\text{s}$ , aunque este valor está limitado por el dimensionamiento de los elementos existentes actualmente en la instalación, siendo el más crítico de estos la tubería forzada.

Para evitar la degradación de la tubería por vibraciones y arrastre de sedimentos, la velocidad del flujo de agua no puede exceder los  $3 \text{ m/s}$ . Conocido este valor y el diámetro de la tubería, obtenemos el caudal máximo que puede circular por ella:

$$Q = v \cdot A = 0.70 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 2.4 Cálculo de la potencia instalada

Conocidos todos los parámetros anteriores se puede obtener la potencia instalada en la turbina:

$$P = Q \cdot g \cdot H \cdot \rho \cdot \eta$$

Donde:

P: Potencia instalada

Q: Caudal ( $0.7 \text{ m}^3/\text{s}$ )

H: Salto neto ( $6.5 \text{ m}$ )

$\rho$ : Densidad agua ( $1000 \text{ kg/m}^3$ )

$\eta$ : Rendimiento ( $0.85$ )

Se obtiene una **potencia instalada** aproximada de **40 kW**.

Las características de salto, caudal y potencia de la central son las adecuadas para el rango de funcionamiento de una turbina tipo **Michell-Banki**

## 2.5 Cálculo de la turbina

### 2.5.1 Velocidad de rotación

La velocidad de rotación del rodete de la turbina viene dada por la expresión:

$$N_s = 3.65n \cdot Q^{1/2} / H^{3/4} \cdot \eta^{1/2}$$

Donde:

$N_s$ : Velocidad de rotación del rodete (rpm).

$n$ : Velocidad de sincronismo del generador (rpm).

$Q$ : Caudal nominal (m<sup>3</sup>/s).

$H$ : Salto neto de agua (m).

$\eta$ : Rendimiento máximo de la turbina.

Se ha obtenido una velocidad de rotación en el rodete de **1,037 rpm**.

### 2.5.2 Diámetro del rodete

Para dimensionar el diámetro del rodete se utiliza la fórmula de Banki-Sonnek:

$$\eta = 0.863 - 0.264 \cdot D/H$$

Donde:

$\eta$ : Rendimiento máximo de la turbina.

$D$ : Diámetro del rodete (m).

$H$ : Salto neto de agua (m).

Despejando  $D$  de la fórmula se ha obtenido un diámetro de rodete de **0.32 m**.

## 2.6 Tubería forzada

A continuación se detallan las características y el cálculo del espesor mínimo de la tubería forzada, así como su comportamiento frente al golpe de ariete.

### 2.6.1 Espesor de la Tubería

Para calcular el espesor de la tubería se considerará su tramo más crítico, que coincide con la sección inmediatamente anterior a la unión con la turbina, ya que este es el punto de la tubería que se encuentra a menor cota y por tanto, a mayor presión. Esta presión será determinada por:

$$P = \rho \cdot g \cdot H$$

La altura (H) será la correspondiente a la diferencia de cotas entre la cámara de presión y la del punto considerado de la tubería, más un coeficiente de seguridad del 10%, lo que da una altura (H) de **8.2 m**, lo que se corresponde con una presión (P) de **80,360 Pa**.

La tubería forzada partirá inicialmente con un sobreespesor ( $e_s$ ) de 1 mm para compensar la corrosión del tubo.

Seguidamente se calcula el espesor:

$$e = (P \cdot D / 2\sigma) + e_s$$

Donde:

e: Espesor de la tubería (mm)

P: Presión (80,360 Pa)

D: Diámetro de la tubería (0.55m)

$\sigma$ : Resistencia a la tracción (Acero:  $1.372 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup>)

$e_s$ : Sobreespesor (1 mm)

El **espesor** resultante para la tubería forzada es de **2.6 mm**.

## 2.7 Golpe de ariete

Para el cálculo del golpe de ariete se tomará como condiciones iniciales un cierre brusco de la válvula de corte, en un tiempo de 10 segundos, que es el estándar para el cierre de una válvula de estas dimensiones.

A partir de estas condiciones iniciales, se calcularán la velocidad de propagación de la onda de presión por el fluido:

$$c = [(K \times 10^{-3}) / (1 + (K \cdot D) / (E \cdot e))]^{1/2}$$

Donde:

c: Velocidad de propagación de la onda (m/s)

K: Módulo de elasticidad del fluido (Agua:  $2.1 \times 10^9$  N/m<sup>2</sup>)

D: Diámetro tubería (0.55 m)

E: Módulo de elasticidad (Acero:  $206 \times 10^9$  N/m<sup>2</sup>)

e: Espesor tubería forzada (2.6 mm)

Se obtiene una velocidad de propagación de la onda de presión (c) de **815.66 m/s**.

Conocida la velocidad de propagación se puede obtener el tiempo crítico (t) que tarda la onda en volver al punto de partida (válvula):

$$t = 2L / c$$

Se obtiene un **tiempo crítico** igual a **0.024 s**, que dado que es menor de 2 segundos, se puede despreciar, y con ello la sobrepresión debida al golpe de ariete en esta instalación.

En caso contrario, sería necesaria la construcción de torres de equilibrio en el recorrido de la tubería para compensar dicha sobrepresión generada por el golpe de ariete.

## 2.8 Cálculo de acoples

Existen dos acoples, uno a mitad de la tubería forzada y un segundo a la entrada del distribuidor de la turbina. A continuación se calcula la fuerza ejercida sobre cada uno de ellos.

### 2.8.1 Acople de tubería

Se utilizará una brida de pernos para acoplar un tramo de tubería al siguiente. El acople soporta una columna de agua de 2.4 m, y su sección es de 0.24 m<sup>2</sup> por lo que la presión de columna de agua ejercida sobre la brida será **576 kgf/m<sup>2</sup>**.

### 2.8.2 Acople distribuidor

Se utilizará una brida de pernos para acoplar un tramo de tubería al distribuidor. El acople soporta una columna de agua de 3.4 m, y su sección es de 0.24 m<sup>2</sup> por lo que la presión de columna de agua ejercida sobre la brida será **816 kgf/m<sup>2</sup>**.

Al ser este valor el más restrictivo, ambas abrazaderas se dimensionarán para soportar esta presión.

## 2.9 Cálculo de la cámara de carga

Dimensiones de la cámara de carga:

Ancho: 2 m

Alto: 1.4 m

Largo: 12 m

El volumen de almacenamiento de la cámara de carga es por tanto de **33.6 m<sup>3</sup>**.

Con este volumen se puede calcular un tiempo de autonomía de funcionamiento (t) de la siguiente manera:

$$t = V / Q = 33.6 / 0.7 = \mathbf{48 \text{ s}}$$

Este tiempo de autonomía es a todas luces insuficiente, siendo preferible entre un 20 y un 25% de poder de regulación del caudal, lo que equivale a unos 15 minutos y un volumen de almacenaje de 630 m<sup>3</sup>.

Sin embargo, debido a la escasez de espacio disponible debido a la orografía del terreno y al sobrecoste que supondría su ejecución, no se contempla la ampliación de la cámara.

## 3 Cálculo eléctrico

### 3.1 Cálculo del generador

#### 3.1.1 Velocidad de sincronismo

Se instalará un generador asíncrono con rotor de jaula de ardilla de 50 kVA. La velocidad de sincronismo del generador viene dada por:

$$n = 60 \cdot f / p$$

Donde:

n: Velocidad de sincronismo (rpm).

f: Frecuencia de la red eléctrica (Hz).

p: Pares de polos.

Una de las ventajas de utilizar un rotor de jaula de ardilla es que el número de polos del estator se adapta automáticamente. En este caso utilizaremos en el cálculo el equivalente a un motor de 3 pares de polos para adaptar la velocidad de sincronismo a la velocidad de rotación del rodete de la turbina.

Así se obtiene una velocidad de sincronismo del generador de **1,000 rpm**, a partir de la cual el motor asíncrono pasa a trabajar como generador a voltaje constante.

#### 3.1.2 Potencia

La potencia activa del generador será de 40 kW. Para el cálculo se utilizará un  $\cos(\varphi)$  estándar para los motores asíncronos de 0.8. La potencia aparente (S) se halla de la siguiente manera:

$$S = P / \cos(\varphi)$$

Se obtiene que la potencia aparente del generador es de 50 kVA.

El voltaje de salida de generador será de **400 V** en corriente trifásica y 230 V en monofásica, frecuencia de **50 Hz** y potencia aparente de **50 kVA**, con un  **$\cos(\varphi) = 0.8$** .

## 3.2 Cálculo de la intensidad y dimensionado de conductores

Los siguientes cálculos se han realizado siguiendo el *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC)*, que aparece en el *Real Decreto 842/2002 del 2 de Agosto*.

Para el dimensionado los conductores a la salida del generador mediante su intensidad máxima admisible, ya que la caída de voltaje es mínima debida a la escasa longitud (10m m) de la línea hasta su conexión a la red.

### 3.2.1 Intensidad

La intensidad de corriente a la salida del generador se ha calculado mediante la fórmula:

$$I = P / (\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \phi)$$

Donde:

I: Intensidad de corriente (A)

P: Potencia (40,000 W)

U: Tensión de salida (400 V)

La intensidad de corriente a la salida del generador obtenida es de **72.17 A**.

#### 3.2.1.1 Intensidad para generadores asíncronos

Según el *REBT*, los conductores de conexión a la red de distribución deberán estar dimensionados para una intensidad igual al 125% de la intensidad máxima a la salida del generador. En este caso dicha intensidad es de **90.21 A**.

### 3.2.2 Determinación de la sección del conductor

Conocido el nuevo valor de intensidad se busca una sección de conductor compatible en la siguiente tabla:

Tabla IV 3.1 - Secciones nominales según tipo de cable y aislamiento (REBT)

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Tres cables unipolares (1)			1 cable trifásico		
						
	TIPO DE AISLAMIENTO					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	46	45	38	44	43	36
10	64	62	53	61	60	50
16	86	83	71	82	80	65
25	120	115	96	110	105	87
35	145	140	115	135	130	105
50	180	175	145	165	160	130
70	230	225	185	210	220	165
95	285	280	235	260	250	205
120	335	325	275	300	290	240
150	385	375	315	350	335	275
185	450	440	365	400	385	315
240	535	515	435	475	460	370
300	615	595	500	545	520	425
400	720	700	585	645	610	495
500	825	800	665	—	—	—
630	950	915	765	—	—	—

Se ha obtenido un conductor de **cobre** con aislamiento de **PVC** de **25 mm<sup>2</sup>**.

Los conductores normalizados compatibles son los de la familia de cable RZ1-K (AS), según la norma UNE 21123-4.

### 3.2.2.1 Intensidad de cortocircuito

La sección del conductor vendrá marcada por última instancia por su capacidad de resistir corrientes de cortocircuito en caso de fallo a tierra o derivación. Según el *REBT*, para instalaciones de generadores asíncronos, el tiempo de disparo de las protecciones debe ser igual o menor a 1 segundo por lo que se ha calculado la corriente de cortocircuito para un tiempo de cortocircuito ( $t_{cc}$ ) entre 0.1 y 1 segundos.

Así, la intensidad de cortocircuito en nuestro caso viene dada por la fórmula:

$$I_{cc} = (S \cdot K_{cc}) / t_{cc}^{1/2}$$

Donde:

$I_{cc}$ : Intensidad de cortocircuito (A)

S: Sección del conductor (mm<sup>2</sup>)

$K_{cc}$ : Constante de cortocircuito (Para cobre aislado con PVC es igual a 115)

$t_{cc}$ : Tiempo de cortocircuito (s)

Para  $t_{cc} = 1$  se ha obtenido una corriente de cortocircuito de **2,875 A**.

Para poder verificar que se cumplen las exigencias del *REBT* se debe hallar la densidad de corriente (A/mm<sup>2</sup>), dividiendo la intensidad de cortocircuito entre la sección del conductor, debiendo estar el resultado por debajo de los valores de la siguiente tabla.

Tabla IV 3.2 - Duración admisible de cortocircuito según el aislamiento y la sección (*REBT*)

Tipo de aislamiento	Duración del cortocircuito, en segundos								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
XLPE y EPR	449	318	259	201	142	116	100	90	82
PVC									
Sección ≤ 300 mm <sup>2</sup>	364	257	210	163	115	94	81	73	66
Sección > 300 mm <sup>2</sup>	322	228	186	144	102	83	72	64	59

Se han obtenido los siguientes valores para una sección de conductor de 25 mm<sup>2</sup>:

Tabla IV 3.3 - Tiempos de cortocircuito calculados.

$t_{cc}$ (s)	0,1	0,2	0,3	0,5	1
$I_{cc}$ (A)	9092	6429	5249	4066	2875
Densidad (A/mm <sup>2</sup> )	363	257	210	162	115

Por lo que la sección del conductor elegida previamente cumple en caso de cortocircuito.

### 3.2.3 Dimensionado del conductor neutro

Según el REBT:

“Dependiendo del número de conductores con que se haga la distribución, la sección mínima del conductor neutro será:

- Con dos o tres conductores: Igual a la de los conductores de fase.
- Con cuatro conductores, la sección del neutro será como mínimo la de la tabla”

Tabla IV 3.4 - Secciones del conductor neutro según la sección de los conductores de fase (REBT)

Conductores fase (mm <sup>2</sup> )	Sección neutro (mm <sup>2</sup> )
6 (Cu)	6
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

En este caso, al tratarse de una configuración de 3 conductores activos más neutro, estamos en el caso b), por lo tanto la dimensión del neutro será de **16 mm<sup>2</sup>**.

### 3.3 Cálculo de la batería de condensadores

Debido a que el REBT exige factor de potencia ( $\cos \varphi$ ) igual o superior a 0.86, y el del generador es de 0.8, se deberá instalar una batería de condensadores para compensar la energía reactiva generada y aumentar dicho factor hasta 0.86.

#### 3.3.1 Potencia reactiva a compensar

Conocida la potencia activa (P) deseada, y para conseguir un aumento del factor de potencia a 0.86 se han obtenido los siguientes resultados:

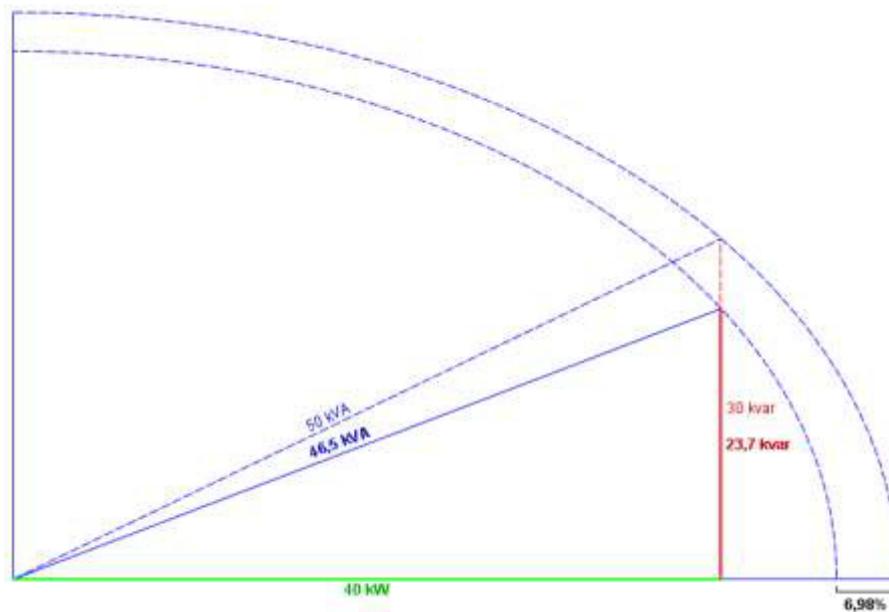


Figura IV 3.1 - Diagrama de compensación de potencia reactiva.

Tabla IV 3.5 - Valores obtenidos de compensación del factor de potencia.

$\cos \varphi$	0,80	0,86
$P$ (kW)	40	40,00
$S$ (kVA)	50	46,51
$R$ (kVAr)	30	23,73

Con lo que se debe compensar la potencia reactiva (S) con 6.27 kVAr, lo supone un 6.98% de reducción de la potencia aparente (S).

Se instalarán **5** condensadores con capacidad de compensación de **1.5 kVAr** cada uno.

### 3.4 Conexión a red

La conexión a red se realizará en la red de distribución propiedad de UNION FENOSA. La normativa exige que:

*“Las Instalaciones Generadoras de potencia superior a 5 kW e inferior o igual a 100 kVA (80 kW), se conectarán obligatoriamente en 230/400 V (conexión trifásica baja tensión) de corriente alterna, conectándose directamente o a través de uno o varios convertidores electrónicos monofásicos o trifásicos.”*

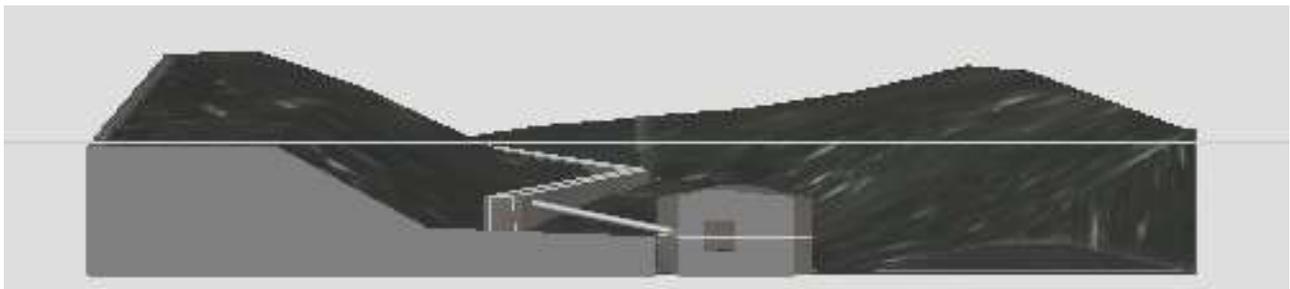
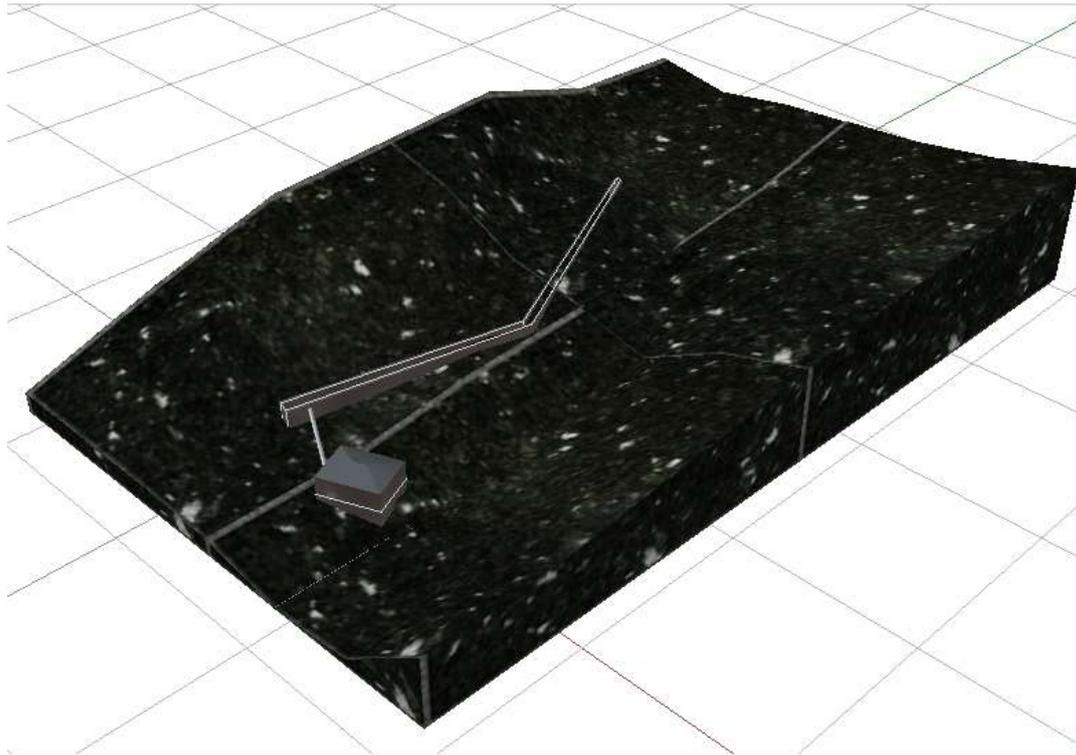
La potencia de salida del generador será de 50 kVA (40 kW), por lo que la tensión de salida será de 230/400 V en trifásico.

Dado que el voltaje de salida del generador es el mismo que el de la red de distribución no hará falta transformador. En el caso de instalar un generador diferente se deberá verificar la tensión de salida de éste, y en caso de que no sea compatible con la tensión de red instalar un transformador.

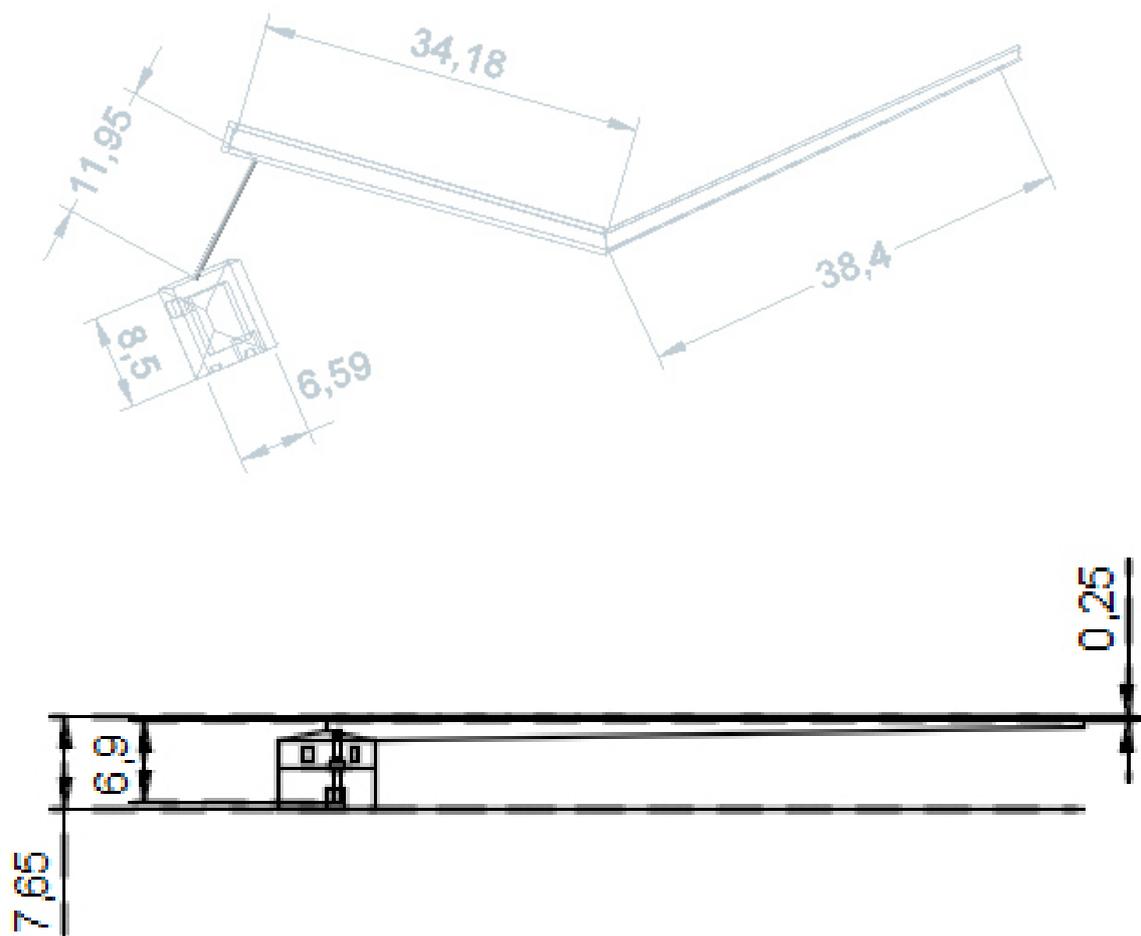
# PLANOS



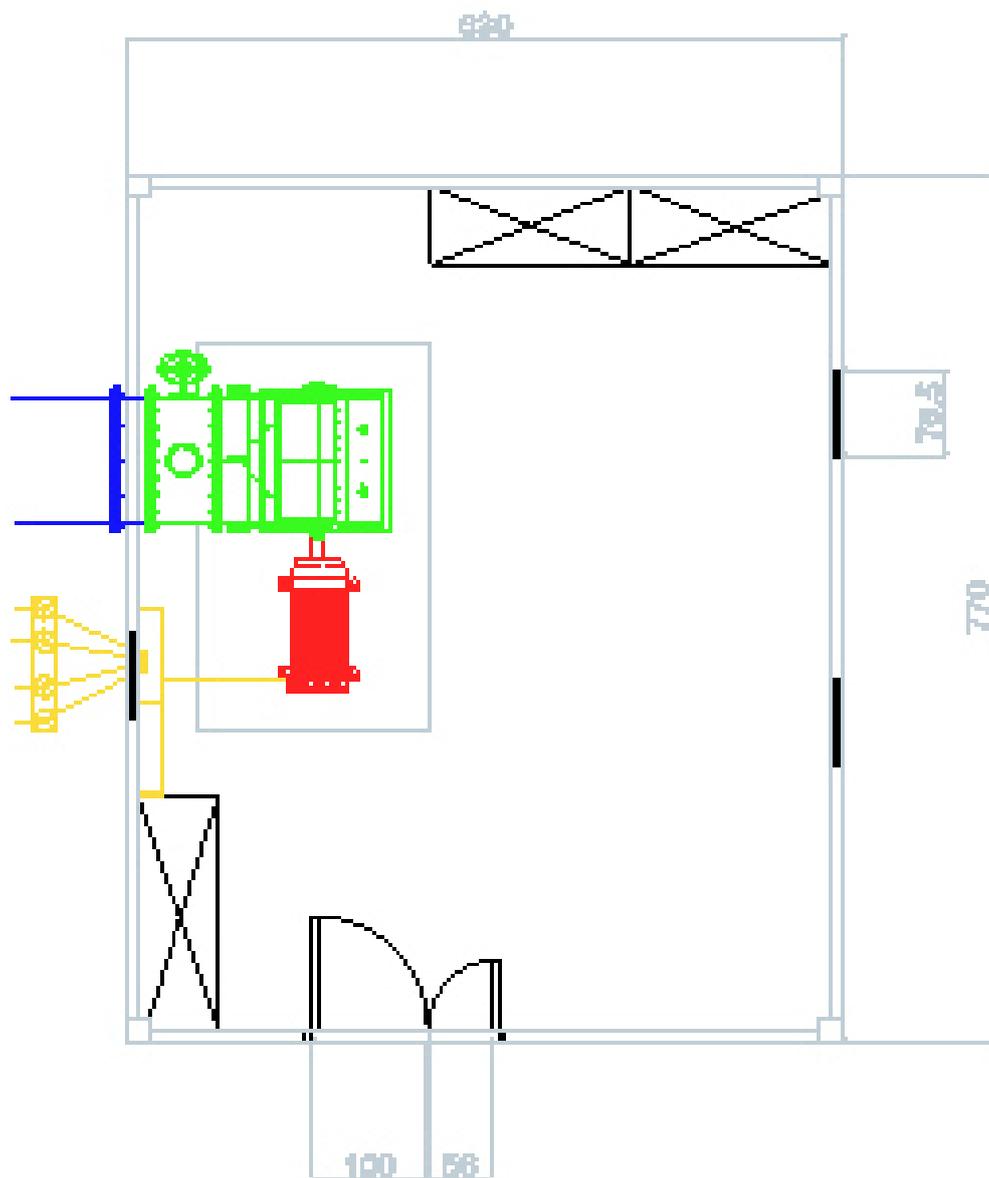
		<b>UNIVERSIDAD DE LEÓN</b> <b>ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS</b>			
<b>GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA</b>					
PROYECTO DE					
PLANO DE	SITUACIÓN GENERAL Y TOPOGRÁFICO				
ESCALA					PLANO Nº
FECHA	08/06/2018	Fdo.: <b>CÉSAR REDONDO DIEZ</b>			<b>1</b>



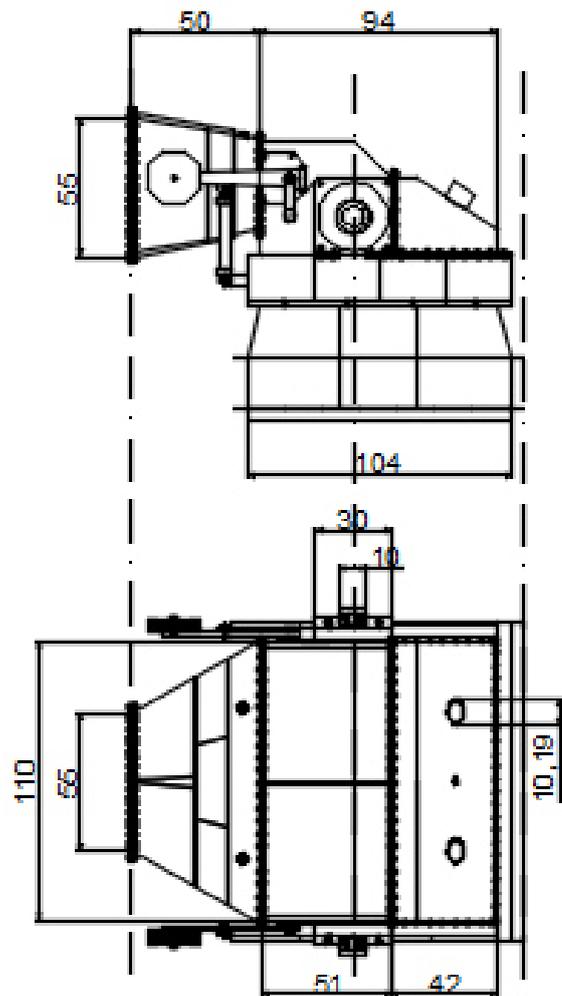
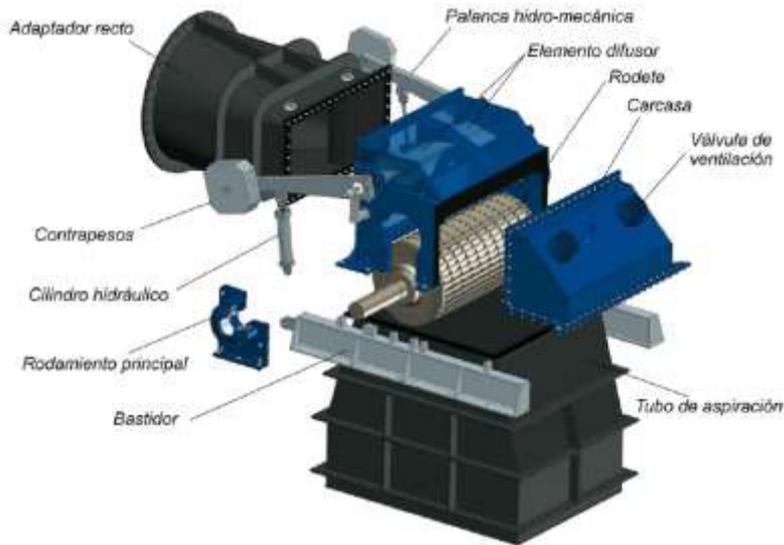
	<b>UNIVERSIDAD DE LEÓN</b> <b>ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS</b>		
<b>GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA</b>			
<b>PROYECTO DE</b>			
<b>PLANO DE</b>	<b>PLANTA Y CORTE GENERAL</b>		
<b>ESCALA</b>			<b>PLANO Nº</b>
<b>FECHA</b>	<b>08/06/2016</b>	<b>Fdo.: CÉSAR REDONDO DIEZ</b>	<b>2</b>



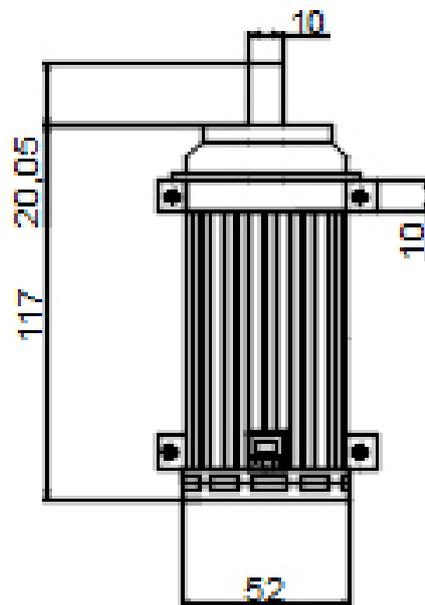
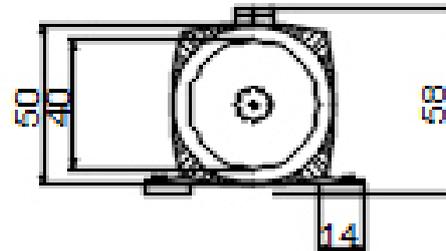
	<b>UNIVERSIDAD DE LEÓN</b>		
<b>ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS</b>			
<b>GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA</b>			
PROYECTO DE			
PLANO DE	PERFIL Y PLANTA CASA DE MÁQUINAS Y CANAL		
ESCALA			PLANO Nº
FECHA	08/08/2016	Fdo.: <b>CÉSAR REDONDO DIEZ</b>	<b>3</b>



 <b>UNIVERSIDAD DE LEÓN</b> 	
<b>ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS</b>	
<b>GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA</b>	
PROYECTO DE	
PLANO DE	<b>PLANTA CASA DE MÁQUINAS</b>
ESCALA	PLANO N°
FECHA	<b>4</b>
08/06/2016	Fdo.: <b>CÉSAR REDONDO DIEZ</b>

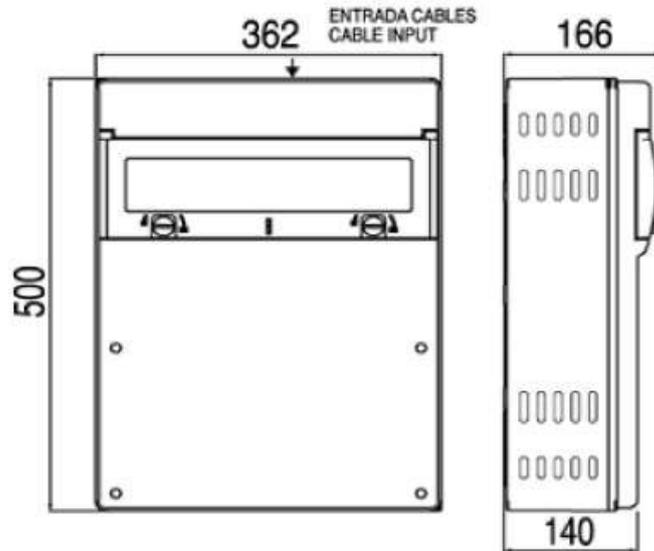


	<b>UNIVERSIDAD DE LEÓN</b>		
<b>ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS</b>			
<b>GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA</b>			
PROYECTO DE			
PLANO DE	TURBINA Y ACCESORIOS		
ESCALA			PLANO Nº
FECHA	08/06/2016	Fdo.: CÉSAR REDONDO DIEZ	<b>5</b>

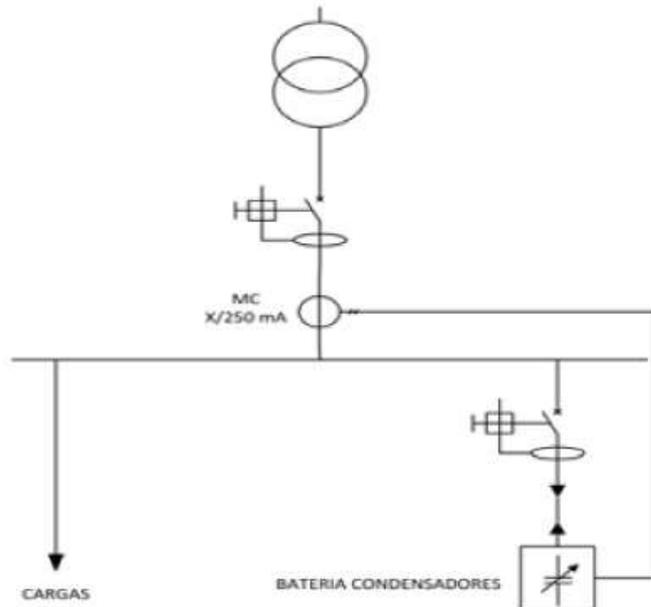


		<b>UNIVERSIDAD DE LEÓN</b> <b>ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS</b>			
<b>GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA</b>					
PROYECTO DE					
PLANO DE		GENERADOR ASÍNCRONO			
ESCALA					PLANO Nº
FECHA		08/08/2018	Fdo.: <b>CÉSAR REDONDO DIEZ</b>		<b>6</b>

Dimensiones



Instalación



		<b>UNIVERSIDAD DE LEÓN</b> <b>ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS</b>			
GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA					
PROYECTO DE					
PLANO DE	BATERÍA DE CONDENSADORES				
ESCALA					PLANO N°
FECHA	08/08/2016	Fdo.: CÉSAR REDONDO DIEZ			<b>7</b>

# PLIEGO DE CONDICIONES

## 1 Condiciones Generales

### 1.1 Ámbito de Aplicación

Este Pliego de Condiciones determina los requisitos a los que se debe ajustar la ejecución de las instalaciones para la ejecución del proyecto según las características que se han descrito anteriormente.

### 1.2 Disposiciones generales

El Contratista está obligado al cumplimiento de la *Reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad* y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la *Norma UNE 24042 "Contratación de Obras. Condiciones Generales"*, siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

El encargado de realizar el proyecto deberá estar clasificado, según *Orden del Ministerio de Hacienda*, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares, en caso de que proceda.

#### 1.2.1 Condiciones facultativas legales

Las obras del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de Condiciones, se registrarán por lo especificado en:

- Reglamentación General de Contratación según el Decreto 3410175 del 25 de noviembre.
- Artículo 1588 y siguientes del Código Civil en los casos que su aplicación fuera necesaria al contrato.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, aprobada por Orden del 9/3/1971 del Ministerio del Trabajo. Si no se oponen a la Ordenanza General anteriormente mencionada, las siguientes disposiciones:
- Orden del 20 de mayo de 1952, aprobado el Reglamento de Higiene del Trabajo en la construcción y obras públicas y Órdenes complementarias del 19 de diciembre de 1953 y 23 de septiembre de 1966.
- Orden del 2 de febrero de 1961 sobre prohibiciones de carga manual que excedan los ochenta kilos.

Cuantos preceptos sobre higiene y seguridad en el trabajo contengan las Ordenanzas Laborales, Reglamentos de Trabajo, Convenios colectivos y Reglamentos del Régimen interior en vigor:

- Norma UNE EN 50525 Cables eléctricos de baja tensión.
- Norma UNE 21144:2012 Cables eléctricos. Cálculo de la intensidad admisible.
- Norma UNE 211003-1:2001 Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada de 1 kV ( $U_m = 1,2$  kV) a 3 kV ( $U_m = 3,6$  kV).
- Norma UNE 211003-2:2001 Límites de temperatura de cortocircuito en cables eléctricos de tensión asignada de 6 kV ( $U_m = 7,2$  kV) a 30 kV ( $U_m = 36$  kV).
- Norma UNE 211024:2015 Accesorios de conexión. Elementos de conexión para redes subterráneas de distribución de baja y media tensión hasta 18/30 (36) kV.
- Norma UNE EN 12464-1:2012 Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores.
- Norma UNE EN 12464-2:2008 Iluminación. Iluminación de lugares de trabajo. Parte 2: Lugares de trabajo exteriores.
- Norma UNE 20062:1993 Aparatos autónomos para alumbrado de emergencia con lámparas de incandescencia.
- Norma UNE EN 10255 Tubos de acero no aleados adecuados para la soldadura y el roscado, condiciones técnicas de suministro.
- Norma UNE EN 545 Tubos y accesorios de fundición dúctil y sus uniones para canalizaciones de agua.
- Norma ISO 2531 Tubos y piezas de fundición dúctil para canalizaciones a presión.
- Norma UNE 83800:1994 Morteros de Albañilería. Definiciones y Especificaciones.
- Norma UNE 20572:1997 Efectos de la corriente sobre el hombre y los animales domésticos.
- Norma UNE-ISO 2631:2008 Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero.
- Norma UNE-ISO 1996:2009 Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 485/1997 de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 1215/1997 de 18 de julio de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo de 1997, sobre Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

### 1.2.2 Seguridad en el trabajo

El Contratista está obligado a cumplir las condiciones que se indican en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales y cuantas en esta materia fueran de pertinente aplicación.

Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceiteras, útiles limpiadores, etc., que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, guantes, etc., pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la Contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

### 1.2.3 Seguridad pública

El Contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y cosas de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc., que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

### 1.2.4 Expediente de Contratación

Según lo especificado en la Ley 13/95 del 18 de mayo:

Se inicia de oficio por el órgano de contratación y debe incluir como mínimo:

- Justificación de necesidad del gasto.
- Presupuesto o Proyecto aprobado técnicamente previo informe de
- Oficina de supervisión (preceptivo si el presupuesto es mayor de 300.000 euros).
- Acta de replanteo en obras y certificado de disponibilidad de los terrenos.
- Pliego de cláusulas administrativas particulares cuando sea necesario y así lo informen los Servicios Jurídicos.
- Retención de Crédito.

Procediéndose tras ello a la licitación, que se puede hacer mediante tres tipos de procedimiento:

- Abierto: el empresario interesado podrá presentar oferta.
- Restringido: sólo los seleccionados pueden, si antes han pedido poder participar.
- Negociado: después de consultar y negociar con uno o más empresarios.

La adjudicación puede ser mediante subasta o concurso. La primera opción se basa en escoger la oferta más barata y que sea inferior al presupuesto. La adjudicación por concurso consiste en tomar la oferta más ventajosa en conjunto.

Los contratos catalogados como menores (obras hasta 30000 euros y asistencias técnicas y suministros hasta 12000 euros) requieren:

- Presupuesto, que se define como el importe en el que el servicio valora su prestación. Para obras se añadirá a la ejecución material el 23% de contrata y el IVA. Para las asistencias técnicas será el 19%, mientras que en el caso de suministros se añade únicamente el IVA al importe de los bienes adquiridos.
- Aprobación del gasto.
- Factura.

En estos proyectos es conveniente reunir un número mínimo de ofertas, que se puede establecer en tres. La documentación a incluir conjuntamente con la propuesta económica es:

- Acreditación jurídica y su representación en caso de ser necesario. Se considera
- Acreditación jurídica a la escritura de constitución de la sociedad o al
- DNI de las personas físicas.
- Pliego de condiciones generales y económicas 10
- Declaración de no incursión para contratar.
- Acreditación del cumplimiento de normas medioambientales aplicables.
- Resguardo de garantía provisional.
- Acreditación de estar al corriente de obligaciones tributarias, entre ellas figuran:
- Impuesto de Actividades Económicas, IRPF, declaración del IVA e IGTE, así como presentación de ingresos y pagos.

### 1.3 Organización del trabajo

El Contratista ordenará los trabajos en la forma más eficaz para la perfecta ejecución de los mismos y las obras se realizarán siempre siguiendo las indicaciones del Director de Obra, al amparo de las condiciones siguientes:

#### 1.3.1 Datos de la obra

Se entregará al Contratista una copia de los planos y pliegos de condiciones del Proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para la completa ejecución de la Obra.

El Contratista podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la Memoria, Presupuesto y Anexos del Proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

El Contratista se hace responsable de la buena conservación de los originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al Director de Obra después de su utilización.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses, después de la terminación de los trabajos, el Contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al Director de Obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el Contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el Proyecto, salvo aprobación previa por escrito del Director de Obra.

#### 1.3.2 Replanteo de la obra

El Director de Obra, una vez que el Contratista esté en posesión del Proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de las mismas, con especial atención en los puntos singulares, entregando al Contratista las referencias y datos necesarios para fijar completamente la ubicación de los mismos.

Se levantará por duplicado Acta, en la que constarán, claramente, los datos entregados, firmado por el Director de Obra y por el representante del Contratista.

Los gastos de replanteo serán de cuenta del Contratista.

### 1.3.3 Condiciones generales

El Contratista deberá suministrar todos los equipos y materiales indicados en los Planos, de acuerdo al número, características, tipos y dimensiones definidos en las Mediciones y, eventualmente, en los cuadros de características de los Planos.

En caso de discrepancias de cantidades entre Planos y Mediciones, prevalecerá lo que esté indicado en los Planos. En caso de discrepancias de calidades, este Documento tendrá preferencia sobre cualquier otro.

En caso de dudas sobre la interpretación técnica de cualquier documento del Proyecto, la DO hará prevalecer su criterio.

Materiales complementarios de la instalación, usualmente omitidos en Planos y Mediciones, pero necesarios para el correcto funcionamiento de la misma, como oxígeno, acetileno, electrodos, minio, pinturas, patillas, estribos, manguitos pasamuros, estopa, cáñamo, lubricantes, bridas, tornillos, tuercas, amianto, toda clase de soportes, etc, deberán considerarse incluidos en los trabajos a realizar.

Todos los materiales y equipos suministrados por el Contratista deberán ser nuevos y de la calidad exigida por este PCT, salvo cuando en otra parte del Proyecto, p.e. el Pliego de Condiciones Particulares, se especifique la utilización de material usado.

La oferta incluirá el transporte de los materiales a pie de obra, así como la mano de obra para el montaje de materiales y equipos y para las pruebas de recepción, equipada con las debidas herramientas, utensilios e instrumentos de medida.

El Contratista suministrará también los servicios de un Técnico competente que estará a cargo de la instalación y será el responsable ante la Dirección Facultativa o Dirección de Obra, o la persona delegada, de la actuación de los técnicos y operarios que llevarán a cabo la labor de instalar, conectar, ajustar, arrancar y probar cada equipo, sub-sistema y el sistema en su totalidad hasta la recepción.

La DO se reserva el derecho de pedir al Contratista, en cualquier momento, la sustitución del Técnico responsable, sin alegar justificaciones.

El Técnico presenciara todas las reuniones que la DO programe en el transcurso de la obra y tendrá suficiente autoridad como para tomar decisiones en nombre del Contratista.

En cualquier caso, los trabajos objeto del presente Proyecto alcanzarán el objetivo de realizar una instalación completamente terminada, probada y lista para funcionar.

### 1.3.4 Planificación y coordinación

A los quince días de la adjudicación de la obra y en primera aproximación, el Contratista deberá presentar los plazos de ejecución de al menos las siguientes partidas principales de la obra:

- Planos definitivos, acopio de materiales y replanteo.
- Pontaje y pruebas parciales de las redes de agua.
- Montaje de salas de máquinas.
- Montaje cuadros eléctricos y equipos de control.
- Ajustes, puestas en marcha y pruebas finales.

Sucesivamente y antes del comienzo de la obra, el Contratista adjudicatario, previo estudio detallado de los plazos de entrega de equipos, aparatos y materiales, colaborará con la DO para asignar fechas exactas a las distintas fases de la obra.

La coordinación con otros contratistas correrá a cargo de la DO, o persona o entidad delegada por la misma.

### 1.3.5 Acopio de materiales

De acuerdo con el plan de obra, el Contratista irá almacenando en lugar preestablecido todos los materiales necesarios para ejecutar la obra, de forma escalonada según necesidades.

Los materiales quedarán protegidos contra golpes, malos tratos y elementos climatológicos, en la medida que su constitución o valor económico lo exijan.

El Contratista quedará responsable de la vigilancia de sus materiales durante el almacenaje y el montaje, hasta la recepción provisional. La vigilancia incluye también las horas nocturnas y los días festivos, si en el Contrato no se estipula lo contrario.

La DO tendrá libre acceso a todos los puntos de trabajo y a los lugares de almacenamiento de los materiales para su reconocimiento previo, pudiendo ser aceptados o rechazados según su calidad y estado, siempre que la calidad no cumpla con los requisitos marcados por este PCT y/o el estado muestre claros signos de deterioro.

Cuando algún equipo, aparato o material ofrezca dudas respecto a su origen, calidad, estado y aptitud para la función, la DO tendrá el derecho de recoger muestras y enviarlas a un laboratorio oficial, para realizar los ensayos pertinentes con gastos a cargo del Contratista. Si el certificado obtenido es negativo, todo el material no idóneo será rechazado y sustituido, a expensas del Contratista, por material de la calidad exigida.

Igualmente, la DO podrá ordenar la apertura de calas cuando sospeche la existencia de vicios ocultos en la instalación, siendo por cuenta del Contratista todos los gastos ocasionados.

### **1.3.6 Inspección y medidas previas al montaje**

Antes de comenzar los trabajos de montaje, el Contratista deberá efectuar el replanteo de todos y cada uno de los elementos de la instalación, equipos, aparatos y conducciones.

En caso de discrepancias entre las medidas realizadas en obra y las que aparecen en Planos, que impidan la correcta realización de los trabajos de acuerdo a la Normativa vigente y a las buenas reglas del arte, el Contratista deberá notificar las anomalías a la DO para las oportunas rectificaciones.

### **1.3.7 Planos, catálogos y muestras**

Los Planos de Proyecto en ningún caso deben considerarse de carácter ejecutivo, sino solamente indicativo de la disposición general del sistema mecánico y del alcance del trabajo incluido en el Contrato.

Para la exacta situación de aparatos, equipos y conducciones el Contratista deberá examinar atentamente los planos y detalles de los Proyectos arquitectónico y estructural.

El Contratista deberá someter a la DO, para su aprobación, dibujos detallados, a escala no inferior a 1:20, de equipos, aparatos, etc, que indiquen claramente dimensiones, espacios libres, situación de conexiones, peso y cuanta otra información sea necesaria para su correcta evaluación.

Los planos de detalle pueden ser sustituidos por folletos o catálogos del fabricante del aparato, siempre que la información sea suficientemente clara.

Ningún equipo o aparato podrá ser entregado en obra sin obtener la aprobación por escrito de la DO.

En algunos casos y a petición de la DO, el Contratista deberá entregar una muestra del material que pretende instalar antes de obtener la correspondiente aprobación.

El Contratista deberá someter los planos de detalle, catálogos y muestras a la aprobación de la DO con suficiente antelación para que no se interrumpa el avance de los trabajos de la propia instalación o de los otros contratistas.

La aprobación por parte de la DO de planos, catálogos y muestras no exime al Contratista de su responsabilidad en cuanto al correcto funcionamiento de la instalación se refiere.

### **1.3.8 Variaciones del proyecto y cambio de materiales**

El Contratista podrá proponer, al momento de presentar la oferta, cualquier variante sobre el presente Proyecto que afecte al sistema y/o a los materiales especificados, debidamente justificada.

La aprobación de tales variantes queda a criterio de la DO, que las aprobará solamente si redundan en un beneficio económico de inversión y/o explotación para la Propiedad, sin merma para la calidad de la instalación.

La DO evaluará, para la aprobación de las variantes, todos los gastos adicionales producidos por ellas, debidos a la consideración de la totalidad o parte de los Proyectos arquitectónico, estructural, mecánico y eléctrico y, eventualmente, a la necesidad de mayores cantidades de materiales requeridos por cualquiera de las otras instalaciones.

Variaciones sobre el proyecto pedidas, por cualquier causa, por la DO durante el curso del montaje, que impliquen cambios de cantidades o calidades e, incluso, el desmontaje de una parte de la obra realizada, deberán ser efectuadas por el Contratista después de haber pasado una oferta adicional, que estará basada sobre los precios unitarios de la oferta y, en su caso, nuevos precios a negociar.

### **1.3.9 Cooperación con otros contratistas**

El Contratista deberá cooperar plenamente con otras empresas, bajo la supervisión de la DO, entregando toda la documentación necesaria a fin de que los trabajos transcurran sin interferencias ni retrasos.

Si el Contratista pone en obra cualquier material o equipo antes de coordinar con otros oficios, en caso de surgir conflictos deberá corregir su trabajo, sin cargo alguno para la Propiedad.

### 1.3.10 Protección

El Contratista deberá proteger todos los materiales y equipos de desperfectos y daños durante el almacenamiento en la obra y una vez instalados.

Las aperturas de conexión de todos los aparatos y máquinas deberán estar convenientemente protegidos durante el transporte, el almacenamiento y montaje, hasta tanto no se proceda a su unión. Las protecciones deberán tener forma y resistencia adecuada para evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedades dentro del aparato, así como los daños mecánicos que puedan sufrir las superficies de acoplamiento de bridas, roscas, manguitos, etc.

Igualmente, si es de temer la oxidación de las superficies mencionadas, éstas deberán recubrirse con pintura anti-oxidante, que deberá ser eliminada al momento del acoplamiento.

Especial cuidado se tendrá hacia materiales frágiles y delicados, como materiales aislante, equipos de control, medida, etc, que deberán quedar especialmente protegidos.

El Contratista será responsable de sus materiales y equipos hasta la Recepción Provisional de la obra.

### 1.3.11 Limpieza de la obra

Durante el curso del montaje de sus instalaciones, el Contratista deberá evacuar de la obra todos los materiales sobrantes de trabajos efectuados con anterioridad, en particular de retales de tuberías, conductos y material eléctrico, embalajes, etc.

Asimismo, al final de la obra, deberá limpiar perfectamente de cualquier suciedad todas las unidades terminales, instrumentos de medida y control y cuadros eléctricos, dejándolos en perfecto estado.

### 1.3.12 Andamios y aparejos

El Contratista deberá suministrar la mano de obra y aparatos, como andamios y aparejos, necesarios para el movimiento horizontal y vertical de los materiales ligeros en la obra desde el lugar de almacenamiento al de emplazamiento.

El movimiento del material pesado y/o voluminoso, como transformadores, turbinas, tuberías etc, desde el camión hasta el lugar de emplazamiento definitivo, se realizará con los medios de la empresa constructora, bajo la supervisión y responsabilidad del Contratista, salvo cuando en otro Documento se indique que esta tarea está a cargo del mismo Contratista.

### 1.3.13 Obras de albañilería

La realización de todas las obras de albañilería necesarias para la instalación de materiales y equipos estará a cargo de la empresa constructora, salvo cuando en otro Documento se indique que esta tarea está a cargo del mismo Contratista.

Tales obras incluyen aperturas y cierres de rozas y pasos de muros, recibido a fábricas de soportes, cajas, rejillas, etc, perforación y cierres de elementos estructurales horizontales y verticales, ejecución y cierres de zanjas, ejecución de galerías, bancadas, forjados flotantes, pinturas, etc.

En cualquier caso, estos trabajos deberán realizarse bajo la responsabilidad del Contratista que suministrará, cuando sea necesario, los planos de detalles.

La fijación de los soportes, por medios mecánicos o por soldadura, a elementos de albañilería o de estructura del edificio, será efectuada por el Contratista siguiendo estrictamente las instrucciones que, al respecto, imparta la DO.

### 1.3.14 Energía eléctrica y agua

Todos los gastos relativos al consumo de energía eléctrica y agua por parte del Contratista para la realización de los trabajos de montaje y para las pruebas parciales y totales correrán a cuenta de la empresa constructora, salvo cuando en otro Documento se indique lo contrario.

El Contratista dará a conocer sus necesidades de potencia eléctrica a la empresa constructora antes de tomar posesión de la obra.

### 1.3.15 Ruidos y vibraciones

Toda la maquinaria deberá funcionar, bajo cualquier condición de carga, sin producir ruidos o vibraciones que, en opinión de la DO, puedan considerarse inaceptables o que rebasen los niveles máximos exigidos por las Ordenanzas Municipales.

Las correcciones que, eventualmente, se introduzcan para reducir ruidos y vibraciones deben ser aprobadas por la DO y conformarse a las recomendaciones del fabricante del equipo (atenuadores de vibraciones, silenciadores acústicos, etc).

Las conexiones entre canalizaciones y equipos con partes en movimiento deberán realizarse siempre por medio de elementos flexibles, que impidan eficazmente la propagación de las vibraciones.

### 1.3.16 Accesibilidad

El Contratista hará conocer a la DO, con suficiente antelación, las necesidades de espacio y tiempo para la realización del montaje de sus materiales y equipos en patinillos, falsos techos y salas de máquinas.

A este respecto, el Contratista deberá cooperar con la empresa constructora y los otros contratistas, particularmente cuando los trabajos a realizar estén en el mismo emplazamiento.

Los gastos ocasionados por los trabajos de volver a abrir falsos techos, patinillos, etc, debidos a la omisión de dar a conocer a tiempo sus necesidades, correrán a cargo del Contratista.

Los elementos de medida, control, protección y maniobra deberán ser desmontables e instalarse en lugares visibles y accesibles, en particular cuando cumplan funciones de seguridad.

El Contratista deberá situar todos los equipos que necesitan operaciones periódicas de mantenimiento en un emplazamiento que permita la plena accesibilidad de todas sus partes, ateniéndose a los requerimientos mínimos más exigentes entre los marcados por la Reglamentación vigente y los recomendados por el fabricante.

El Contratista deberá suministrar a la empresa constructora la información necesaria para el exacto emplazamiento de puertas o paneles de acceso a elementos ocultos de la instalación, como válvulas, compuertas, unidades terminales, elementos de control, etc.

### 1.3.17 Protección de partes en movimiento

El Contratista deberá suministrar protecciones a todo tipo de maquinaria en movimiento, como transmisiones de potencia, rodetes de ventiladores, etc, con las que pueda tener lugar un contacto accidental. Las protecciones deben ser de tipo desmontable para facilitar las operaciones de mantenimiento.

### 1.3.18 Protección de elementos a temperatura elevada

Toda superficie a temperatura elevada, con la que pueda tener lugar un contacto accidental, deberá protegerse mediante un aislamiento térmico calculado de tal manera que su temperatura superficial no sea superior a 60 grados centígrados.

### 1.3.19 Cuadros y líneas eléctricas

El Contratista suministrará e instalará los cuadros eléctricos de protección, maniobra y control de todos los equipos de la instalación mecánica, salvo cuando en otro Documento se indique otra cosa.

El Contratista suministrará e instalará también las líneas de potencia entre los cuadros antes mencionados y los motores de la instalación mecánica, completos de tubos de protección, bandejas, cajas de derivación, empalmes, etc, así como el cableado para control, mandos a distancia e interconexiones, salvo cuando en otro Documento se indique otra cosa.

La instalación eléctrica cumplirá con las exigencias marcadas por el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

La Empresa Instaladora Eléctrica será responsable de la alimentación eléctrica a todos los cuadros arriba mencionados, que estará constituida por 3 fases, neutro y tierra. El conexionado entre estos cables y los cuadros estará a cargo del Contratista.

El Contratista deberá suministrar a la Empresa Instaladora Eléctrica la información necesaria para las acometidas a sus cuadros, como el lugar exacto de emplazamiento, la potencia máxima absorbida y, cuando sea necesario, la corriente máxima absorbida y la caída de tensión admisible en régimen transitorio.

Salvo cuando se exprese lo contrario en la Memoria del Proyecto, las características de la alimentación eléctrica serán las siguientes: tensión trifásica a 380 V entre fases y 220 V entre fases y neutro, frecuencia 50 Hz.

### 1.3.20 Pinturas y colores

Los equipos y aparatos mantendrán los mismos colores de fábrica. Los desperfectos, debidos a golpes, raspaduras, etc, serán arreglados en obra satisfactoriamente a juicio de la DO.

En la sala de máquinas se dispondrá el código de colores enmarcado bajo cristal, junto al esquema de principio de la instalación.

### 1.3.21 Identificación

Al final de la obra, todos los aparatos, equipos y cuadros eléctricos deberán marcarse con una chapa de identificación, sobre la cual se indicarán nombre y número del aparato.

La escritura deberá ser de tipo indeleble, pudiendo sustituirse por un grabado. Los caracteres tendrán una altura no menor de 50 mm.

En los cuadros eléctricos todos los bornes de salida deberán tener un número de identificación que se corresponderá al indicado en el esquema de mando y potencia.

Todos los equipos y aparatos importantes de la instalación, en particular aquellos que consumen energía, deberán venir equipados de fábrica, en cumplimiento de la normativa vigente, con una placa de identificación, en la que se indicarán sus características principales, así como nombre del fabricante, modelo y tipo. En las especificaciones de cada aparato o equipo se indicarán las características que, como mínimo, deberán figurar en la placa de identificación.

Las placas se fijarán mediante remaches o soldadura o con material adhesivo, de manera que se asegure su inmovilidad, se situarán en un lugar visible y estarán escritas con caracteres claros y en la lengua o lenguas oficiales españolas.

### 1.3.22 Pruebas

El Contratista pondrá a disposición todos los medios humanos y materiales necesarios para efectuar las pruebas parciales y finales de la instalación, efectuadas según se indicará a continuación para las pruebas finales y, para las pruebas parciales, en otros capítulos de este PCT.

Las pruebas parciales estarán precedidas de una comprobación de los materiales al momento de su recepción en obra.

Cuando el material o equipo llegue a obra con Certificado de Origen Industrial, que acredite el cumplimiento de la normativa en vigor, nacional o extranjera, su recepción se realizará comprobando, únicamente sus características aparentes.

Cuando el material o equipo esté instalado, se comprobará que el montaje cumple con las exigencias marcadas en la respectiva especificación (conexiones hidráulicas y eléctricas, fijación a la estructura del edificio, accesibilidad, accesorios de seguridad y funcionamiento, etc).

Sucesivamente, cada material o equipo participará también de las pruebas parciales y totales del conjunto de la instalación (estanquidad, funcionamiento, puesta a tierra, aislamiento, ruidos y vibraciones, etc).

### **1.3.23 Pruebas finales**

Una vez la instalación se encuentre totalmente terminada, de acuerdo con las especificaciones del proyecto, y que haya sido ajustada y equilibrada de acuerdo a lo indicado en las normas UNE, se deberán realizar las pruebas finales del conjunto de la instalación y según indicaciones de la DO cuando así se requiera.

### **1.3.24 Recepción provisional**

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del Contratista se hará la recepción provisional de las mismas por el Contratante, requiriendo para ello la presencia del Director de Obra y del representante del Contratista, levantándose la correspondiente Acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso. Dicho Acta será firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente de acuerdo con las especificaciones dadas en el Pliego de Condiciones Técnicas y en el Proyecto correspondiente, comenzándose entonces a contar el plazo de garantía.

Al momento de la Recepción Provisional, el Contratista deberá entregar a la DO la siguiente documentación:

- Una copia reproducible de los planos definitivos, debidamente puestos al día, comprendiendo como mínimo, el esquema de principio, el esquema de control y seguridad, el esquema eléctrico, los planos de sala de máquinas y la situación de las unidades terminales.
- Una Memoria de la instalación, en la que se incluyen las bases de proyecto y los criterios adoptados para su desarrollo.
- Una relación de todos los materiales y equipos empleados, indicando fabricante, marca, modelo y características de funcionamiento.
- Un esquema de principio de impresión indeleble para su colocación en sala de máquinas, enmarcado bajo cristal.
- El Código de colores, en color, enmarcado bajo cristal.
- El Manual de Instrucciones.
- El certificado de la instalación presentado ante la Consejería de Industria y Energía de la Comunidad Autónoma.
- El Libro de Mantenimiento.
- Lista de repuestos recomendados y planos de despiece completo de cada unidad.

La DO entregará los mencionados documentos al Titular de la instalación, junto con las hojas recopilativas de los resultados de las pruebas parciales y finales y el Acta de Recepción, firmada por la DO y el Contratista.

En el caso de no hallarse la Obra en estado de ser recibida, se hará constar así en el Acta y se darán al Contratista las instrucciones precisas y detalladas para remediar los defectos observados, fijándose un plazo de ejecución. Expirado dicho plazo, se hará un nuevo reconocimiento. Las obras de reparación serán por cuenta y a cargo del Contratista. Si el Contratista no cumpliera estas prescripciones podrá declararse rescindido el contrato con pérdida de la fianza.

### 1.3.25 Periodos de garantía

El periodo de garantía será el señalado en el contrato y empezará a contar desde la fecha de aprobación del Acta de Recepción.

Hasta que tenga lugar la recepción definitiva, el Contratista es responsable de la conservación de la Obra, siendo de su cuenta y cargo las reparaciones por defectos de ejecución o mala calidad de los materiales.

Durante este periodo, el Contratista garantizará al Contratante contra toda reclamación de terceros, fundada en causa y por ocasión de la ejecución de la Obra.

### 1.3.26 Recepción definitiva

Al terminar el plazo de garantía señalado en el contrato o en su defecto a los seis meses de la recepción provisional, se procederá a la recepción definitiva de las obras, con la concurrencia del Director de Obra y del representante del Contratista levantándose el Acta correspondiente, por duplicado (si las obras son conformes), que quedará firmada por el Director de Obra y el representante del Contratista y ratificada por el Contratante y el Contratista.

### 1.3.27 Permisos

El Contratista deberá gestionar con todos los Organismos Oficiales competentes (nacionales, autonómico, provinciales y municipales) la obtención de los permisos relativos a las instalaciones objeto del presente proyecto, incluyendo redacción de los documentos necesarios, visado por el Colegio Oficial correspondiente y presencia durante las inspecciones.

### 1.3.28 Entrenamiento

El Contratista deberá adiestrar adecuadamente, tanto en la explotación como en el mantenimiento de las instalaciones, al personal que en número y cualificación designe la Propiedad.

Para ello, por un periodo no inferior a lo que se indique en otro Documento y antes de abandonar la obra, el Contratista asignará específicamente el personal adecuado de su plantilla para llevar a cabo el entrenamiento, de acuerdo con el programa que presente y que deberá ser aprobado por la DO.

### 1.3.29 Repuestos, herramientas y útiles específicos

El Contratista incorporará a los equipos los repuestos recomendados por el fabricante para el periodo de funcionamiento que se indica en otro Documento, de acuerdo con la lista de materiales entregada con la oferta.

### 1.3.30 Subcontratación de la obras

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que de su naturaleza y condiciones se deduzca que la Obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra (construcción y montaje de conductos, montaje de tuberías, montaje de equipos especiales, construcción y montaje de cuadros eléctricos y tendido de líneas eléctricas, puesta a punto de equipos y materiales de control, etc).

La celebración de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

- Que se dé conocimiento por escrito al Director de Obra del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquél lo autorice previamente.
- Que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no exceda del 50% del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso el Contratista no quedará vinculado en absoluto ni reconocerá ninguna obligación contractual entre él y el subcontratista y cualquier subcontratación de obras no eximirá al Contratista de ninguna de sus obligaciones respecto al Contratante.

### 1.3.31 Riesgos

Las obras se ejecutarán, en cuanto a coste, plazo y arte, a riesgo y ventura del Contratista, sin que esta tenga, por tanto, derecho a indemnización por causa de pérdidas, perjuicios o averías. El Contratista no podrá alegar desconocimiento de situación, comunicaciones, características de la obra, etc.

El Contratista será responsable de los daños causados a instalaciones y materiales en caso de incendio, robo, cualquier clase de catástrofes atmosféricas, etc, debiendo cubrirse de tales riesgos mediante un seguro.

Asimismo, el Contratista deberá disponer también de seguro de responsabilidad civil frente a terceros, por los daños y perjuicios que, directa o indirectamente, por omisión o negligencia, se puedan ocasionar a personas, animales o bienes como consecuencia de los trabajos por ella efectuados o por la actuación del personal de su plantilla o subcontratado.

### 1.3.32 Rescisión del contrato

Serán causas de rescisión del contrato la disolución, suspensión de pagos o quiebra del Contratista, así como embargo de los bienes destinados a la obra o utilizados en la misma.

Serán asimismo causas de rescisión el incumplimiento repetido de las condiciones técnicas, la demora en la entrega de la obra por un plazo superior a tres meses y la manifiesta desobediencia en la ejecución de la obra.

La apreciación de la existencia de las circunstancias enumeradas en los párrafos anteriores corresponderá a la DO.

En los supuestos previstos en los párrafos anteriores, la Propiedad podrá unilateralmente rescindir el contrato sin pago de indemnización alguna y solicitar indemnización por daños y perjuicios, que se fijará en el arbitraje que se practique.

El Contratista tendrá derecho a rescindir el contrato cuando la obra se suspenda totalmente y por un plazo de tiempo superior a tres meses. En este caso, el Contratista tendrá derecho a exigir una indemnización del cinco por ciento del importe de la obra pendiente de realización, aparte del pago íntegro de toda la obra realizada y de los materiales situados a pie de obra.

### 1.3.33 Precios

El Contratista deberá presentar su oferta indicando los precios de cada uno de los Capítulos del documento "Mediciones".

Los precios incluirán todos los conceptos mencionados anteriormente.

Una vez adjudicada la obra, el Contratista elegido para su ejecución presentará, antes de la firma del Contrato, los precios unitarios de cada partida de materiales. Para cada capítulo, la suma de los productos de las cantidades de materiales por los precios unitarios deberán coincidir con el precio, presentado en fase de oferta, del capítulo.

Cuando se exija en el Contrato, el Contratista deberá presentar, para cada partida de material, precios descompuestos en material, transporte y mano de obra de montaje.

### 1.3.34 Pago de obras

El pago de obras realizadas se hará sobre Certificaciones parciales que se practicarán mensualmente. Dichas Certificaciones contendrán solamente las unidades de obra totalmente terminadas que se hubieran ejecutado en el plazo a que se refieran. La relación valorada que figure en las Certificaciones, se hará con arreglo a los precios establecidos, reducidos en un 10% y con la cubicación, planos y referencias necesarias para su comprobación.

Serán de cuenta del Contratista las operaciones necesarias para medir unidades ocultas o enterradas, si no se ha advertido al Director de Obra oportunamente para su medición, los gastos de replanteo, inspección y liquidación de las mismas, con arreglo a las disposiciones vigentes, y los gastos que se originen por inspección y vigilancia facultativa, cuando la Dirección Técnica estime preciso establecerla.

La comprobación, aceptación o reparos deberán quedar terminadas por ambas partes en un plazo máximo de quince días.

El Director de Obra expedirá las Certificaciones de las obras ejecutadas que tendrán carácter de documentos provisionales a buena cuenta, rectificables por la liquidación definitiva o por cualquiera de las Certificaciones siguientes, no suponiendo por otra parte, aprobación ni recepción de las obras ejecutadas y comprendidas en dichas Certificaciones.

### 1.3.35 Abono de materiales acopiados

Cuando a juicio del Director de Obra no haya peligro de que desaparezca o se deterioren los materiales acopiados y reconocidos como útiles, se abonarán con arreglo a los precios descompuestos de la adjudicación. Dicho material será indicado por el Director de Obra que lo reflejará en el Acta de recepción de Obra, señalando el plazo de entrega en los lugares previamente indicados. El Contratista será responsable de los daños que se produzcan en la carga, transporte y descarga de este material.

La restitución de las bobinas vacías se hará en el plazo de un mes, una vez que se haya instalado el cable que contenían. En caso de retraso en su restitución, deterioro o pérdida, el Contratista se hará también cargo de los gastos suplementarios que puedan resultar.

## 1.4 Disposición final

La concurrencia a cualquier Subasta, Concurso o Concurso-Subasta cuyo Proyecto incluya el presente Pliego de Condiciones Generales, presupone la plena aceptación de todas y cada una de sus cláusulas.

## 2 Ejecución

En el siguiente documento se describe unívocamente todas aquellas características técnicas y particulares que debe satisfacer cualquier pieza que sea utilizada en la instalación hidráulica que se utilice en este proyecto.

A continuación se definirán distintos medios de control, procedimientos y controles que deberán ser realizados durante la fabricación de tales.

### 2.1 Ejecución de tuberías y uniones

#### 2.1.1 Condiciones generales

La ejecución de las redes de tuberías se realizará de manera que se consigan los objetivos previstos en el proyecto sin dañar o deteriorar al resto del edificio, conservando las características del agua, evitando ruidos molestos, procurando las condiciones necesarias para la mayor duración posible de la instalación así como las mejores condiciones para su mantenimiento y conservación.

El trazado de las tuberías vistas se efectuará en forma limpia y ordenada. Si estuvieran expuestas a cualquier tipo de deterioro por golpes o choques fortuitos, deben protegerse adecuadamente.

La ejecución de redes enterradas atenderá preferentemente a la protección frente a fenómenos de corrosión, esfuerzos mecánicos y daños por la formación de hielo en su interior. Las conducciones no deben ser instaladas en contacto con el terreno, disponiendo siempre de un adecuado revestimiento de protección. Si fuese preciso, además del revestimiento de protección, se procederá a realizar una protección catódica, con ánodos de sacrificio y, si fuera el caso, con corriente impresa.

#### 2.1.2 Uniones y juntas

Las uniones de los tubos serán estancas.

Las uniones de tubos resistirán adecuadamente la tracción, o bien la red la absorberá con el adecuado establecimiento de puntos fijos, y en tuberías enterradas mediante estribos y apoyos dispuestos en curvas y derivaciones.

### 2.1.3 Protecciones

#### 2.1.3.1 Protección contra la corrosión

Las tuberías metálicas se protegerán contra la agresión de todo tipo de morteros, del contacto con el agua en su superficie exterior y de la agresión del terreno mediante la interposición de un elemento separador de material adecuado e instalado de forma continua en todo el perímetro de los tubos y en toda su longitud, no dejando juntas de unión de dicho elemento que interrumpen la protección e instalándolo igualmente en todas las piezas especiales de la red, tales como codos, curvas.

Los revestimientos adecuados, cuando los tubos discurren enterrados, según el material de los mismos, serán:

- Para tubos de acero con revestimiento de polietileno, bituminoso, de resina epoxídica o con alquitrán de poliuretano.
- Para tubos de fundición con revestimiento de película continua de polietileno, de resina epoxídica, con betún, con láminas de poliuretano o con zincado con recubrimiento de cobertura.

Toda conducción exterior y al aire libre, se protegerá igualmente. En este caso, los tubos de acero podrán ser protegidos, además, con recubrimientos de cinc. Para los tubos de acero que discurren por cubiertas de hormigón se dispondrá de manera adicional a la envuelta del tubo de una lámina de retención de 1 m de ancho entre éstos y el hormigón. Cuando los tubos discurren por canales de suelo, ha de garantizarse que estos son impermeables o bien que disponen de adecuada ventilación y drenaje.

#### 2.1.3.2 Protección contra esfuerzos mecánicos

La suma de golpe de ariete y de presión de reposo no debe sobrepasar la sobrepresión de servicio admisible. La magnitud del golpe de ariete positivo en el funcionamiento de las válvulas y aparatos medido inmediatamente antes de éstos, no debe sobrepasar 2 bar; el golpe de ariete negativo no debe descender por debajo del 50 % de la presión de servicio.

## 2.2 Condiciones particulares de las conducciones

En función de las condiciones expuestas en el apartado anterior, se consideran adecuados para las instalaciones de agua los siguientes tubos:

- Tubos de acero galvanizado, según Norma UNE 19 047:1996.
- Tubos de acero inoxidable, según Norma UNE 19 049-1:1997.
- Tubos de fundición dúctil, según Norma UNE EN 545:1995.

No podrán emplearse para las tuberías ni para los accesorios, materiales que puedan producir concentraciones de sustancias nocivas que excedan los valores permitidos por el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero.

# MEDICIONES

**MEDICIONES**

CENTRAL HIDROELÉCTRICA TORRE DE BABIA

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD
<b>CAPÍTULO PROYECTO Capítulo PROYECTO</b>							
<b>SUBCAPÍTULO TURBOGENERADO</b>							
VÁLVULA	u Válvula de cierre de mariposa de diámetro 20"						1,00
TUBERÍA FORZA	m Tubería acero galvanizado de diámetro 20"						10,00
GRUPO TURBINA	u Grupo turbina, incluidos rodete, distribuidor, eje y tubo aspir.						1,00
<b>SUBCAPÍTULO EQUIPOS ELECT</b>							
CONTROL DIGIT	u Sistema de control remoto						1,00
GENERADOR	u Generador asíncrono 50 KVA						1,00
PARARRAYOS	u Pararrayos autovalvular						1,00
TOMA TIERRA	u Toma de tierra tipo pica de cobre						1,00
CABLES	u Cables instalacion eléctrica						30,00
CAJA PROTECC	u Caja de protección y medida						1,00
CAJA GENERAL	u Caja general de protección						1,00
CORRECCIÓN FP	u Equipo de corrección del factor de potencia						1,00
APARAMENTA	u Aparamenta eléctrica						1,00

**MEDICIONES**

CENTRAL HIDROELÉCTRICA TORRE DE BABIA

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD
<b>SUBCAPÍTULO INGENIERÍA</b>							
DIRECCIÓN OBR							1,00
DELINEACIÓN							1,00
MONTAJE							1,00
CONTROL CALID							1,00
PUESTA SERVIC							1,00
<b>SUBCAPÍTULO OBRA CIVIL</b>							
TRANSPORTE							1,00
CASA MÁQUINAS	u	Obra civil en casa de máquinas					1,00
CANAL DERIVAC	ú	Obra civil					1,00



# **PRESUPUESTO**

**CUADRO DE PRECIOS 1**

CENTRAL HIDROELÉCTRICA TORRE DE BABIA

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
<b>CAPÍTULO PROYECTO Capítulo PROYECTO</b>			
<b>SUBCAPÍTULO TURBOGENERADO</b>			
VALVULA	u	Válvula de cierre de mariposa de diámetro 20"	2.362,50
			DOS MIL TRESCIENTOS SESENTA Y DOS EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS
TUBERÍA FORZA	m	Tubería acero galvanizado de diámetro 20"	1.726,36
			MIL SETECIENTOS VEINTISEIS EUROS con TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS
GRUPO TURBINA	u	Grupo turbina, incluidos rodete, distribuidor, eje y tubo aspir.	35.198,76
			TREINTA Y CINCO MIL CIENTO NOVENTA Y OCHO EUROS con SETENTA Y SEIS CÉNTIMOS
<b>SUBCAPÍTULO EQUIPOS ELECT</b>			
CONTROL DIGIT	u	Sistema de control remoto	1.312,50
			MIL TRESCIENTOS DOCE EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS
GENERADOR	u	Generador asincrono 50 kVA	10.073,82
			DIEZ MIL SETENTA Y TRES EUROS con OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS
PARARRAYOS	u	Pararrayos autovalvular	153,36
			CIENTO CINCUENTA Y TRES EUROS con TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS
TOMA TIERRA	u	Toma de tierra tipo pica de cobre	104,12
			CIENTO CUATRO EUROS con DOCE CÉNTIMOS
CABLES	u	Cables instalacion eléctrica	8,57
			OCHO EUROS con CINCUENTA Y SIETE CÉNTIMOS
CAJA PROTECC	u	Caja de protección y medida	142,80
			CIENTO CUARENTA Y DOS EUROS con OCHENTA CÉNTIMOS
CAJA GENERAL	u	Caja general de protección	314,83
			TRESCIENTOS CATORCE EUROS con OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS
CORRECCIÓN FP	u	Equipo de corrección del factor de potencia	980,35
			NOVECIENTOS SESENTA EUROS con TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS
APARAMENTA	u	Aparamenta eléctrica	1.659,69
			MIL SEISCIENTOS CINCUENTA Y NUEVE EUROS con SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS
<b>SUBCAPÍTULO INGENIERÍA</b>			
DIRECCIÓN OBR			2.354,60
			DOS MIL TRESCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS con SESENTA CÉNTIMOS
DELINEACIÓN			311,85
			TRESCIENTOS ONCE EUROS con OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS
MONTAJE			2.520,00
			DOS MIL QUINIENTOS VEINTE EUROS
CONTROL CALID			955,50
			NOVECIENTOS CINCUENTA Y CINCO EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS
PUESTA SERVIC			283,50
			DOSCIENTOS OCHENTA Y TRES EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS

**CUADRO DE PRECIOS 1**

CENTRAL HIDROELÉCTRICA TORRE DE BABIA

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
<b>SUBCAPÍTULO OBRA CIVIL</b>			
TRANSPORTE			500,00
		QUINIENTOS EUROS	
CASA MÁQUINAS	u	Obra civil en casa de máquinas	5.315,49
		CINCO MIL TRESCIENTOS QUINCE EUROS con CUARENTA Y NUEVE CÉNTIMOS	
CANAL DERIVAC	ú	Obra civil	443,11
		CUATROCIENTOS CUARENTA Y TRES EUROS con ONCE CÉNTIMOS	

**CUADRO DE PRECIOS 2**

CENTRAL HIDROELÉCTRICA TORRE DE BABIA

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
<b>CAPÍTULO PROYECTO Capítulo PROYECTO</b>			
<b>SUBCAPÍTULO TURBOGENERADO</b>			
VALVULA	u	Válvula de cierre de mariposa de diámetro 20"	
			TOTAL PARTIDA..... 2.362,50
TUBERÍA FORZA	m	Tubería acero galvanizado de diámetro 20"	
			TOTAL PARTIDA..... 1.726,36
GRUPO TURBINA	u	Grupo turbina, incluidos rodete, distribuidor, eje y tubo aspir.	
			TOTAL PARTIDA..... 35.198,76
<b>SUBCAPÍTULO EQUIPOS ELECT</b>			
CONTROL DIGIT	u	Sistema de control remoto	
			TOTAL PARTIDA..... 1.312,50
GENERADOR	u	Generador asincrono 50 KVA	
			Mano de obra ..... 10,82
			Resto de obra y materiales ..... 10.063,00
			TOTAL PARTIDA..... 10.073,82
PARARRAYOS	u	Pararrayos autovalvular	
			TOTAL PARTIDA..... 153,36
TOMA TIERRA	u	Toma de tierra tipo pica de cobre	
			Mano de obra ..... 8,99
			Maquinaria ..... 0,11
			Resto de obra y materiales ..... 95,02
			TOTAL PARTIDA..... 104,12
CABLES	u	Cables instalacion eléctrica	
			Mano de obra ..... 0,88
			Resto de obra y materiales ..... 7,69
			TOTAL PARTIDA..... 8,57
CAJA PROTECC	u	Caja de protección y medida	
			Mano de obra ..... 23,32
			Resto de obra y materiales ..... 119,48
			TOTAL PARTIDA..... 142,80
CAJA GENERAL	u	Caja general de protección	
			Mano de obra ..... 23,32
			Resto de obra y materiales ..... 291,51
			TOTAL PARTIDA..... 314,83
CORRECCIÓN FP	u	Equipo de corrección del factor de potencia	
			Mano de obra ..... 36,87
			Resto de obra y materiales ..... 923,48
			TOTAL PARTIDA..... 960,35
APARAMENTA	u	Aparamenta eléctrica	
			Mano de obra ..... 24,56
			Resto de obra y materiales ..... 1.635,13
			TOTAL PARTIDA..... 1.659,69

**CUADRO DE PRECIOS 2**

CENTRAL HIDROELÉCTRICA TORRE DE BABIA

CÓDIGO	UD	RESUMEN	PRECIO
<b>SUBCAPÍTULO INGENIERÍA</b>			
DIRECCIÓN OBR			
		Mano de obra .....	2.354,60
		<b>TOTAL PARTIDA</b> .....	<b>2.354,60</b>
DELINEACIÓN			
		Mano de obra .....	311,85
		<b>TOTAL PARTIDA</b> .....	<b>311,85</b>
MONTAJE			
		Mano de obra .....	2.520,00
		<b>TOTAL PARTIDA</b> .....	<b>2.520,00</b>
CONTROL CALID			
		Mano de obra .....	955,50
		<b>TOTAL PARTIDA</b> .....	<b>955,50</b>
PUESTA SERVIC			
		Mano de obra .....	283,50
		<b>TOTAL PARTIDA</b> .....	<b>283,50</b>
<b>SUBCAPÍTULO OBRA CIVIL</b>			
TRANSPORTE			
		Maquinaria .....	500,00
		<b>TOTAL PARTIDA</b> .....	<b>500,00</b>
CASA MÁQUINAS	u	Obra civil en casa de máquinas	
		Mano de obra .....	2.809,11
		Maquinaria .....	10,20
		Resto de obra y materiales .....	2.496,18
		<b>TOTAL PARTIDA</b> .....	<b>5.315,49</b>
CANAL DERIVAC	ú	Obra civil	
		Mano de obra .....	20,29
		Maquinaria .....	43,52
		Resto de obra y materiales .....	379,30
		<b>TOTAL PARTIDA</b> .....	<b>443,11</b>

**CUADRO DE DESCOMPUESTOS**

CENTRAL HIDROELÉCTRICA TORRE DE BABIA

CÓDIGO	CANTIDAD	UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO PROYECTO Capítulo PROYECTO</b>						
<b>SUBCAPÍTULO TURBOGENERADO</b>						
VÁLVULA	u		Válvula de cierre de mariposa de diámetro 20"			
				Sin descomposición		
<b>TOTAL PARTIDA</b> .....						<b>2.362,50</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL TRESCIENTOS SESENTA Y DOS EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS						
TUBERÍA FORZA	m		Tubería acero galvanizado de diámetro 20"			
				Sin descomposición		
<b>TOTAL PARTIDA</b> .....						<b>1.726,36</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL SETECIENTOS VEINTISEIS EUROS con TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS						
GRUPO TURBINA	u		Grupo turbina, incluidos rodete, distribuidor, eje y tubo aspir.			
				Sin descomposición		
<b>TOTAL PARTIDA</b> .....						<b>35.198,76</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TREINTA Y CINCO MIL CIENTO NOVENTA Y OCHO EUROS con SETENTA Y SEIS CÉNTIMOS						
<b>SUBCAPÍTULO EQUIPOS ELECT</b>						
CONTROL DIGIT	u		Sistema de control remoto			
				Sin descomposición		
<b>TOTAL PARTIDA</b> .....						<b>1.312,50</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL TRESCIENTOS DOCE EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS						
GENERADOR	u		Generador asincrono 50 kVA			
m35geg010ai	1,000	u	Grupo electrogeno fijo sobre bancada de funcionamiento automático	10.063,00	10.063,00	
mo003	0,319	h	Oficial 1º electricista	17,82	5,68	
mo102	0,319	h	Ayudante electricista	16,10	5,14	
<b>TOTAL PARTIDA</b> .....						<b>10.073,82</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIEZ MIL SETENTA Y TRES EUROS con OCHENTA Y DOS CÉNTIMOS						
PARARRAYOS	u		Pararrayos autovalvular			
				Sin descomposición		
<b>TOTAL PARTIDA</b> .....						<b>153,36</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO CINCUENTA Y TRES EUROS con TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS						
TOMA TIERRA	u		Toma de tierra tipo pica de cobre			
m35ts010b	1,000	u	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabric	18,00	18,00	
m35ts010b	0,250	m	Conductor de cobre desnudo, de 35 mm².	2,81	0,70	
m35ts010	1,000	u	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm, con	74,00	74,00	
m35ts090	0,333	u	Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductivid	3,50	1,17	
m35www020	1,000	u	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,15	1,15	
mq0'ref020b	0,003	h	Retrocargadora sobre neumáticos, de 70 kW.	36,52	0,11	
mo003	0,264	h	Oficial 1º electricista	17,82	4,70	
mo102	0,265	h	Ayudante electricista	16,10	4,27	
mo113	0,001	h	Peón ordinario construcción.	15,92	0,02	
<b>TOTAL PARTIDA</b> .....						<b>104,12</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO CUATRO EUROS con DOCE CÉNTIMOS						
CABLES	u		Cables instalacion eléctrica			
m35cun040af	1,000	m	Cable unipolar H07V-K con conductor múltiple de cobre clase 5	2,50	2,50	
m35cun040ag	1,000	m	Cable unipolar H07V-K con conductor múltiple de cobre clase 5	5,19	5,19	
mo003	0,026	h	Oficial 1º electricista	17,82	0,46	
mo102	0,026	h	Ayudante electricista	16,10	0,42	
<b>TOTAL PARTIDA</b> .....						<b>8,57</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de OCHO EUROS con CINCUENTA Y SIETE CÉNTIMOS						

**CUADRO DE DESCOMPUESTOS****CENTRAL HIDROELÉCTRICA TORRE DE BABIA**

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAJA PROTECC</b>	<b>u</b>	<b>Caja de protección y medida</b>			
m35cgp010e	1,000 u	Caja de protección y medida CPM1-S2, de hasta 63 A de intensidad	97,95	97,95	
m35cgp040h	3,000 m	Tubo de PVC liso, serie B, de 160 mm de diámetro exterior y 3,2	5,44	16,32	
m35cgp040f	1,000 m	Tubo de PVC liso, serie B, de 110 mm de diámetro exterior y 3,2	3,73	3,73	
m35www010	1,000 u	Material auxiliar para instalaciones eléctricas.	1,48	1,48	
mo020	0,316 h	Oficial 1ª construcción.	17,24	5,45	
mo003	0,527 h	Oficial 1ª electricista	17,82	9,39	
mo102	0,527 h	Ayudante electricista	16,10	8,48	

**TOTAL PARTIDA** ..... **142,80**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO CUARENTA Y DOS EUROS con OCHENTA CÉNTIMOS

<b>CAJA GENERAL</b>	<b>u</b>	<b>Caja general de protección</b>			
m35cgp020f	1,000 u	Caja general de protección, equipada con bornes de conexión, bas	152,52	152,52	
m35cgp040h	3,000 m	Tubo de PVC liso, serie B, de 160 mm de diámetro exterior y 3,2	5,44	16,32	
m35cgp040f	3,000 m	Tubo de PVC liso, serie B, de 110 mm de diámetro exterior y 3,2	3,73	11,19	
m29cgp010	1,000 u	Marco y puerta metálica con cerradura o candado, con grado de pr	110,00	110,00	
m35www010	1,000 u	Material auxiliar para instalaciones eléctricas.	1,48	1,48	
mo020	0,316 h	Oficial 1ª construcción.	17,24	5,45	
mo003	0,527 h	Oficial 1ª electricista	17,82	9,39	
mo102	0,527 h	Ayudante electricista	16,10	8,48	

**TOTAL PARTIDA** ..... **314,83**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRESCIENTOS CATORCE EUROS con OCHENTA Y TRES CÉNTIMOS

<b>CORRECCIÓN FP</b>	<b>u</b>	<b>Equipo de corrección del factor de potencia</b>			
m35pci100ab1	1,000 u	Batería automática de condensadores, para 10 kVAr de potencia re	923,48	923,48	
mo003	1,087 h	Oficial 1ª electricista	17,82	19,37	
mo102	1,087 h	Ayudante electricista	16,10	17,50	

**TOTAL PARTIDA** ..... **960,35**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NOVECIENTOS SESENTA EUROS con TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS

<b>APARAMENTA</b>	<b>u</b>	<b>Aparamenta eléctrica</b>			
INTERRUPTOR	1,000 u	Interruptor-seccionador trifásico	69,34	69,34	
MAGNETOTERMIC	1,000 u	Interruptor magnetotérmico	397,96	397,96	
DIFERENCIAL	1,000 u	Interruptor diferencial	873,78	873,78	
SOBRETENSIONE	1,000 u	Protector contra sobretensiones	318,61	318,61	

**TOTAL PARTIDA** ..... **1.659,69**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de MIL SEISCIENTOS CINCUENTA Y NUEVE EUROS con SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

**SUBCAPÍTULO INGENIERÍA****DIRECCIÓN OBR**

Sin descomposición

**TOTAL PARTIDA** ..... **2.354,60**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL TRESCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS con SESENTA CÉNTIMOS

**DELINEACIÓN**

Sin descomposición

**TOTAL PARTIDA** ..... **311,85**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRESCIENTOS ONCE EUROS con OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS

**MONTAJE**

Sin descomposición

**TOTAL PARTIDA** ..... **2.520,00**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOS MIL QUINIENTOS VEINTE EUROS

**CUADRO DE DESCOMPUESTOS****CENTRAL HIDROELÉCTRICA TORRE DE BABIA**

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
--------	-------------	---------	--------	----------	---------

**CONTROL CALID**

Sin descomposición

<b>TOTAL PARTIDA</b> .....					<b>955,50</b>
----------------------------	--	--	--	--	---------------

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NOVECIENTOS CINCUENTA Y CINCO EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS

**PUESTA SERVIC**

Sin descomposición

<b>TOTAL PARTIDA</b> .....					<b>283,50</b>
----------------------------	--	--	--	--	---------------

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOSCIENTOS OCHENTA Y TRES EUROS con CINCUENTA CÉNTIMOS

**SUBCAPITULO OBRA CIVIL****TRANSPORTE**

Sin descomposición

<b>TOTAL PARTIDA</b> .....					<b>500,00</b>
----------------------------	--	--	--	--	---------------

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINIENTOS EUROS

**CASA u Obra civil en casa de máquinas****MAQUINAS**

HORMIGÓN	5,000 m3	Hormigón de limpieza	25,00	125,00
VENTANAS	2,000 u	Ventanas casa de máquinas	25,52	51,04
PUERTA	1,000 u	Puerta acceso casa de máquinas	301,82	301,82
LUMINARIAS	4,000 u	Alumbrado interior de la casa de máquinas	43,27	173,08
LUZ EMERGENCI	1,000 u	Alumbrado de emergencia en zonas comunes.	43,70	43,70
DESBROCE	15,000 u	Desbroce de alrededores del recinto	0,79	11,85
REPARACIÓN	50,000 m2	Reparación de estructura de la casa de máquinas	27,73	1.386,50
CUBIERTA	50,000 m2	Reparación de la cubierta de la casa de máquinas	64,45	3.222,50

<b>TOTAL PARTIDA</b> .....					<b>5.315,49</b>
----------------------------	--	--	--	--	-----------------

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO MIL TRESCIENTOS QUINCE EUROS con CUARENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

**CANAL u Obra civil****DERIVAC**

HORMIGÓN	15,000 m3	Hormigón de limpieza	25,00	375,00
mo9rep005a	10,000 kg	Mortero de albañilería, compuesto por cal hidráulica natural NHL	0,43	4,30
mo020	0,545 h	Oficial 1ª construcción	17,24	9,40
mo113	0,242 h	Peón ordinario construcción	15,92	3,85
DESBROCE	64,000 u	Desbroce de alrededores del recinto	0,79	50,56

<b>TOTAL PARTIDA</b> .....					<b>443,11</b>
----------------------------	--	--	--	--	---------------

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUATROCIENTOS CUARENTA Y TRES EUROS con ONCE CÉNTIMOS

**PRESUPUESTO Y MEDICIONES**

CENTRAL HIDROELÉCTRICA TORRE DE BABIA

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPITULO PROYECTO Capitulo PROYECTO</b>									
<b>SUBCAPÍTULO TURBOGENERADO</b>									
VÁLVULA	u Válvula de cierre de mariposa de diámetro 20"						1,00	2.362,50	2.362,50
TUBERÍA FORZA	m Tubería acero galvanizado de diámetro 20"						10,00	1.726,36	17.263,60
GRUPO TURBINA	u Grupo turbina, incluidos rodete, distribuidor, eje y tubo aspir.						1,00	35.198,76	35.198,76
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO TURBOGENERADO.....</b>									<b>54.824,86</b>
<b>SUBCAPÍTULO EQUIPOS ELECT</b>									
CONTROL DIGIT	u Sistema de control remoto						1,00	1.312,50	1.312,50
GENERADOR	u Generador asincrono 50 kVA						1,00	10.073,82	10.073,82
PARARRAYOS	u Pararrayos autovalvular						1,00	153,36	153,36
TOMA TIERRA	u Toma de tierra tipo pica de cobre						1,00	104,12	104,12
CABLES	u Cables instalacion eléctrica						30,00	8,57	257,10
CAJA PROTECC	u Caja de protección y medida						1,00	142,80	142,80
CAJA GENERAL	u Caja general de protección						1,00	314,83	314,83
CORRECCIÓN FP	u Equipo de corrección del factor de potencia						1,00	960,35	960,35
APARAMENTA	u Aparamenta eléctrica						1,00	1.659,69	1.659,69
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO EQUIPOS ELECT.....</b>									<b>14.978,57</b>

**PRESUPUESTO Y MEDICIONES**

CENTRAL HIDROELÉCTRICA TORRE DE BABIA

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>SUBCAPÍTULO INGENIERÍA</b>									
DIRECCIÓN OBR							1,00	2.354,60	2.354,60
DELINEACIÓN							1,00	311,85	311,85
MONTAJE							1,00	2.520,00	2.520,00
CONTROL CALID							1,00	965,50	965,50
PUESTA SERVIC							1,00	283,50	283,50
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO INGENIERÍA.....</b>									<b>6.425,45</b>
<b>SUBCAPÍTULO OBRA CIVIL</b>									
TRANSPORTE							1,00	500,00	500,00
CASA MÁQUINAS	u	Obra civil en casa de máquinas					1,00	5.315,49	5.315,49
CANAL DERIVAC	ú	Obra civil					1,00	443,11	443,11
<b>TOTAL SUBCAPÍTULO OBRA CIVIL.....</b>									<b>6.258,60</b>
<b>TOTAL CAPÍTULO PROYECTO Capitulo PROYECTO.....</b>									<b>82.487,48</b>
<b>TOTAL.....</b>									<b>82.487,48</b>

**RESUMEN DE PRESUPUESTO**

CENTRAL HIDROELÉCTRICA TORRE DE BABIA

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
PROYECTO	Capítulo PROYECTO .....	82.487,48
	<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>82.487,48</b>
	10,00% Gastos generales .....	8.248,75
	5,00% Beneficio industrial .....	4.124,37
	<b>SUMA DE G.G. y B.I.</b>	<b>12.373,12</b>
	21,00% I.V.A. ....	19.920,73
	<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>	<b>114.781,33</b>
	<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>	<b>114.781,33</b>

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de CIENTO CATORCE MIL SETECIENTOS OCHENTA Y UN EUROS con TREINTA Y TRES CÉNTIMOS

LEON, a 15 de junio de 2016.

El promotor

La dirección facultativa



## Lista de referencias

### Bibliografía:

1. Confederación Hidrográfica del Duero (CHD). *Plan Hidrológico de la parte Española de la Demarcación Hidrográfica del Duero. Anexos III y IV. Caudales Ecológicos*
2. De Castro, Adriana. *Minicentrales Hidroeléctricas: IDAE*
3. López Leiva, C. y Espinosa Rincón, J. *Mapa de Vegetación de Castilla y León: Junta de Castilla y León.*
4. Martínez de la Azagra Paredes, Andrés. *Método de los Coeficientes de Escorrentía: Universidad de Salamanca.*
5. Ortega Villazón, M<sup>a</sup> Teresa y Morales Rodríguez, Carlos G. *El Clima de la Cordillera Cantábrica Castellano-Leonesa: Universidad de Valladolid.*
6. Rojas Flores, Amancio. *Turbinas de Flujo Transversal.*
7. Sánchez San-Román, Francisco Javier. *Hidrología Superficial: Universidad de Salamanca.*
8. Santamaría Arias, Jesús y Parrilla Alcalde, Álvaro. *Máximas Lluvias Diarias en la España Peninsular: Ministerio de Fomento.*

### Normas y Legislación:

1. *Directiva 2011/92/UE del 13 de diciembre de 2011. Evaluación de repercusiones de proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.*
2. *Ley 21/2013 de 9 de diciembre de evaluación ambiental.*
3. *Ley 31/1995 de 8 de noviembre de prevención de riesgos laborales.*
4. *Ley 42/2007 de 13 de diciembre de patrimonio natural y biodiversidad. Establecimiento de la Red Natura 2000.*
5. *Normativa urbanística municipal del Ayto de Cabrillanes, León (2004).*
6. *Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT), e instrucciones técnicas complementarias (ITC).*

### Programas de cálculo:

1. *AutoCAD® 2015 - AutoDesk*
2. *ArcMap® 10.3 - ArcGIS*
3. *Microsoft Excel® - Microsoft*
4. *Microsoft Word® - Microsoft*
5. *Reactiva Ink. – Circutor S.A.*
6. *Presto® 8.8.*
7. *Visor SigPac.*

**Otras referencias:**

1. *ABB Automation Products S.A.*
2. *Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).*
3. *Ayuntamiento de Cabrillanes.*
4. *Circuitor S.A.*
5. *Confederación Hidrográfica del Duero (CHD).*
6. *CYPE Ingenieros S.A*
7. *Gas Natural Fenosa S.A.*
8. *Iberdrola S.A.*
9. *Instituto Geográfico Nacional (IGN).*
10. *Junta Vecinal de "Torre de Babia".*
11. *Ministerio de Fomento y Obras Públicas – Dirección General de Carreteras.*
12. *Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas.*
13. *Ossberger GmbH.*
14. *Red Eléctrica de España (REE).*
15. *Universidad de León (ULE).*