



Universidad de León



Escuela Superior y Técnica
de Ingenieros de Minas

GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

PROYECTO DE REHABILITACIÓN COMO CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE MOLINO DE CASILLAS EN CÓRDOBA

León, Diciembre de 2015

Autor: Miguel López Gayo
Tutor: Ana María Díez Suarez

El presente proyecto ha sido realizado por D. Miguel López Gayo, alumno de la Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas de la Universidad de León para la obtención del título de Grado en Ingeniería Minera.

La tutoría de este proyecto ha sido llevada a cabo por Dña. Ana María Diez Suarez, profesora del Grado en Ingeniería de la Energía.

Visto Bueno

Fdo.: D./Dña. Miguel López Gayo
El autor del Trabajo Fin de Grado

Fdo.: D./Dña. Ana María Diez Suarez
El Tutor del Trabajo Fin de Grado

RESUMEN

El antiguo Molino de Casillas, edificio medieval y que debería formar parte de la historia de una ciudad emblemática como es Córdoba, se encuentra en un derribo prácticamente inminente y en unas condiciones pésimas, con el siguiente proyecto se pretende rehabilitar y además obtener ciertos beneficios tanto eléctricos como económicos.

Con ello, también se evitaran las constantes crecidas que acosan a la ciudad y ciertos problemas de abastecimiento energético que actualmente existen en Córdoba.

ABSTRACT

The old mill Casillas, medieval building that should be part of the history of an emblematic city like Córdoba, is in a practically imminent demolition and in a poor condition, with the next project is to rehabilitate and also obtain certain benefits both electrical and economic.

With this, the constant floods that beset the city and certain energy supply problems that currently exist in Córdoba are also avoided.

ÍNDICE

Memoria	2
1 Objeto del proyecto	2
2 Motivos por los que rehabilitar la central	3
3 Antecedentes del Proyecto.....	3
3.1 Historia de los Molinos del Guadalquivir	3
3.2 Historia del Molino.....	4
4 Situación de la Central	6
4.1 Localización Geográfica.....	6
4.2 Situación Geológica.....	7
4.3 Situación climática	8
5 Clasificación de la instalación	8
5.1 Tipo de central	8
6 Especificaciones río ubicación	9
7 Estudio Hidrológico.....	10
7.1 Cuenca Hidrográfica	10
7.2 Estudio del caudal	11
8 Salto Disponible	13
9 Obra Cívil.....	14
9.1 Elección de la central	14
9.2 Desarrollo de la obra.....	14
10 Descripción general	16
10.1 Elementos estructurales.....	16
10.2 Elementos de seguridad	18
11 Descripción del equipamiento hidromecánico.....	20
11.1 Turbina.....	20
11.1.1 Elección de la turbina.....	20
Según del caudal a turbinar	20
Según la velocidad específica	22
11.2 Turbina Kaplan.....	23
Funcionamiento de una Turbina Kaplan.....	23
Componentes de una Turbina Kaplan	24

12	Generador	27
12.1	Tipos de generadores	28
12.2	Componentes del generador	29
12.3	Funcionamiento del generador	30
12.4	Características del generador utilizado	31
12.5	Mantenimiento.....	32
13	Transformador	33
13.1	Elección del transformador	33
13.1.1	Transformador en baño de aceite	33
13.2	Componentes del transformador de potencia.....	34
13.3	Mantenimiento del transformador	36
14	Equipo eléctrico	37
14.1	Aparamenta de corte y maniobra	37
14.2	Aparamenta de medida:.....	38
14.3	Aparamenta de protección:.....	39
15	Casa de Máquinas	40
16	Conexión a red	40
	Anexo de Cálculos	43
17	Cálculo del caudal	43
18	Potencia instalada.....	44
19	Producción eléctrica esperada.....	46
20	Cálculos de Turbinas	47
20.1	Cantidad de turbinas	47
20.1.1	Elección de la cantidad de turbinas	47
20.2	Rendimientos.....	49
20.3	Velocidad Específica	49
20.4	Dimensiones de la turbina.....	51
20.4.1	Tamaño del rodete.....	51
20.5	Tamaño de la carcasa	53
20.6	Tamaño del tubo de aspiración	54
21	Cálculos de Generadores	55
21.1	Velocidad Síncrona	55

Planos.....	57
Pliego de Condiciones	61
22 Objeto de este Pliego de Condiciones	61
23 Alcance de este Pliego de Condiciones.....	61
24 Pliego de Condiciones Generales.....	62
24.1 Objeto del pliego de condiciones generales.....	62
24.2 Características Generales	62
24.3 Reglamento y normas	62
25 Pliego de Condiciones Técnicas Particulares	63
25.1 Objeto del Pliego de Condiciones Técnicas Particulares	63
25.2 Especificación de Materiales y Equipo	63
25.2.1 Materiales	63
25.2.2 Prescripciones de los Materiales	64
25.2.3 Aceros	64
25.2.4 Tuberías.....	65
25.2.5 Instalación de seguridad contra incendios	66
25.2.6 Materiales no expresados.....	66
25.3 Instalación Eléctrica de Baja Tensión.....	66
25.3.1 Condiciones Generales	66
25.3.2 Canalizaciones eléctricas	67
25.3.3 Conductores.....	72
25.3.4 Cajas de empalme.....	74
25.3.5 Mecanismos y tomas de corriente	75
25.3.6 Aparamenta y mando de protección	75
25.3.7 Receptores a Motor	81
25.3.8 Puestas a Tierra.....	83
25.4 Centros de Transformación y Cables de alta tensión.....	86
25.4.1 Generalidades	86
25.4.2 Centros de Transformación	87
25.4.3 Cables de Transporte de Energía Eléctrica	90
25.5 Especificaciones de Ejecución.....	91
25.5.1 Comienzo	91
25.5.2 Plazo de Ejecución	91

25.5.3	Ejecución de las Obras	91
25.5.4	Programa de ejecución	92
25.5.5	Modificación de las Obras	92
25.5.6	Libro de Órdenes.....	93
25.5.7	Interpretación y desarrollo del proyecto.....	93
25.5.8	Verificación de los documentos del proyecto	93
25.5.9	Caminos y accesos	94
25.5.10	Replanteo	94
25.5.11	Prórroga por causa de fuerza mayor	94
26	Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares:	95
26.1	Objeto Pliego de cláusulas administrativas particulares.....	95
26.2	Funciones del Personal de Obra	95
26.2.1	Arquitecto director	95
26.2.2	Aparejador o Arquitecto Técnico.....	95
26.2.3	Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra	96
26.2.4	Constructor	96
26.2.5	Promotor.....	97
26.3	Otras Funciones del Personal de Obra	97
26.3.1	Representación del contratista.....	97
26.3.2	Presencia del constructor en la Obra	98
26.3.3	Trabajos no Estipulados Expresamente.....	98
26.3.4	Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos.....	98
26.3.5	Reclamaciones contra la Dirección Facultativa	99
26.3.6	Repercusión por el contratista del personal nombrado por el arquitecto ...	99
26.3.7	Faltas de Personal	99
26.3.8	Condiciones generales de Ejecución de los Trabajos	100
26.3.9	Obras Ocultas.....	100
26.3.10	Trabajos Defectuosos.....	100
26.3.11	Vicios Ocultos	100
26.4	Presupuesto.....	101
26.4.1	Condiciones Generales	101
26.4.2	Fianzas y Garantías	101
26.4.3	Precios.....	102

Presupuesto	107
27 Objeto del presupuesto	107
28 Descripción del presupuesto	107
28.1 Costes Iniciales	108
28.1.1 Ensayos	108
28.1.2 Permisos.....	108
28.1.3 Concesiones	109
28.2 Costes de construcción.....	109
28.2.1 Preparación del terreno.....	109
28.2.2 Rehabilitación del edificio.....	109
28.2.3 Instalación Eléctrica	110
28.2.4 Instalación Hidráulica.....	111
28.3 Costes Maquinaria.....	111
28.3.1 Elementos de Generación eléctrica.....	111
28.3.2 Elementos de seguridad	111
28.3.3 Elementos de instalación estructural	112
28.3.4 Materiales de construcción	112
28.4 Costes de explotación.....	113
28.4.1 Costes de personal.....	113
28.4.2 Mantenimiento	113
28.4.3 Conexión a red	113
29 Presupuesto total de rehabilitación	114
30 Otros costes	114
30.1 Estudio de Impacto Medioambiental	114
30.2 Estudio de Seguridad y salud.....	115
Estudio de Viabilidad	117
31 Objeto del estudio de viabilidad	117
32 Índice de potencia.....	117
33 Índice de energía.....	117
34 Análisis de la rentabilidad de la central	118
34.1 Parámetros a tener en cuenta.....	118
34.2 Valor Neto Actual (VAN).....	119

34.3	Tasa interna de retorno (TIR).....	120
35	Estudio de viabilidad económica	120
35.1	Ingresos	120
35.2	Gastos.....	121
36	Resultado	121
	Estudio Básico de Seguridad y Salud	125
37	Objeto del estudio de seguridad y salud	125
38	Metodología a seguir para el desarrollo del estudio de seguridad y salud.....	125
39	Contenido del estudio de seguridad y salud.....	125
40	Marco Jurídico	126
41	Datos Generales.....	127
41.1	Datos del proyecto	127
41.2	Datos del emplazamiento	127
41.3	Descripción del emplazamiento	127
42	Actividades que compondrán la obra proyectada.....	128
43	Equipos de trabajo	128
44	Riesgos Profesionales	129
44.1	Riesgos de Obra.....	129
44.1.1	Levantamiento de firmes para obra	129
44.1.2	Desbroce y excavación de tierra vegetal	129
44.1.3	Tala y retirada de árboles	129
44.1.4	Terraplenes y rellenos.....	130
44.1.5	Firmes y pavimentos.....	130
44.1.6	Replanteo	130
44.2	Por maquinaria y herramientas de trabajo	131
44.2.1	Palas cargadoras	131
44.2.2	Retroexcavadora	131
44.2.3	Bomba autopropulsada de hormigón.....	132
44.2.4	Acopio de tierras y áridos	132
44.2.5	Acopio de tubos, marcos, etc.	132
44.2.6	Compresores	132
44.2.7	Taladro Portátil	133
44.2.8	Pistola fijaclavos.....	133

45	Medidas preventivas a disponer en la obra	133
45.1	Medidas de carácter organizativo	133
45.1.1	Formación e información.....	133
45.1.2	Modelo de organización de seguridad en la obra	134
45.2	Medidas de carácter dotacional.....	134
45.2.1	Servicio Médico.....	134
45.2.2	Botiquín de obra	135
45.2.3	Instalaciones Provisionales para la obra.....	135
45.3	Medidas preventivas a establecer en las diferentes actividades constructivas	135
45.3.1	Levantamiento de firmes para obra	135
45.3.2	Desbroce y excavación de tierra vegetal	136
45.3.3	Tala y retirada de árboles	136
45.3.4	Terraplenes y rellenos.....	136
45.3.5	Replanteo.....	137
45.4	Medidas preventivas relativas a la maquinaria, instalaciones auxiliares y equipos de trabajo.....	138
45.4.1	Pala cargadora	138
45.4.2	Retroexcavadora.....	138
45.4.3	Bomba autopropulsada de hormigón.....	139
45.4.4	Acopio y almacenamiento	139
45.5	Prescripciones a cumplir.....	140
46	Conclusiones	141
	Estudio de Impacto Ambiental	144
47	Introducción.....	144
48	Metodología.....	144
49	Emplazamiento	145
50	Descripción del proyecto	145
50.1	Objetivos y justificación del proyecto	146
50.1.1	Objetivos de nuestro proyecto	146
50.1.2	Justificación del proyecto	146
50.2	Componentes del proyecto a tener en consideración	147
51	Valoración Ambiental	147

51.1	Descripción del estado actual del sistema	147
51.2	Factores a tener en cuenta	148
52	Medio ambiente	148
52.1	Factores físicos	148
52.1.1	Climatología	148
52.1.2	Edafología (Suelos).....	149
52.1.3	Hidrología.....	149
52.1.4	Procesos Físicos	150
52.2	Factores Biológicos	150
52.2.1	Fauna.....	150
52.2.2	Vegetación y flora	151
53	Posibles afecciones al medio ambiente.....	151
53.1	Por la existencia del proyecto	151
53.2	Por la utilización de recursos naturales.....	152
53.3	Por emisión de contaminantes.....	152
53.4	Por incidencia social	152
54	Medidas Correctoras	153
54.1	Descripción de Medidas Correctoras adoptadas	153
54.2	Valoración de las medidas correctoras y presupuesto	153
55	Programa de vigilancia ambiental	154
	Anejo Fotográfico.....	157
	Lista de referencias	171

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 CENTRAL DESDE ARRIBA ANTES DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PUENTE DE ABBÁS IBN FIRNÁS	2
FIGURA 3.1 LOCALIZACIÓN DE LOS MOLINOS DE LA CIUDAD DE CÓRDOBA	4
FIGURA 4.1 SITUACIÓN DEL MOLINO DE CASILLAS	6
FIGURA 4.2 COORDENADAS UTM DEL MOLINO	7
FIGURA 6.1 GUADALQUIVIR EN TRAMO NAVEGABLE	10
FIGURA 7.1 CUENCA HIDROGRÁFICA DEL GUADALQUIVIR	11
FIGURA 9.1 SITUACIÓN DE ATAGUÍAS	15
FIGURA 9.2 ESTRUCTURA INTERNA DEL MOLINO TRAS OBRA	16
FIGURA 10.1 ESQUEMA DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA	17
FIGURA 10.2 VÁLVULAS DE CONTROL	18
FIGURA 10.3 ESQUEMA DE VÁLVULAS DE CONTROL	19
FIGURA 10.4 VÁLVULAS DE CONTROL Y SEGURIDAD	19
FIGURA 11.1 TURBINA KAPLAN	23
FIGURA 11.2 ROTOR TURBINA KAPLAN	24
FIGURA 11.3 COMPONENTES DE LA TURBINA	24
FIGURA 12.1 COMPONENTES DEL GENERADOR ASÍNCRONO	29
FIGURA 12.2 OTROS COMPONENTES DEL GENERADOR	30
FIGURA 12.3 ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO	30
FIGURA 12.4 TURBINA Y GENERADOR	31
FIGURA 13.1 ESQUEMA DE COMPONENTES DEL TRANSFORMADOR	34
FIGURA 14.1 SECCIONADOR	38
FIGURA 14.2 INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	38
FIGURA 14.3 PARARRAYOS DE ÓXIDOS METÁLICOS	40
FIGURA 20.1 DIMENSIONES DEL RODETE DE LA TURBINA	53
FIGURA 20.2 DIMENSIONES DE LA CARCASA DE LA TURBINA	53
FIGURA 20.3 DIMENSIONES DEL TUBO DE ASPIRACIÓN DE LA TURBINA	54
FIGURA 45.1 PALA CARGADORA	138
FIGURA 45.2 RETROEXCAVADORA	139
FIGURA 45.3 BOMBA AUTOPROPULSADA DE HORMIGÓN	139
FIGURA 0.1 FOTOGRAFÍA AÉREA DE LA CENTRAL	157
FIGURA 0.2 FOTOGRAFÍA FRONTAL DEL MOLINO	157
FIGURA 0.30.1 FOTOGRAFÍA LATERAL DEL MOLINO	158
FIGURA 0.4 FOTOGRAFÍA DESDE EL OTRO LATERAL DEL MOLINO	158
FIGURA 0.5 FOTOGRAFÍA ENTRADA AL MOLINO DESDE CAMINO	159
FIGURA 0.6 FOTOGRAFÍA DEL MOLINO DESDE CAMINO DE ACCESO	159
FIGURA 0.7 ALIVIADEROS DEL MOLINO	160
FIGURA 0.8 ALIVIADEROS Y DESAGÜE DEL MOLINO	160
FIGURA 0.9 CÁMARA DE CARGA	161
FIGURA 0.10 FACHADA LATERAL DEL MOLINO	161
FIGURA 0.11 DESAGÜE DESDE PARTE SUPERIOR	162
FIGURA 0.12 FACHADA DE ACCESO CERRADA	162
FIGURA 0.13 DETERIOR DE FACHADA EXTERIOR LATERAL	163
FIGURA 0.14 DESAGÜE Y ALIVIADEROS DESDE EL LATERAL OPUESTO	163

FIGURA 0.15 OTRO LATERAL DEL MOLINO	164
FIGURA 0.16 ESCALERAS POSTERIORES Y ENTRADA AL PISO SUPERIOR DEL MOLINO	164
FIGURA 0.17 DETERIORO DE FACHADA POSTERIOR	164
FIGURA 0.18 PEQUEÑA ESTANCIA DEL SEGUNDO PISO.....	165
FIGURA 0.19 PARTE LATERAL INTERIOR DEL MOLINO	166
FIGURA 0.20 LATERAL INTERIOR DEL MOLINO DESDE OTRO ÁNGULO	166
FIGURA 0.21 INTERIOR DEL TERCER PISO	167
FIGURA 0.22 TERCER PISO LA OTRA ALA DEL MOLINO.....	167
FIGURA 0.23 ESCALERAS PARTE SUPERIOR DEL MOLINO	168
FIGURA 0.24 AGUJERO EN TERCER PISO DEL MOLINO.....	168
FIGURA 0.25 ESCULTURA DEDICADA A ABBÁS IBN FIRNÁS CERCANA AL MOLINO	169
FIGURA 0.26 ALIVIADEROS Y DESAGÜE VISTOS DESDE TERCER PISO	169
FIGURA 0.27 AZUD Y MOLINO DESDE PUENTE ABBÁS IBN FIRNÁS.....	170

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 7.1 DATOS DE ESTACIÓN DE AFORO CEDEX 5070.....	11
TABLA 11.1 GRÁFICA PARA ELECCIÓN DE TURBINAS EN FUNCIÓN DEL SALTO	21
TABLA 11.2 ELECCIÓN DE TURBINAS SEGÚN LA VELOCIDAD ESPECÍFICA	22
TABLA 11.3 CARACTERÍSTICAS DE LA TURBINA ELEGIDA	26
TABLA 12.1 DIFERENCIAS ENTRE GENERADORES	29
TABLA 12.2 CARACTERÍSTICAS DEL GENERADOR ELEGIDO.....	31
TABLA 17.1 GRÁFICA DE CAUDALES CLASIFICADOS	44
TABLA 20.1 CURVA DE RENDIMIENTO DE TURBINAS.....	49
TABLA 0.1 TABLA DE VELOCIDAD DE SINCRONISMO DEL GENERADOR.....	55
TABLA 28.1 ENSAYOS.....	108
TABLA 28.2 PERMISOS	108
TABLA 28.3 CONCESIONES	109
TABLA 28.4 PREPARACIÓN DEL TERRENO	109
TABLA 28.5 REHABILITACIÓN DEL EDIFICIO (NO GENERACIÓN)	109
TABLA 28.6 REHABILITACIÓN DEL EDIFICIO (GENERACIÓN ELÉCTRICA)	110
TABLA 28.7 INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	110
TABLA 28.8 INSTALACIÓN HIDRÁULICA	111
TABLA 28.9 ELEMENTOS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA	111
TABLA 28.10 ELEMENTOS DE SEGURIDAD NO ELÉCTRICA	111
TABLA 28.11 ELEMENTOS DE SEGURIDAD ELÉCTRICA	111
TABLA 28.12 ELEMENTOS DE INSTALACIÓN ESTRUCTURAL	112
TABLA 28.13 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	112
TABLA 28.14 COSTES DE PERSONAL	113
TABLA 28.15 MANTENIMIENTO	113
TABLA 28.16 CONEXIÓN A RED	113
TABLA 29.1 PRESUPUESTO TOTAL	114
TABLA 30.1 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	114
TABLA 30.2 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	115
TABLA 36.1 RESULTADO PARA EL CÁLCULO DEL VALOR NETO ACTUAL (VAN)	121
TABLA 36.2 RESULTADO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO.....	122
TABLA 36.3 VALOR DE LA TIR	123



MEMORIA

Memoria

1 Objeto del proyecto

El presente documento se encuentra destinado a confirmar la viabilidad del “Salto de Casillas”, situado en el río Guadalquivir, aguas abajo de su paso por la ciudad de Córdoba, con el fin de construir una central hidroeléctrica de tipo fluyente.



Figura 1.1 Central desde arriba antes de la construcción del puente de Abbás Ibn Firnás

El salto de Casillas tiene un valor medio de 4 metros de salto bruto y se genera gracias al azud recientemente restaurado del mismo nombre. Este azud daba servicio a la antigua central hidroeléctrica, cuyo edificio aún existe en el estribo derecho pese a llevar décadas fuera de servicio.

Al pretender dar viabilidad al salto, en primer lugar se estudiarán las características técnicas para que sea viable a nivel económico ya que se trata de un emplazamiento que tuvo, como ya se ha mencionado, una explotación hidroeléctrica que se abandonó, lo que hace temer que el rendimiento que podría extraerse será escaso o incluso antieconómico. Sin embargo, el tener construido ya el azud es una gran ventaja ya que se dispone de uno de los elementos que suele absorber gran parte del presupuesto en este tipo de centrales.

2 Motivos por los que rehabilitar la central

Para llevar a cabo el estudio de viabilidad y con ello la rehabilitación de esta central hidroeléctrica se han tenido en cuenta las siguientes circunstancias:

1. En primer lugar, Córdoba es una ciudad que depende energéticamente de otras ciudades para obtener su energía, con lo que de llevar a cabo dicha rehabilitación se obtendrá en consecuencia una menor dependencia de otros puntos de energía que no sean tan económicos.

2. Por otro lado, este molino ya ha sido utilizado como central hidroeléctrica y aunque es posible que no sea rentable, los medios de los que se disponen en la actualidad son muy distintos de los que se poseían con anterioridad, con lo que es muy probable que su coste junto con su rendimiento aumenten.

3. Además, el Guadalquivir es un río de caudal irregular y con esta rehabilitación se controlaría en parte igualmente el caudal de dicho río.

4. Por último, se apostaría por energías de fuentes renovables, con lo que habría menor dependencia de fuentes de energía no renovable y como consecuencia tendríamos mayor mix energético en la zona. Lo que beneficiaría en gran medida a Córdoba en un desarrollo posterior.

Con lo que se llegaría a la conclusión, de intentar viabilizar tanto de forma económica como de forma técnica dicha central, ya que presenta muchas ventajas a favor que beneficiarían en gran medida a la ciudad.

3 Antecedentes del Proyecto

3.1 Historia de los Molinos del Guadalquivir

En la ciudad de Córdoba existen gran cantidad, un total de diez, molinos harineros abandonados con seis presas diferentes, que se han llegado incluso a instaurar como patrimonio histórico de la ciudad. Pues cuentan su historia y son edificios realmente antiguos, cuales nombres son: Lope García (en la parada homónima), Carbonell (parada homónima), Martos (parada homónima), Albolafia, Pápalo, Enmedio, San Antonio (parada del Puente), la Alegría, San Rafael (parada de Alhadra) y Casillas (parada homónima).

Además, se encuentran testimoniados desde época medieval, algunos directamente (como el de Lope García, el de Martos, los cuatro del Puente o el de Casillas), otros de manera indirecta, pues en algunos casos conocemos la existencia de edificios en el emplazamiento que ocupan los actuales molinos pero ignoramos si se

corresponden exactamente con los que hoy se conservan (es el caso del molino Carbonell y de los de la Alegría y San Rafael).

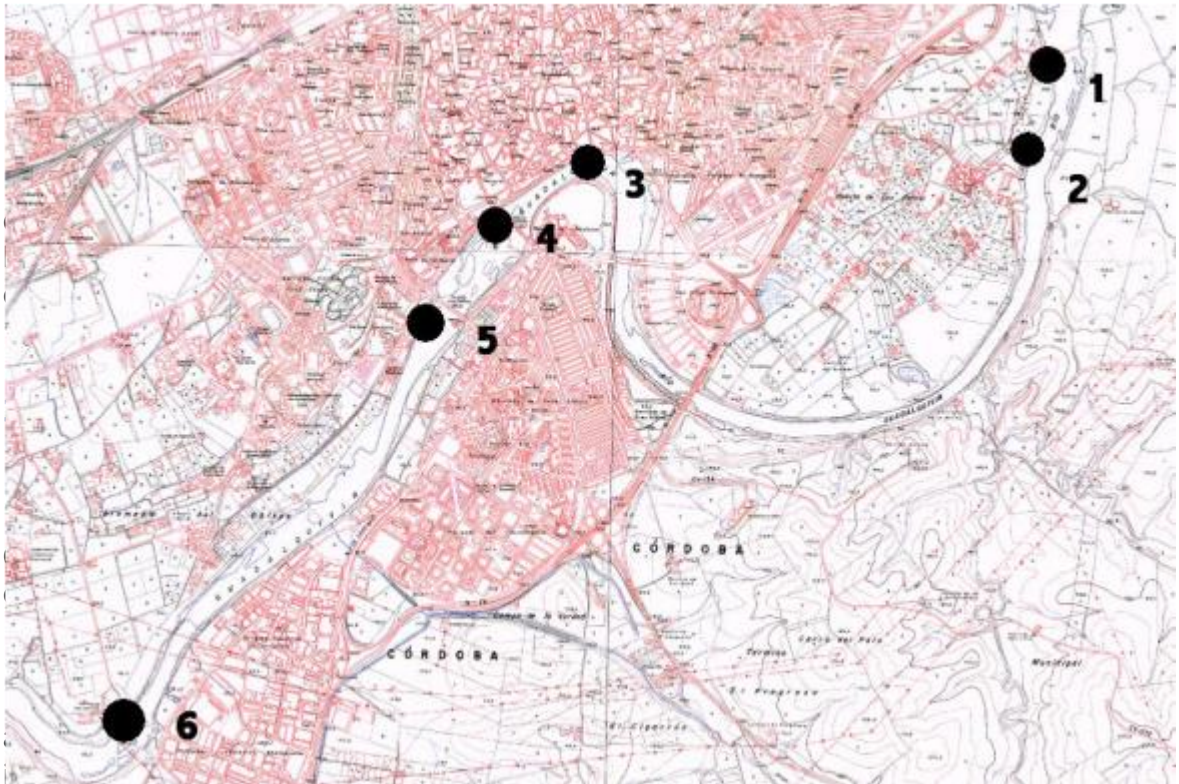


Figura 3.1 Localización de los molinos de la ciudad de Córdoba

En el siglo XV, el Archivo Histórico de Córdoba sitúa en este lugar un molino al describir en 1485 obras en cuatro aceñas con cuatro piedras de moler aquí situadas. De igual modo se documenta en 1486 la existencia de al menos un batán en este mismo molino y en 1488 la posesión en arrendamiento o propiedad de cuatro piedras de moler en el molino de Casillas a favor de Pedro Fernández.

Durante la mayor parte del siglo XVI, aceñas y batanes comparten lugar en esta parada de Casillas, pero a partir de 1560 no se vuelve a documentar el arrendamiento de batanes sino tan solo la existencia de un molino harinero, molino que durante la última mitad del siglo XVI y hasta el XIX permanece vinculado en propiedad a la rama de la familia Góngora que desde 1650 serán Marqueses de la Puebla.

Entre 1560 y 1580, las instalaciones y el edificio sufren una importante transformación ya que el inventario catedralicio que se realiza en 1575 cita en esta parada la existencia de siete piedras de moler, cinco de aceña de rueda vertical y dos ya de molino de regolfo. En el mismo texto se constata que los propietarios son entonces los hijos y herederos de D. Luis de Góngora, el reconocido escritor.

En torno a 1581, vemos que ya existían siete piedras de moler no volviendo a citarse la existencia de aceñas en el mismo, aunque sí que aparecen en el plano del

Instituto Geográfico del Ejército de 1830 lo que señala con “aceña con 9 piedras” lo que quizá ya serían cubas de regolfo.

En 1752, el catastro de Ensenada pone de manifiesto la existencia en Casillas de un molino con nueve piedras de moler, propiedad de los Marqueses de la Puebla, y hace constar que el edificio consistía en : *“ una crujía para almacén nombrada la Cueva, otra crujía en la que se colocan dos piedras, otra crujía en la que se colocan tres piedras y en otra cuatro piedras, todas con sus correspondientes canales, alcantarilla con tres arcos boquerones, y el del cañal, su respectiva azuda o presa, una casa en tierra para depósito o almacén que cuenta con cocina, salas y caballeriza, y en piso principal dos salas , cuyo valor asciende a 147.501 reales”*. Tal cual consta en dichos escritos.

En 1885 adquiere la totalidad de la propiedad un tal García Nadal y a continuación se producen sucesivas ventas en un período corto de tiempo, probablemente porque los molinos de harina tradicionales empezaban a no ser rentables al instalarse algunas fábricas de harina ya hidráulicas o eléctricas en el entorno del río en el mismo municipio de Córdoba.

De este modo, el molino de Casillas es adquirido en 1893 por una sociedad con la intención de reparar la presa, sanear el molino y hacer las obras necesarias para instalar una o más turbinas de producción de electricidad. Se comprometen en esa compra expresamente a no dedicar el molino a industria harinera probablemente porque parte de los componentes de la sociedad tienen otras fábricas de harina en Córdoba y quieren evitar mayor competencia.

Con esta compra, el molino de Casillas abandona la función tradicional que había tenido desde el siglo XV primero como aceña de rueda vertical y después como molino harinero de regolfo y pasa a convertirse en “Fábrica de Electricidad de Casillas” que sirvió para proporcionar a Córdoba el primer alumbrado público de finales del XIX y que fue la principal central hidroeléctrica de la ciudad hasta mediados del siglo XX.

Es un hecho que desde 1894 el alumbrado público de Córdoba procede de las instalaciones situadas en el antiguo molino de Casillas.

En 1895 la sociedad que compró Casillas se constituye en sociedad anónima con la denominación de “Empresa de Electricidad Casillas” y hasta 1920 suministra electricidad a Córdoba. Al año siguiente, la Sociedad Anónima “Empresa de Electricidad Casillas” vende la central hidroeléctrica a la sociedad anónima “Gas y Electricidad de Córdoba” que será la encargada de explotar el molino y suministrar electricidad a Córdoba.

En 1940, la Compañía Eléctrica Mengemor adquiere Casillas y de esa época existe de nuevo una descripción en el Registro de la Propiedad de Córdoba en la que entre otras cosas se expone que consta de: un edificio de tres plantas destinados a casa de máquinas

en el que hay instalados tres grupos de turbinas y alternadores con sus correspondientes cuadros de distribución.

En estos dos últimos textos no se describe la edificación ni en consecuencia como son las cubiertas en esa época. Sin embargo, las fotografías del Informe de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir de 1933 nos muestran una imagen del edificio prácticamente igual a la actual, con tejados a dos aguas y un pórtico.

La última empresa propietaria del molino de Casillas fue una empresa filial de Sevillana de Electricidad denominada “Hidroeléctrica de Casillas, S.L.”, a la que pasó al ser absorbida Mengemor por Sevillana y esto ocurre en 1933.

4 Situación de la Central

4.1 Localización Geográfica

El molino de Casillas se encuentra situado como ya se ha indicado en la ciudad de Córdoba, perteneciente a la comunidad autónoma de Andalucía. Concretamente a las afueras, a unos 3 kilómetros río abajo, en el margen derecho del río y frente al actual polígono industrial de la ciudad, conocido como Amargacena.

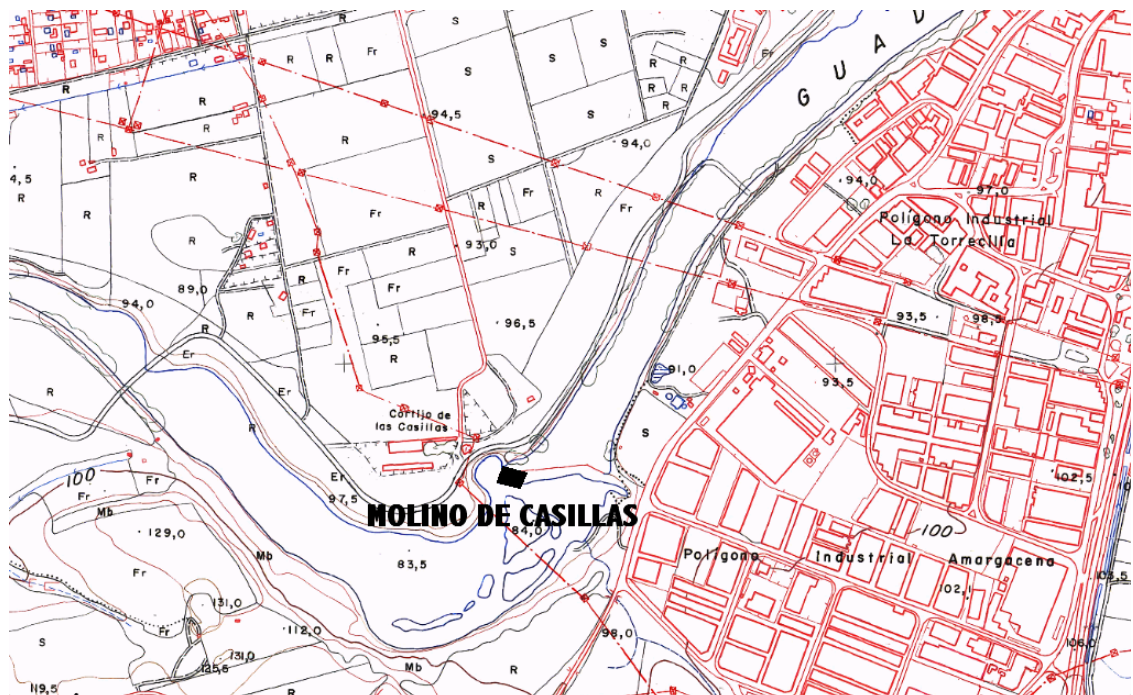


Figura 4.1 Situación del molino de Casillas

Hay que añadir que Córdoba como ciudad se localiza en la depresión existente a orillas del río Guadalquivir, estando al pie de la cadena montañosa de Sierra Morena.

Esta es, además, la tercera ciudad más poblada de Andalucía, por detrás únicamente de Sevilla y Málaga.

Forma parte de la historia española, tomando un gran partido, ya que fue la capital durante la época de la Hispania Ulterior en tiempos de la República Romana, de la provincia bética durante el Imperio Romano y del califato de Córdoba durante la época musulmana. Según los testimonios arqueológicos, la ciudad llegó a contar con un millón de habitantes en el siglo X, lo que la hizo llegar a ser en ese tiempo la ciudad más grande, culta y opulenta de todo el mundo. En ella se encuentra uno de los templos judeocristianos más importantes de la actualidad, la mezquita de Córdoba, declarada patrimonio de la Humanidad en 1984.

Las coordenadas exactas de nuestra central medidas mediante el visor sigpac, programa de la junta de Castilla y León, son las siguientes:



Figura 4.2 Coordenadas UTM del molino

4.2 Situación Geológica

La ciudad de Córdoba se encuentra cercana a Sierra Morena, esta zona destaca por contener materiales paleozoicos, pero en ella también hay presente un importante paquete de materiales del carbonífero con gran cantidad de lignito. Existen también algunos batolitos de materiales graníticos que han sido parcialmente erosionados a lo largo del tiempo.

El relieve quebrado, hasta cierto punto vigoroso y con fuertes pendientes, es causa de la inexistencia de suelos o de la presencia de suelos pobres, poco profundos y con gran pedregosidad, encontrándose sometidos a fuertes procesos erosivos, de difícil laboreo.

Sólo en los valles encontramos un suelo profundo, arenoso y con un substrato de arcillas, ello es debido al proceso de destrucción del granito, que al ser insoluble no ha sido eliminado por el agua. Este es el relieve propio de la ciudad, ya que se encuentra en un valle por el cual discurre el Guadalquivir.

4.3 Situación climática

Córdoba consta de un clima mediterráneo continentalizado, con influencias atlánticas, condicionado principalmente por su proximidad al mar. Los inviernos acostumbran a ser algo más suaves que en el resto de la Península, aunque aparecen heladas que en ocasiones pueden ser fuertes, debido nuevamente por su distancia del mar. Los veranos son muy calurosos, con importantes oscilaciones térmicas diarias y temperaturas máximas que, en promedio son las más altas de Europa, sobrepasándose todos los años los 40 °C en varias ocasiones y que han llegado a superar incluso los 45 °C. Sin embargo, aunque las mínimas son más frescas, la temperatura media alcanza los 28 °C en julio y agosto, lo que conlleva problemas con la escasez de agua.

Las precipitaciones se concentran en los meses más fríos, debido a la citada influencia atlántica, ya que se producen por la entrada de borrascas desde el oeste, situación que se da más en el periodo de diciembre a febrero, y presenta una fuerte sequía estival, típica de los climas mediterráneos. Las lluvias anuales suelen alcanzar los 600 mm, aunque hay una importante irregularidad interanual.

5 Clasificación de la instalación

Dadas las condiciones de la minicentral hidroeléctrica, ésta queda caracterizada como Central Productora de energía en baja tensión (Tipo C.2) y a su vez como local húmedo (Tipo B.1), por poder aparecer de manera esporádica cúmulos de agua en condiciones de avería del sistema hidráulico o por condensación, de acuerdo con la ITC-BT 30, según el Reglamento de Baja Tensión; en referencia al RD 661/2007 se caracteriza como (Tipo B.4.), al no tener una potencia superior a 10 MW.

Esta instalación requiere la elaboración de un proyecto, por ser mayor de 10 kW y ubicarse en un local húmedo según la IT-BT-04, y el punto 3.1 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

5.1 Tipo de central

Aunque se pueden contemplar dos tipos de centrales hidroeléctricas como son de agua fluyente o de agua embalsada, nos decantaremos por una central de agua fluyente, como se observará en el apartado 9.1 no será fácil decantarse por este tipo de central, pero al estudiar los posibles problemas que una central de agua embalsada puede presentar en este lugar será lo más factible.

Ya que es posible que la obra a realizar en una central de agua fluyente pueda parecer a priori menor, no es del todo seguro. Sin embargo, el coste para realizar una central de agua embalsada siempre será superior, ya que hará falta variar el azud en cierto modo.

También es cierto que aun pudiéndose producir inundaciones al aumentar el nivel del agua del río en invierno e incluso posteriormente en la entrada de la primavera por el deshielo, tal como se vio en el apartado 4.3 Situación climática, no aseguraríamos que esto no ocurriera con una central de agua fluyente, pero pueden ser pérdidas mayores para una central de agua embalsada de ocurrir una inundación.

Una central de agua fluyente se adecuaría a las características de la zona puesto que en la temporada de precipitaciones abundantes (de aguas altas), desarrollan su potencia máxima, y dejan pasar el agua excedente. Mientras que en la época seca (aguas bajas), se regulará el caudal teniendo, teniendo un rendimiento más estable, menor al de la época de invierno, pero se estimará que seguirá habiendo agua para el resto de actividades.

6 Especificaciones río ubicación

Como ya se ha comentado la central hidroeléctrica a diseñar estará situada en el curso del río Guadalquivir a su paso por Córdoba, cuya cuenca hidrográfica pertenece en su práctica totalidad a la comunidad autónoma de Andalucía. Este río nace en la Cañada de las Fuentes, en Jaén, y desemboca en el océano Atlántico a través de Sanlúcar de Barrameda. Además, es el quinto río por longitud de la Península Ibérica recorriendo a su paso por España ciudades como Sevilla, Andújar y Córdoba.

Desde su descubrimiento el río recibió multitud de nombres, así los fenicios lo bautizaron como Baits, pasando posteriormente a Betis (o Baetis) desde tiempos preromanos, aportando su nombre a la provincia romana de la Bética en Hispania. Tras ello fueron los griegos, quienes se interesaron por el gran río del sur de Hispania, llamándolo Tharsis o el río de Tartessos. Pero su verdadero nombre proviene del pueblo árabe, el cual se estableció en la Península durante casi 8 siglos, que lo denominó al-wadi al-Kibir que significa «el río grande», y cuya evolución terminó alterándolo hasta el actual.

Con lo anteriormente expuesto se da a entender la gran importancia que ha tenido dicho río en el desarrollo de la ciudad como tal, así como su peso sobre la misma, ya que sin él es muy probable que Córdoba como ciudad no existiese en la actualidad tal cual la conocemos hoy. Además, es un río con un caudal medio de $164,3 \text{ m}^3/\text{s}$ y uno de los pocos ríos navegables en toda la Península Ibérica.



Figura 6.1 Guadalquivir en tramo navegable

Por último, cabe destacar que en el río aparecen grandes crecidas que han causado problemas de inundaciones a lo largo de la historia sobre todo, a la provincia de Sevilla, en plena llanura aluvial. El problema de las inundaciones se ha resuelto en la capital andaluza, no así en Córdoba y otras poblaciones de la cuenca como Montoro y Lora del Río, por lo que es una de las razones comentada con anterioridad por la cual sería interesante rehabilitar la central.

7 Estudio Hidrológico

El caudal del Guadalquivir en su nacimiento es pluvial con un máximo en invierno que es general en toda la cuenca, si bien después del deshielo se produce otro máximo secundario en primavera, con el deshielo en las sierras. La irregularidad es de 5,1 en el nacimiento y de 3,40 en la desembocadura.

7.1 Cuenca Hidrográfica

Comprende el territorio de la cuenca hidrográfica del río Guadalquivir, así como las cuencas hidrográficas que vierten al Océano Atlántico desde el límite entre los términos municipales de Palos de la Frontera y Lucena del Puerto (Torre del Loro) hasta la desembocadura del Guadalquivir, junto con sus aguas de transición. Las aguas costeras tienen como límite oeste la línea con orientación 213° que pasa por la Torre del Loro y como límite este la línea con orientación 244° que pasa por la Punta Camarón, en el municipio de Chipiona.

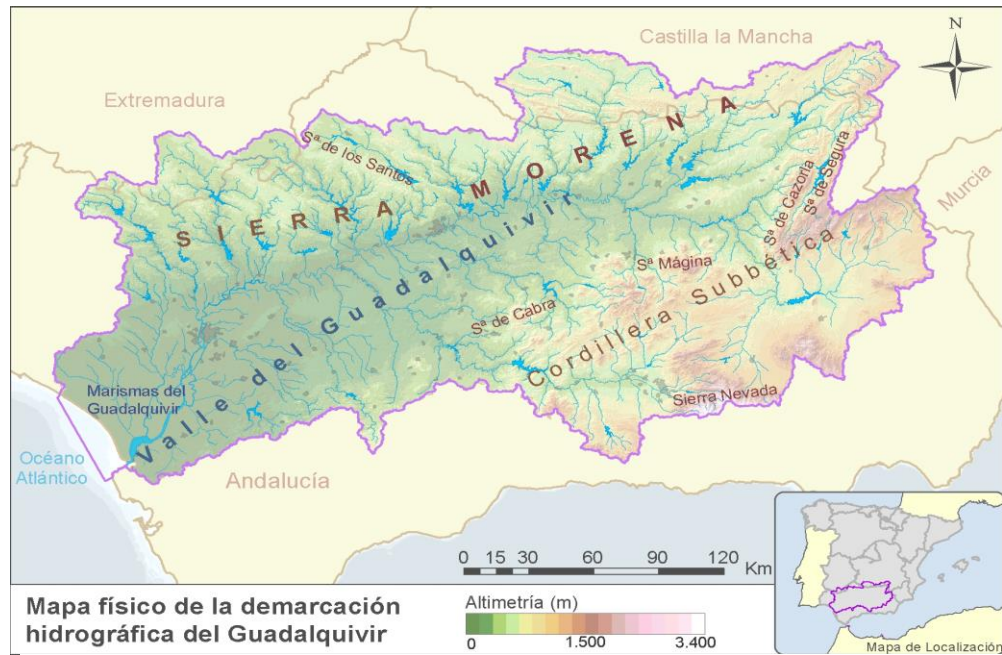


Figura 7.1 Cuenca Hidrográfica del Guadalquivir

7.2 Estudio del caudal

La evaluación del caudal con el que constará nuestra central se realizará mediante el uso del programa informático RETscreen del Ministerio de recursos naturales de Canadá, el cual está avalado por diversos Organismos como el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), o el Foro Mundial del Medio Ambiente (GEF) para la evaluación de la viabilidad económica de centrales de energía limpia (por ejemplo centrales hidroeléctricas fluyentes), tal y como queda reflejado en la parte del proyecto de cálculos.

Para el dimensionamiento de una central hidroeléctrica de tipo fluyente es necesario estudiar el régimen de caudales disponible del río. Mostrándose, a continuación, los caudales desde el año 1950 hasta el 1990 tomados desde la estación de aforo más cercana a la misma:

Tabla 7.1 Datos de Estación de Aforo CEDEX 5070

Año	Aportación anual (Hm ³)	Caudal medio anual (m ³ /s)	Qc (m ³ /s)	Fecha Qc (d/m/a)	Qci (m ³ /s)	Fecha Qci (d/m/a)	Qcn (m ³ /s)	Fecha Qcn (d/m/a)
1952	984,83	31,229	370	16/12/1952		//	9	3/4/1953
1953	967,516	30,68	169,3	17/3/1954		//	7,5	22/6/1954

Año	Aportación anual (Hm ³)	Caudal medio anual (m ³ /s)	Qc (m ³ /s)	Fecha Qc (d/m/a)	Qci (m ³ /s)	Fecha Qci (d/m/a)	Qcn (m ³ /s)	Fecha Qcn (d/m/a)
1954	1750,62	55,512	396,6	19/2/1955		//	7	12/10/1954
1955	2396,805	75,795	850	29/4/1956		//	15	8/6/1956
1956	985,565	31,252	260	11/5/1957		//	9	28/9/1957
1957	1036,541	32,868	190	30/3/1958		//	3	24/9/1958
1958	2296,08	72,808	2000	22/12/1958		//	8	6/5/1959
1959	6340,81	200,516	2600	19/2/1960		//	10	27/6/1960
1960	3227,213	102,334	700	5/1/1961		//	8	12/5/1961
1965	6336,49	200,929	2164	22/2/1966		//	33	15/6/1966
1966	1503,032	47,661	393,5	18/2/1967		//	32,9	1/1/1967
1967	1470,554	46,504	267,5	2/3/1968		//	14,5	21/5/1968
1969	4257,446	135,003	1823	12/1/1970	1931	12/1/1970	13	16/10/1969
1970	2482,379	78,716	310,2	4/4/1971	422	6/5/1971	17	20/10/1970
1971	2703,211	85,484	370	8/3/1972		//	23,39	26/10/1971
1972	1220,829	38,712	203	25/1/1973		//	21	10/6/1973
1973	1685,57	53,449	548	21/10/1973		//	32,94	13/1/1974
1979				//		//		//
1980	892,4	28,298	97,5	26/6/1981		//	10,5	20/2/1981
1981	931,349	29,533	290,4	31/12/1981		//	11,2	29/4/1982
1983	1912,917	60,492	648,998	21/12/1983		//	2,55	14/10/1983
1984	2001,335	63,462	546	22/1/1985		//	4,5	14/10/1984
1985	1587,552	50,341	456	21/2/1986		//	4,25	6/10/1985
1986	1113,791	35,318	232,49	3/2/1987		//	2,518	13/12/1986
1987	1551,789	49,072	983,104	14/12/1987		//	8,319	27/4/1988
1988	500,788	15,88	81,297	10/9/1989		//	0,771	22/2/1989
1990	848,297	26,899	314,205	8/3/1991		//	1,699	16/4/1991

Año: Año hidrológico, de octubre el año que se indica a septiembre del año siguiente.

Qc: Caudal medio diario máximo del año.

Qcn: Caudal medio diario mínimo del año.

Los datos han sido obtenidos de la página oficial del CEDEX, desde la estación de aforo 5070, Puente Romano de Córdoba, muy cercana a nuestra central. En la tabla se ve claramente cómo se alternan años secos, con años que son algo más húmedos.

Aunque los valores con los que contamos no son actuales, son suficientes para calcular el caudal de forma muy aproximada a la realidad, de necesitar los caudales actuales tendríamos que contactar con Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG) y aporta el coste económico que traerían consigo dichos datos.

A partir de dichos datos llegamos a establecer la curva de caudales clasificados que se detallará en la parte de cálculos y cuyas características fundamentales son:

- $Q = 70,8 \text{ m}^3/\text{s}$ (caudal medio anual)
- $Q_{30} = 50 \text{ m}^3/\text{s}$ (caudal que se iguala o supera el 30 % del tiempo)
- $Q_{95} = 10 \text{ m}^3/\text{s}$ (caudal que se iguala o supera el 95 % del tiempo)

De ese régimen de caudales se puede extraer el caudal firme o garantizado que es el igualado o superado el 95% del tiempo según la curva de caudales clasificados y que tiene gran relevancia a la hora de fijar la importancia del salto en lo que respecta al uso de la energía generada, tanto si se exporta a la red general como si se concibe como alimentador de una demanda aislada.

Sin embargo, para la obtención concreta de la potencia instalada, es preciso utilizar el concepto de caudal nominal o de diseño que es con el que se diseñan los equipos de turbinación y es donde se consigue su máxima eficiencia energética. Por lo que utilizaremos el que es igual o superior al 30% del tiempo con un valor de $50 \text{ m}^3/\text{s}$.

8 Salto Disponible

El salto bruto del que disponemos rondara los 4 m, quedando medido al acudir al lugar de rehabilitación del molino, desde el nivel superior del agua hasta donde se localizaran las turbinas.

Este salto podrá variar a lo largo del año, siendo superior al mismo en los meses más lluviosos en los que la central operara a máximo rendimiento y los meses algo más secos en la temporada estival, en los cuales las precipitaciones serán menores y, por lo

tanto, el rendimiento obtenido será inferior al obtenido a pleno rendimiento. Por lo que se prevee que el salto oscilará en torno a los 4 metros anteriormente expuestos, pudiendo ser mayor o menor en función de la época del año y del nivel de precipitaciones.

9 Obra Cívil

9.1 Elección de la central

Los dos tipos de centrales que se pueden realizar con la cantidad de agua con la que se puede llegar a contar y contando con las características del terreno son: central de agua fluyente y central de agua embalsada.

Por un lado, una central de agua fluyente tiene algunas ventajas importantes como son en primer lugar que no es necesario realizar una obra para ampliar el azud, el agua se turbinan y se devuelve al río lo que no produce grandes alteraciones ambientales en sus aguas, puesto que no queda retenida como quedaría en un embalse y que, además, la cantidad de presupuesto a aportar será menor ya que se prevén obras civiles menores. Sin embargo, tiene una gran desventaja ya que al no controlar el caudal el rendimiento es oscilante y sería preferible que el mismo fuera lo más constante posible, lo que conlleva un riesgo mayor en su posterior obtención de energía y rentabilidad.

Por otro lado, una central de agua embalsada regulará el caudal, teniendo en consecuencia un rendimiento estable durante todo el año, asegurando rentabilidad y con riesgo menor de la misma. Aunque, también el impacto ambiental será mayor, junto con la obra civil y el presupuesto a aportar.

Con lo anteriormente expuesto, parece más viable una central de agua fluyente ya que es la opción que menos coste va a significar, con la que menos impacto medioambiental se generará y se verá afectado únicamente la parte del molino a rehabilitar.

9.2 Desarrollo de la obra

La obra civil a realizar se detallará de la forma más completa posible, se realizará a lo largo de un año y consistirá en un proceso de reconstrucción de la central que anteriormente se había encontrado situada en esta zona.

El problema principal y por el cual habrá que invertir mayor presupuesto, es que el edificio del molino se encuentra actualmente en un estado de práctica ruina. Por lo que en primer lugar tendremos que tener en cuenta como llevarlo a cabo.

Para ello, se aislará el margen izquierdo del río dejando las ataguías lo mejor situadas posibles para no cerrar la escala de peces y no alterar el ciclo de vida de los mismos, tal y como se muestra a continuación:



Figura 9.1 Situación de Ataguías

Tras lo cual el proceso que seguirá a la colocación de ataguías y posterior recirculación será de la forma siguiente:

- En primer lugar, se realizará la función de eliminación de vegetación y desmonte, así como el trabajo del suelo para facilitar el acceso a la maquinaria posterior.
- De manera posterior se cambiará toda la zona perteneciente al desagüe, estimando de manera precisa si se cambia toda la estructura de desagüe o solamente las rejillas, depende del estado de las mismas.
- Después, realizar la obra necesaria para la reconstrucción del molino, ya que se encuentra en un estado no demasiado bueno para alojar la maquinaria necesaria (turbinas, generadores, alternadores, etc.) en su interior, lo más factible será comenzar un proceso integro de rehabilitación, llegando incluso a empezar con el mismo desde los cimientos hasta llegar a una estructura optima capaz de albergar la central, muy similar a la actual.

Cabe decir que el molino es patrimonio de la ciudad y que, por tanto, derribarlo y volver a empezar con el mismo desde los cimientos puede presentar problemas. Sin embargo, debido al estado de deterioro actual del mismo no sería tan mala idea, si la estructura posterior recordase el molino que en este lugar se encontraba.

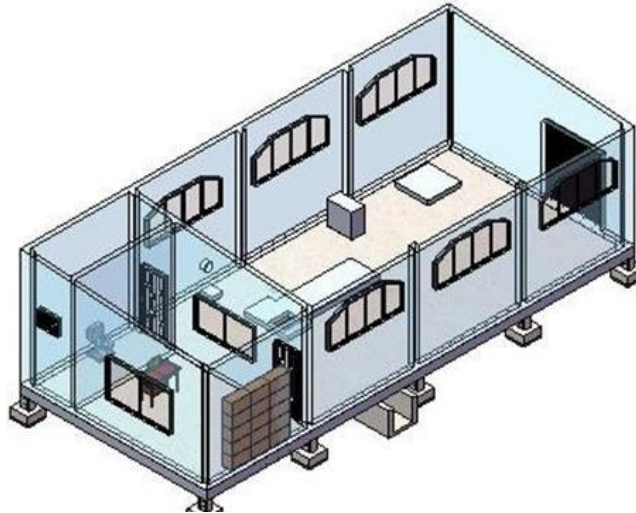


Figura 9.2 Estructura interna del molino tras obra

- Una vez rehabilitada la estructura principal del molino, se pasará a la rehabilitación de las zonas que albergaran los equipos de generación eléctrica como son la cámara de carga, la toma y el canal de derivación.
- Posteriormente, se colocaran en el interior de las zonas anteriormente rehabilitadas los equipos de generación eléctrica, tales como generadores y turbinas.
- Tras lo mismo, se llevará a cabo la reconstrucción de la línea eléctrica subterránea que llevará la electricidad producida hasta la subestación más cercana, como se estudiará en el apartado 15. conexión a red.
- Cuando todos los equipos eléctricos se coloquen, así como todos los equipos de protección estén en su debido lugar y se haya limpiado la zona por donde se volverá a encauzar el río, evitando la eutrofización, se pondrá en marcha la central. Dando por acabado la obra.

10 Descripción general

10.1 Elementos estructurales

La descripción general de la estructura de la central se detalla a continuación y quedará mejor definido en la parte de planos:

1. **Azud:** El azud ya se encuentra construido, es de hormigón reforzado y es la parte donde ahorraremos gran cantidad de presupuesto. Este azud cuenta además con escala para peces por lo que tendría especial cuidado con el medio ambiente.

2. **Salto para peces:** Ya existente en el azud construido, que permite que los peces pasen a través de una serie de escalas, para que sean capaces de pasar tanto aguas arriba como aguas abajo en sus migraciones.
3. **Toma:** Consistirá en la zona desde la cual el agua pasará hasta el canal de derivación a partir del cual llegará hasta las turbinas. La toma consistirá en una apertura con compuertas motorizadas y rejas para gruesos, evitando que algunos materiales que puedan producir problemas en el uso de las turbinas lleguen hasta las mismas.
4. **Canal de derivación:** Sin contar con una extensión excesivamente grande, si es cierto que será necesario cierto tramo de canal de derivación para hacer llegar el agua con altura y velocidad suficientes para alcanzar la potencia deseada.
5. **Tubería Forzada:** Aunque con el salto del que disponemos podría no llegar a ser necesaria, pues no es superior a 5 metros, la incluiremos por seguridad y cierta mejora de la instalación.
6. **Cámara de carga:** Es aquí donde se encontraran las turbinas de la central, en ella el agua pasara por las turbinas y desde aquí obtendremos la potencia de la central. La cámara de carga será cerrada para prevenir cualquier riesgo que pudiera llegar a ocurrir, estando situada en la planta baja del molino a rehabilitar. Además, se insonorizara en la medida de lo posible dicha cámara para que la contaminación acústica sea la menor posible.
7. **Desagüe:** La zona de desagüe se encontrara a la derecha del molino y es el lugar desde el cual se devolverá el agua a su cauce, en caso de no poder turbinar todo el agua, se abrirán para mantener el cauce lo más parecido a la parte de aguas arriba.



Figura 10.1 Esquema de la central hidroeléctrica

10.2 Elementos de seguridad

1. Válvulas de control:

Las válvulas de control y regulación son aquellas que, como su nombre indica, nos sirven para controlar las variables hidráulicas del sistema.

Las válvulas reguladoras por tanto, en esencia, lo que hacen es dificultar el paso del fluido en mayor o menor medida dependiendo del grado de apertura y de la característica hidráulica de la válvula. Así pues las válvulas de regulación es un elemento que provoca pérdidas de carga o lo que es lo mismo es un elemento disipador de energía. Por tanto, con estas válvulas regularemos el caudal de descarga, el nivel, el caudal de by-pass de la turbina, el caudal en una conducción y la reducción de presión provocada.

La válvula de control a final de línea elegida será de descarga de chorro hueco a la salida de la central, ya que nos asegura la regulación final del caudal.



Figura 10.2 Válvulas de control

La válvula de descarga de chorro hueco consiste en un cuerpo en forma de tubo cilíndrico con un cono ciego en su extremo y un cilindro obturador que desliza por la parte exterior del tubo cilíndrico.

El cierre y la regulación, respectivamente, se efectúan mediante el cilindro obturador que, accionado por elementos motrices colocados en el exterior, se desliza, apoyado sobre las guías del cuerpo, cerrando contra el cono de salida. La estanqueidad del cierre entre el tubo obturador y el cono de salida se realiza, en primer lugar, por asiento y contra-asiento cónicos en acero inoxidable y, en segundo lugar, por una junta elástica auxiliar para conseguir un cierre perfectamente estanco.

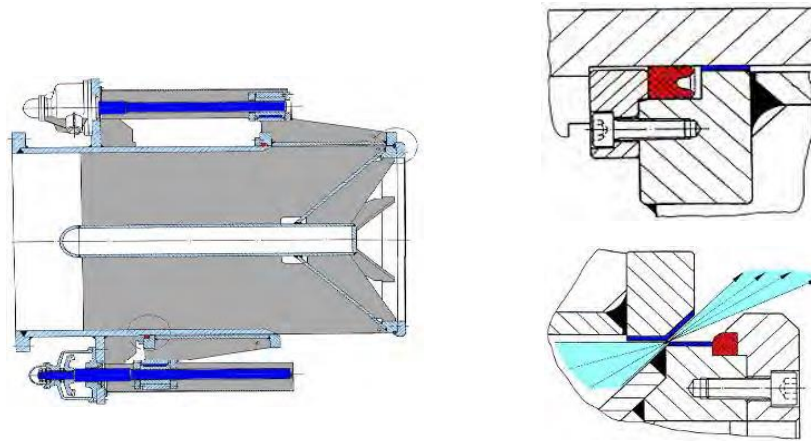


Figura 10.3 Esquema de válvulas de control

2. Válvulas de cierre y seguridad:

Las válvulas de cierre y seguridad son las encargadas de abrir o cerrar el paso de la toma de agua, no realizan funciones de regulación por lo que su funcionamiento es del tipo todo/nada.

En las presas, además, esta función suele tener funciones de seguridad y estas válvulas deben cerrar de forma segura y lo más rápido posible cuando se detecta cualquier anomalía en la instalación (inundación de la caseta de válvulas, exceso de nivel, rotura de tuberías, exceso de caudal o revoluciones en la turbina, fallo de energía eléctrica,...).

Utilizaremos una válvula de mariposa de doble excentricidad, ya que soportan mayores presiones que las válvulas de compuerta, además de ser más económicas y de fácil accionamiento.

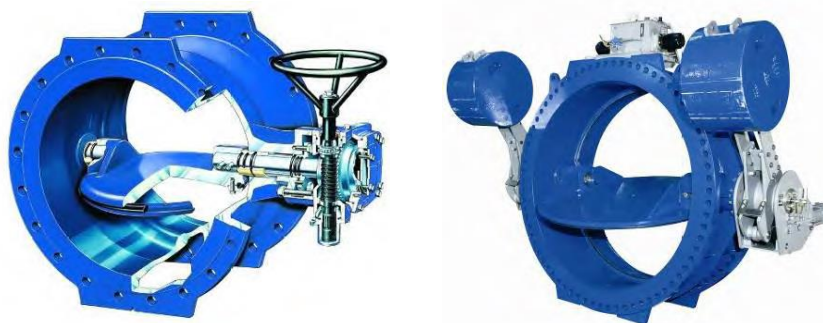


Figura 10.4 Válvulas de control y seguridad

Las válvulas de mariposa consisten en un cuerpo dentro del cual se mueve un disco, que es el elemento obturador. Este disco gira alrededor de un eje siendo su trayectoria completa de 90°, que van desde la posición de máxima apertura, con el disco paralelo al flujo a la de cierre con el disco perpendicular al flujo.

En el caso de las válvulas de mariposa de doble excentricidad, el disco está descentrado respecto al eje y éste último ligeramente respecto al cuerpo de la válvula. El anillo de estanqueidad desmontable se encuentra en el perímetro del disco y en su posición de cierre apoya contra un asiento en acero inoxidable que está en el interior del cuerpo de la válvula.

La doble excentricidad proporciona la ventaja de que el anillo de estanqueidad está libre de tensiones a los pocos grados de apertura y sólo trabaja en la posición de cierre. Además, éste anillo es fácilmente sustituible sin necesidad de desmontar la válvula.

11 Descripción del equipamiento hidromecánico

11.1 Turbina

Una turbina hidráulica es una turbomáquina motora hidráulica, que aprovecha la energía de un fluido que pasa a través de ella para producir un movimiento de rotación que, transferido mediante un eje, mueve directamente una máquina o bien un generador que transforma la energía mecánica en eléctrica.

Dicho en otras palabras, la turbina hidráulica es el elemento clave de la minicentral, ya que aprovecha la energía cinética y potencial que contiene el agua, transformándola en un movimiento de rotación, que transferido mediante un eje al generador produce energía eléctrica.

11.1.1 Elección de la turbina

Según del caudal a turbinar:

La elección de la turbina se hace en función del salto existente y del caudal turbinado, ya que cada tipo de turbina tiene un mejor funcionamiento para unas determinadas características, así como un mejor rendimiento hidráulico.

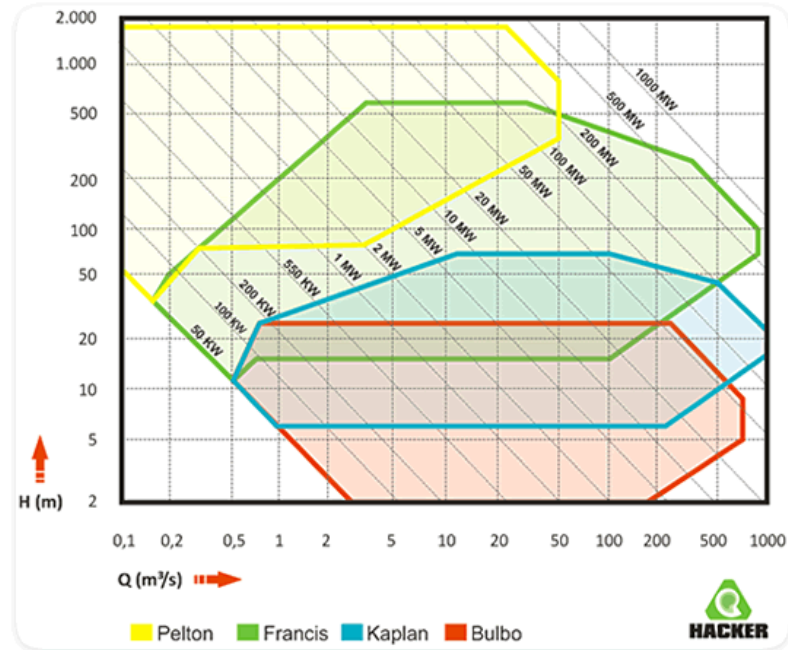


Tabla 11.1 Gráfica para elección de turbinas en función del salto

Como se puede observar en la gráfica anterior, para un caudal de $50 \text{ m}^3/\text{s}$ y una altura de 6 m, el resultado que aporta dicho gráfico es que es posible utilizar dos tipos de turbinas para dicha instalación.

Por un lado, las turbinas convencionales de bulbo, que actualmente son conocidas como Pit-Kaplan y que tienen la ventaja de que en su interior ya se encuentra el alternador, lo que las hacía perfectas para espacios reducidos.

Por otro lado y en contraposición, las turbinas Kaplan o S-Kaplan, que aunque no portan en su interior el alternador, este se ha ido haciendo cada vez más pequeño a la vez que más económico, por lo que no es necesario. Su principal ventaja, es que sobretodo simplifica la instalación.

Los dos tipos de turbinas tienen tanto ventajas como desventajas y ambas son óptimas para desarrollar el trabajo, en primer lugar las Pit-Kaplan pueden turbinar la totalidad del caudal, mientras que se necesitarían el doble de turbinas S-Kaplan para turbinarlo. Sin embargo, las Pit-Kaplan tienen problemas en cuanto a su construcción ya que ocuparían mayor espacio al portar en su interior el alternador. Por lo cual, ambas opciones serían viables y no se elegirá hasta hacer un análisis económico exhaustivo ninguno de los dos tipos.

Según la velocidad específica:

Además de poder elegir las turbinas dependiendo su caudal y altura, también hay que fijarse en la velocidad específica de cada tipo de turbinas que depende nuevamente de la altura. Es importante que elijamos una turbina con la velocidad angular lo más elevada posible, ya que así se consiguen transmisiones mucho más ligeras.

TIPO DE TURBINA MAS ADECUADO EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD ESPECIFICA		
<i>Velocidad específica en r.p.m.</i>	<i>Tipo de turbina</i>	<i>Altura del salto en m .</i>
Hasta 18	Pelton de un inyector	800
De 18 a 25	Pelton de un inyector	800 a 400
De 26 a 35	Pelton de un inyector	400 a 100
De 26 a 35	Pelton de dos inyectores	800 a 400
De 36 a 50	Pelton de dos inyectores	400 a 100
De 51 a 72	Pelton de cuatro inyectores	400 a 100
De 55 a 70	Francis muy lenta	400 a 200
De 70 a 120	Francis lenta	200 a 100
De 120 a 200	Francis normal	100 a 50
De 200 a 300	Francis rápida	50 a 25
De 300 a 450	Francis extrarrápida	25 a 15
De 400 a 500	Hélice extrarrápida	15
De 270 a 500	Kaplan lenta	50 a 15
De 500 a 800	Kaplan rápida	15 a 5
De 800 a 1100	Kaplan extrarrápida	Menos de 5

202

Tabla 11.2 Elección de turbinas según la velocidad específica

Es más interesante una turbina con velocidad específica elevada, porque así el alternador que se la acople mecánicamente será más sencillo y más económica su construcción porque tendrá menor número de polos (devanados más sencillos y fáciles de montar).

Tal como se detalla en la tabla anterior la turbina necesaria sería una Kaplan rápida con una velocidad entre 800 y 1100 r.p.m., por lo que dentro de las características esenciales de la turbina se buscará que desarrolle esta velocidad específica.

11.2 Turbina Kaplan

La turbina elegida como vimos a continuación será de tipo Kaplan. Este tipo de turbina fue inventada por el austriaco Viktor Kaplan, siendo una de las turbinas de flujo axial, así como de admisión total, con mayor rendimiento y hay que añadir que son ideales para saltos de pequeña altura y grandes caudales, lo que las convierte en las principales candidatas para la central estudiada.

Estas singulares turbinas de reacción (aquellas en las que el fluido de trabajo sufre el cambio de presión elevado producido por su paso a través del rodete.) se componen principalmente de dos partes: el rodete o rotor (cuyos álabes son siempre regulables y con forma de una hélice) y el distribuidor (cuyos álabes pueden ser tanto fijos como regulables.)

Si los alabes del rodete y del distribuidor son regulables, se dice que la turbina es una turbina Kaplan verdadera. Mientras que si solo son regulables los álabes del rodete, se dice que la turbina es una turbina Semi-Kaplan. Estas últimas tienen la particularidad de que la admisión puede ser radial o axial.

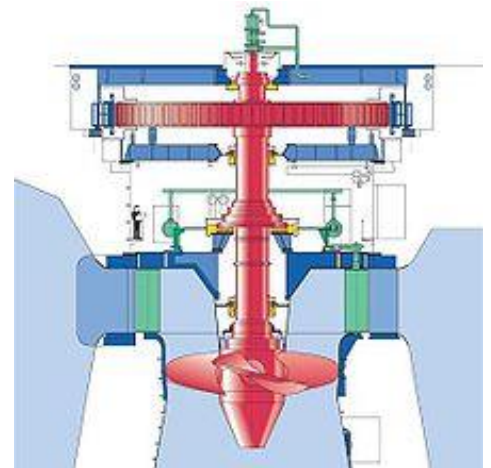


Figura 11.1 Turbina Kaplan

Para su regulación, los álabes del rodete giran alrededor de su eje, accionados por unas manijas, que son solidarias a unas bielas articuladas a una cruceta, que se desplaza hacia arriba o hacia abajo por el interior del eje hueco de la turbina. Este desplazamiento es accionado por un servomotor hidráulico, con la turbina en movimiento.

Funcionamiento de una Turbina Kaplan:

Aunque las turbinas Kaplan pueden tener variaciones, tanto en los alabes del distribuidor pudiendo ser estos fijos o regulables y pueden colocarse tanto de forma radial, como axial e incluso pudiendo estar inclinadas su funcionamiento siempre será el mismo.

El funcionamiento de una turbina Kaplan es muy similar al ocurrido en las hélices del motor de un barco, en la imagen siguiente se puede apreciar mejor:

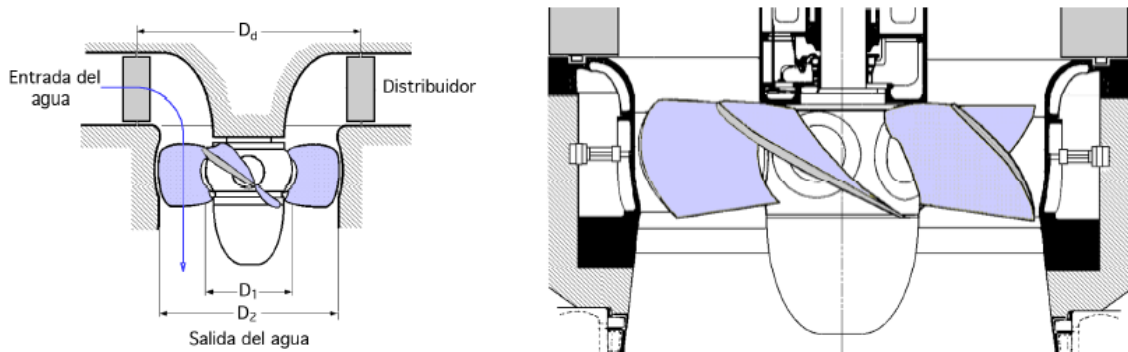


Figura 11.2 Rotor turbina Kaplan

En primer lugar, el agua pasa a través del distribuidor llegando hasta el rodete, donde las palas del mismo son impulsadas por agua a alta presión, lo que hace que el rotor o rodete gire a gran velocidad y a través del mismo se transfiere este movimiento al generador, en el cual la energía acumulada en la turbina pasara a convertirse en electricidad por medio de electroimanes como veremos en los apartados siguientes.

Componentes de una Turbina Kaplan:

Una turbina Kaplan normal se compone de los siguientes componentes:

- Carcasa.
- Cámara de alimentación o cámara espiral.
- Rotor.
- Distribuidor.
- Alabes tanto del rotor como del distribuidor.
- Servomotor del rotor (mecanismo de orientación de los álabes).
- Servomotor de distribuidor (si los álabes del distribuidor son móviles).
- Tubo de aspiración.
- Eje.
- Equipo de sellado del eje de turbina.
- Cojinete guía de turbina.
- Cojinete de empuje. Normalmente formando conjunto con el anterior.

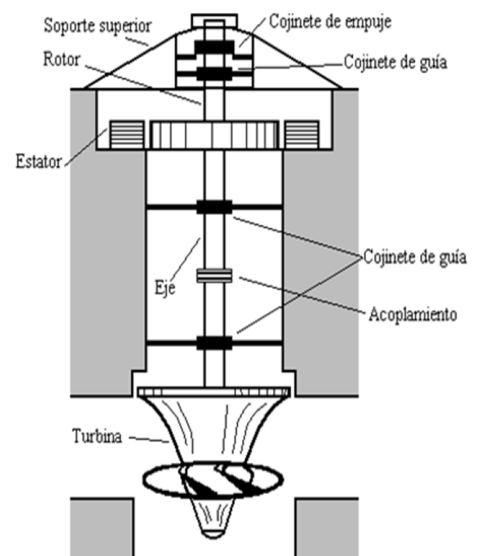


Figura 11.3 Componentes de la turbina

- Tubos de lubricación.
- Bomba para lubricación de la los cojinetes.

1. Carcasa: Es parte de la estructura fija de la turbina y tiene forma en espiral. En ella se convierte parte de la energía de presión del agua en energía cinética, dirigiendo el agua alrededor del distribuidor.

2. Cámara de alimentación: Es el lugar por donde entra el agua para alimentar a la turbina. En pocas palabras es un conducto de admisión.

La cámara de alimentación suele ser de acero en muchos casos, debido a la gran capacidad de gasto que admite la turbina Kaplan. La sección toroidal puede ser circular o rectangular.

3. Distribuidor: El distribuidor es un órgano fijo cuya misión es dirigir el agua, desde la sección de entrada de la máquina hacia la entrada en el rodete (cámara de admisión), distribuyéndola alrededor del mismo, (turbinas de admisión total), o a una parte (admisión parcial), es decir, permite regular el agua que entra en la turbina, desde cerrar el paso totalmente, caudal cero, hasta lograr el caudal máximo. Es también un órgano que transforma la energía de presión en energía de velocidad.

Está precedido de una cámara espiral que conduce el agua desde la sección de entrada, asegurando un reparto simétrico de la misma en la superficie de entrada del distribuidor.

4. Servomotor del distribuidor: En caso de tener, se encarga de ajustar automáticamente a los álabes del distribuidor, de acuerdo con las necesidades de la potencia. Dicho servomotor está ligado al gobernador que controla la velocidad del eje del grupo turbina-generador.

5. Rotor: Es el elemento esencial de la turbina, estando provisto de álabes en los que tiene lugar el intercambio de energía entre el agua y la máquina. Estas van cambiando insensiblemente de forma para adaptarse a las diferentes condiciones de servicio.

Los álabes del rotor tienen un perfil de ala de avión y desarrollo helicoidal. El perfil de ala permite obtener una acción útil del agua sobre el álabe en el movimiento que aquella tiene respecto a éste.

La forma helicoidal o alabeo se justifica, en virtud de que la velocidad relativa del flujo varía en dirección y magnitud con el radio, supuesta ω (velocidad angular) constante, y considerando la velocidad absoluta constante en magnitud y dirección.

6. Servomotor del rotor: Al igual que el servomotor del distribuidor se encargara de la movilidad y orientación de los álabes en este caso de los del rotor, y este a diferencia del servomotor del distribuidor siempre estará incluido.

7. Tubo de aspiración: El tubo de aspiración sirve de enlace entre la turbina y el desagüe y para aprovechar, además, el salto entre ambos elementos. Se va a construir de hormigón y va a tener una sección variable para conseguir la máxima recuperación de la energía cinética del agua a la salida del rodete de la turbina.

En la turbina a instalar, la velocidad de salida del rodete es elevada y el rendimiento con descarga libre sería muy bajo, por lo que se precisa realizar la recuperación correspondiente a la velocidad de descarga.

El tubo se va a encorvar suavemente, desaguando horizontalmente, dando a la salida mayor dimensión a la luz horizontal que a la vertical y abocinándolo gradualmente para disminuir la velocidad residual.

8. Nervio central: El mismo tiene la función de evitar las pérdidas por desprendimiento de la corriente y, por ello, es ampliamente estudiado en laboratorios.

9. Eje: El eje se encarga de transferir la energía mecánica para ser posteriormente convertida en energía eléctrica.

Características de las turbinas de la central:

Las turbinas que utilizaremos contarán con las siguientes características:

Tabla 11.3 Características de la turbina elegida

Datos Técnicos	
POTENCIA	En torno a 615 kW por turbina
VOLTAJE	220 V
CAÍDA	Entre 4 m y 5 m
VELOCIDAD	En torno a 680 rpm
TIPO	Semi-Kaplan rápida
CAUDAL	En torno a 17 m ³ /s por turbina
RENDIMIENTO	Cercano al 100%, se ha estimado un 96 %

Al ser un Semi-Kaplan los álabes del distribuidor no varían su ángulo, con lo que tampoco necesitaremos un servomotor para lo mismo. Teniendo un impacto económico significativo ya que las Kaplan perfectas tienen un precio más elevado.

Mantenimiento de las turbinas:

Se deberá comprobar periódicamente la estanqueidad de las palas del rodete para evitar pérdidas de aceite hacia el exterior y la entrada de agua hacia el núcleo. Según el tamaño de la turbina, se tolera un nivel máximo de pérdidas de aceite que oscila entre los 10 y los 100 litros al año, y superar estos valores lleva a la contaminación del río. Si el nivel de aceite aumenta significará que ha entrado agua en su interior.

También se debe comprobar que no ha existido cavitación revisando el nivel de corrosión que presenta el rodete y la envolvente del mismo. Los cojinetes desgastados implican pérdidas considerables de potencia y deterioro de las piezas que rozan con ellos y que no deberían hacerlo.

Las turbinas que sólo poseen álabes móviles requieren más revisiones que las que además pueden regularse mediante un distribuidor móvil, dado que sufrirán un mayor desgaste al realizar más movimientos para regular el caudal. Un álabe desgastado permitirá la entrada de agua al núcleo, de forma que se producirán deterioros en el sistema de regulación.

Por último, también se deben comprobar otros aspectos como el nivel de fugas y el funcionamiento de las diferentes válvulas.

12 Generador

Un generador eléctrico es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre dos de sus puntos (llamados polos, terminales o bornes) transformando la energía mecánica en eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura (denominada también estator). Si se produce mecánicamente un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se generará una fuerza electromotriz (f.e.m.).

Aunque la corriente generada es corriente alterna, puede ser rectificadas para obtener una corriente continua. La mayoría de los generadores de corriente alterna son de tres fases.

12.1 Tipos de generadores

La clasificación más común para los generadores es según como obtienen la energía eléctrica final, ya sea en corriente continua o corriente alterna.

Los generadores de corriente continua (c.c.) no se utilizan en máquinas de potencia media y alta, ya que solo pueden conectar a la red eléctrica mediante convertidores electrónicos que conviertan la energía continua en corriente alterna. Únicamente, en aplicaciones aisladas de baja potencia, en las cuales el sistema de acumulación eléctrica utilizado sea una batería, puede tener utilidad. Además, el alto precio de la máquina y el alto coste de mantenimiento (cambio de escobillas, etc.) hacen también que su uso sea marginal.

Dentro de los generadores de corriente alterna existen dos tipos, generadores síncronos y generadores asíncronos.

Generadores Síncronos:

Los generadores síncronos que solo funcionan a velocidad constante han caído en desuso actualmente, debido sobre todo a su precio en comparación con el generador asíncrono y por el complicado sistema tanto de excitación como de sincronización, lo que conlleva mayor mantenimiento.

Generadores Asíncronos:

El generador asíncrono o de inducción es el más utilizado actualmente, para cualquier nivel de potencias. La razón es obvia, su bajo precio y su sencillez que hace que no requiera casi mantenimiento. Como desventajas, sobre todo frente al generador asíncrono, están la necesidad de una fuente de potencia reactiva externa (no es autoexcitable) y su poca capacidad de sobrecarga.

Sin embargo, solo pueden operar en paralelo con la red, son más robustos y producen menos trabajo, siendo utilizadas en centrales de hasta 5.000 kVA.

Aunque ya se han descrito las diferencias principales entre estos generadores para su elección final se deberán estudiar todas las diferencias presentes que quedan recogidas en la tabla que se detalla a continuación:

Tipo de maquina	Coste	Fiabilidad	Amortiguación	Estabilidad	Sincronismo	Funcionamiento como motor	Potencia reactiva	Distorsión armónica	Velocidad variable	Funcionamiento autónomo	Límite de potencia
C.C.	Alto	Bueno	Bueno	Sin Problemas	Sin Problemas	Fácil con convertidor	Consumo del inversor	Debida al inversor	Sin Problemas	Mediante inversor autoconmutado	Limitada por el inversor
Síncrona	Medio	Media	Malo o mediana con devanados amortiguadores	Perdida de estabilidad y sincronismo	Requiere equipamiento para sincronismo	Solo si los devanados amortiguadores están instalados	Genera (excelente regulador de reactiva)	Solo si se utiliza algún equipo rectificador/inversor	Mediante equipo rectificador/inversor	si	Considerable siempre que no haya convertidores
Inducción	Bajo	Alta	Bueno	Perdida de estabilidad	Desconexión conexión de cargas	Necesario equipo de arranque	Consume	Solo si se utiliza convertidores estáticos	mediante acondicionamiento de potencia	Mediante alguna fuente de potencia reactiva	Alta siempre que no haya equipos convertidores

Tabla 12.1 Diferencias entre generadores

12.2 Componentes del generador

Cualquier generador se compone principalmente de dos partes: el estator y el rotor. Así como de otras partes que las acompañan y que ayudan al correcto funcionamiento del generador.

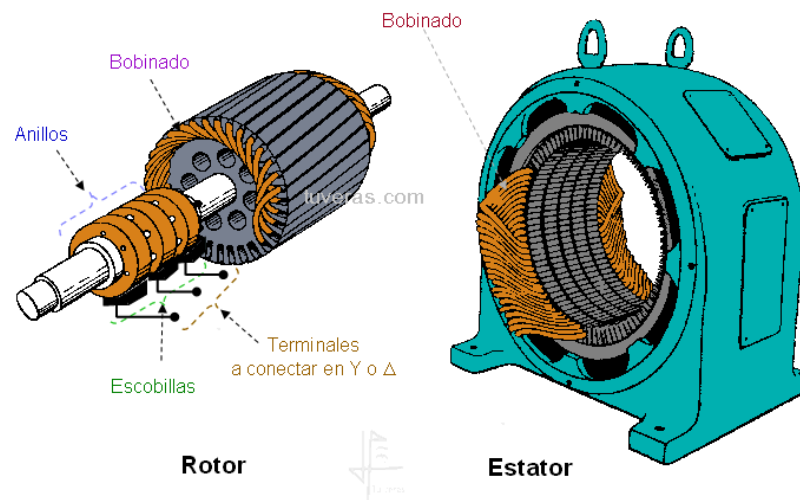


Figura 12.1 Componentes del generador asíncrono

Componentes más importantes:

Estator: Se trata de una armadura metálica en reposo recubierta por alambres de cobre que forman un circuito.

Rotor: Es la parte móvil del generador que rota dentro del estator impulsado por una turbina. Este rotor en su parte más externa tiene un electroimán alimentado por una corriente eléctrica pequeña.

Regulador de voltaje: Se encarga de convertir la corriente alterna en corriente continua.

Sistemas de enfriamiento y escape: Cuidan que el generador no se sobrecaliente y sirve como vía al exterior.

Otras componentes:

- 1) Cojinetes.
- 2) Caja de conexiones.
- 3) Porta-escobillas.
- 4) Lubricadores.
- 5) Entrehierro.
- 6) Tornillos.
- 7) Carcasa.
- 8) Colector.
- 9) Bobina del inducido.
- 10) Bulones.
- 11) Bobinas del inductor.

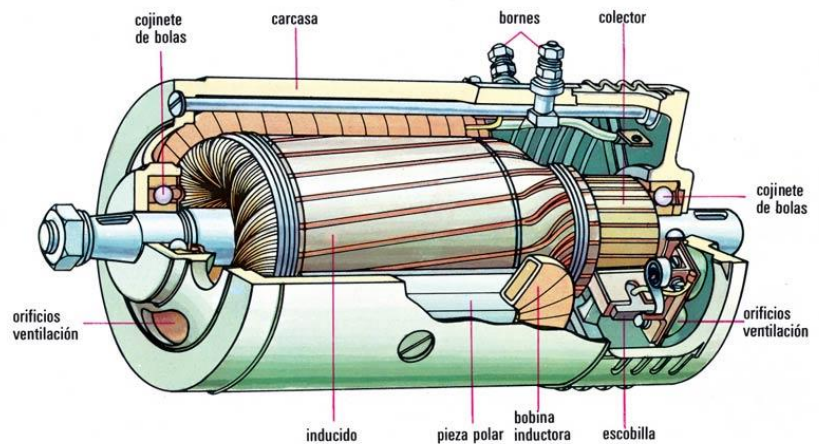


Figura 12.2 Otros componentes del generador

12.3 Funcionamiento del generador

El funcionamiento de los generadores eléctricos se basa en el fenómeno de la inducción electromagnética, la cual enuncia que cuando un conductor hace un movimiento relativo hacia el campo magnético, se induce el voltaje en el conductor.

Particularmente, si una bobina está girando en un campo magnético, significa que las dos caras de la turbina se mueven en direcciones opuestas y se añaden los voltajes inducidos a cada lado. Numéricamente, el valor instantáneo del voltaje final (denominado fuerza electromotriz) es igual al resto del índice de cambio del flujo magnético Φ veces el nombre de vueltas de la bobina:

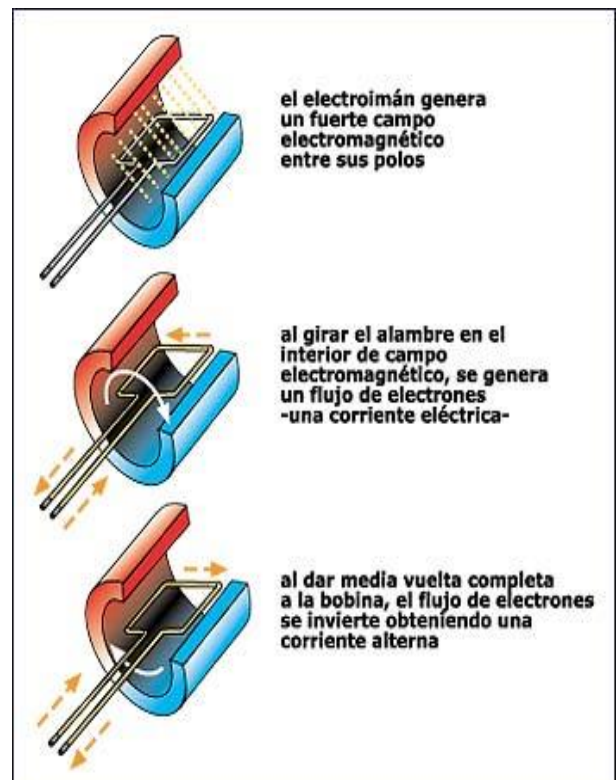


Figura 12.3 Esquema de Funcionamiento

$$V = -N \times \Delta\Phi / \Delta t.$$

Esta relación se ha demostrado experimentalmente y hace referencia a la Ley de Faraday. El símbolo negativo es por la ley de Lenz, que indica que la dirección de f.e.m. es tal que el campo magnético de la corriente inducida se opone al cambio en el flujo que produce esta f.e.m. La ley de Lenz está relacionada con la conservación de energía.

Como la frecuencia de flujo magnético cambia a través de la bobina que gira en una frecuencia constante que varía de forma sinusoidal con la rotación, el voltaje generado a las terminales de la bobina también es sinusoidal (CA). Si un circuito externo se conecta a las terminales de bobina, este voltaje creará corriente a través de este circuito, que será energía que se transferirá a la carga. Por lo tanto, la energía mecánica que hace rotar la bobina se convierte en energía eléctrica.

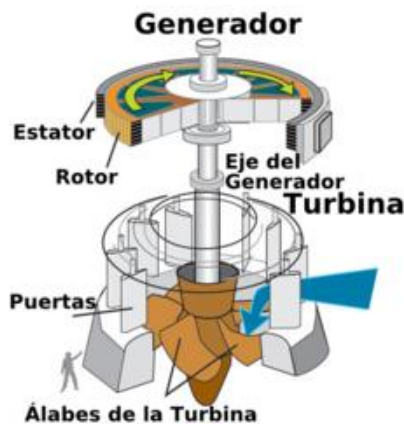


Figura 12.4 Turbina y generador

En un generador, al girar el rotor a grandes velocidades gracias a una energía mecánica externa proveniente de una turbina, se producen corrientes en los hilos de cobre del estator. Las turbinas aprovechan las fuentes de energía externa, transformándolas en energía mecánica, que a su vez es la que se utiliza para transformarla en energía eléctrica.

12.4 Características del generador utilizado

Con lo estudiado anteriormente el generador que se empleara en la central será asíncrono de funcionamiento continuo. Con las características siguientes:

Tabla 12.2 Características del generador elegido

Datos Técnicos	
ALTERNADOR	Trifásico
FRECUENCIA	50 Hz
POTENCIA NOMINAL	538,9 kW
V. DE SINCRONISMO	La misma que la de la turbina
CONFIGURACIÓN	Eje Vertical
T. DE GENERACION	220V/380V
RENDIMIENTO	Lo más próximo al 100%, en torno a un 98%.

La elección del generador asíncrono vendrá condicionada por su precio, más económico, y por su facilidad de instalación. Sin embargo, se requerirá una fuente de potencia reactiva externa.

12.5 Mantenimiento

Un generador asíncrono exige un mantenimiento menor que un generador sincrónico. Sin embargo, siempre será necesario el hecho de pasar por un mantenimiento preventivo para asegurar el servicio, así como su correcto funcionamiento.

Este mantenimiento tendrá en consecuencia una mejora de los costes derivados de las bajas disponibilidades de la máquina y de las consiguientes paradas de producción. Además, se asegurará que las máquinas se mantienen en el mejor estado posible y que se reduce la probabilidad de fallo.

Este mantenimiento preventivo constará de los siguientes apartados y se deberá asegurar su cumplimiento en la medida de lo posible.

- 1) Limpieza exterior. (Manual)
- 2) Comprobar ventilación y calentamiento. (Diario)
- 3) Observar ruidos anormales, vibraciones, roces, etc. (Diario)
- 4) Observar estado de cojinetes, nivel de lubricación. (Mensual)
- 5) Comprobar carga con los aparatos de medida. (Mensual)
- 6) Comprobar estado general de la máquina. (Trimestral)
- 7) Observar aspectos de colector, así como escobillas. (Mensual)
- 8) Limpieza interior. (Anual)
- 9) Observar a detalle escobillas (reemplazar si es necesario). (Anual)
- 10) Comprobar superficie del colector y sus conexiones. (Anual)
- 11) Comprobar entre-hierros y devanados. (Anual)
- 12) Probar resistencia de aislamiento y puesta a tierra. (Anual)
- 13) Comprobar maniobra correcta de arranque (motor de combustión interna). (Trimestral)
- 14) Comprobar lubricación cambiar y limpiar conductos de ventilación. (Anual)
- 15) Comprobar equilibrio del rotor. (Anual)

13 Transformador

Se denomina transformador a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño y tamaño, entre otros factores.

El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética. Está constituido por dos bobinas de material conductor, devanadas sobre un núcleo cerrado de material ferromagnético, pero aisladas entre sí eléctricamente. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo.

Las bobinas o devanados se denominan: Primario y Secundario según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente. También existen transformadores con más devanados, en este caso, puede existir un devanado "Terciario", de menor tensión que el secundario.

13.1 Elección del transformador

El transformador utilizado será de potencia por razones obvias, tanto el transformador de tensión como el de intensidad se utilizan como instrumentos de medida y son de menor tamaño, por lo que no son viables en una instalación como la que se lleva a cabo en este proyecto.

Además, el transformador de potencia se puede clasificar según su tensión (elevador o reductor) y su número de fases (monofásico y trifásico), incluso por sus aplicaciones (subestación, generación, rectificadores, tracción y autotransformadores).

Por lo general, para dicha central hidroeléctrica se utilizará un transformador que eleve la tensión para poder transportarla a través de la línea, con tres fases o trifásico y de generación, ya que formará parte de una central generadora de energía.

13.1.1 Transformador en baño de aceite:

El transformador más indicado para esta instalación deberá igualmente encontrarse sumergido en aceite debido a que tiene un gran número de ventajas frente a

los transformadores secos, entre ellas que son más económicos (casi la mitad), que producen menores ruidos y tienen menor número de pérdidas en vacío.

Su principal inconveniente es la relativamente baja temperatura de inflamación del aceite y, por tanto, el riesgo de incendio con desprendimiento elevado de humos, por lo cual se tendrá que diseñar la instalación teniendo en cuenta esto, con paredes de mayor aislamiento.

13.2 Componentes del transformador de potencia:

Las partes esenciales de un transformador de las que se compone cualquier transformador de potencia se detallan a continuación:

- 1) Núcleo magnético o armazón.
- 2) Enrollamiento o devanados (primario, secundario, terciario, etc.).
- 3) Tanque o cubierta.
- 4) Medio Refrigerante.
- 5) Depósito de aceite.
- 6) Depósito de Expansión.
- 7) Aisladores Pasantes.
- 8) Junta.
- 9) Conexiones.
- 10) Nivel de aceite.
- 11) Termómetro.
- 12) Termómetro.
- 13) Grifo de vaciado.
- 14) Grifo de vaciado y toma de muestras.
- 15) Conmutador de tomas.
- 16) Relés.
- 17) Anillos de elevación.
- 18) DeseCADador de aire.
- 19) Tapón de llenado.
- 20) Puesta a tierra.

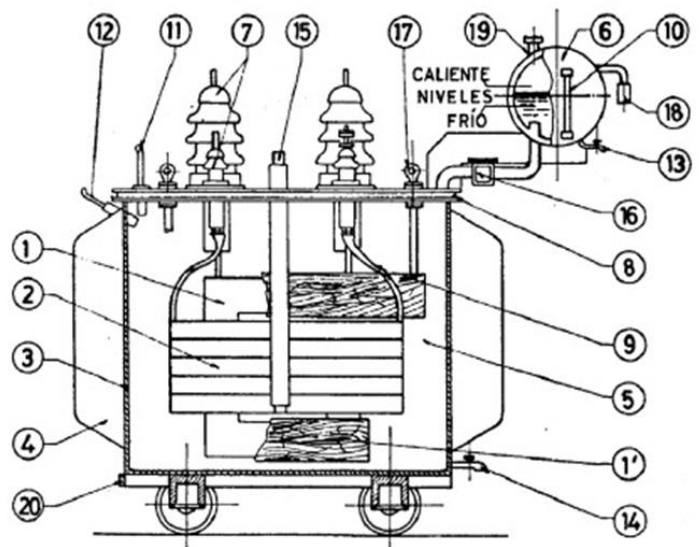


Figura 13.1 Esquema de componentes del transformador

Núcleo magnético: Sustancialmente se puede decir que un transformador está constituido por un núcleo de material magnético que forma un circuito cerrado, y sobre

de cuyas columnas o piernas se localizan los devanados, uno denominado “primario” que recibe la energía y el otro, “secundario”, que se cierra sobre un circuito de utilización al cual entrega la energía.

Enrollamientos o devanados: Uno de los devanados se conecta a la fuente de energía eléctrica alterna y el segundo (y quizás un tercero) suministra energía eléctrica a las cargas. El devanado del transformador que se conecta a la fuente de potencia se llama devanado primario o devanado de entrada, y el devanado que se conecta a la carga se llama devanado secundario o devanado de salida. Si hay un tercer devanado en el transformador, este se llama devanado terciario.

Boquillas terminales: Las boquillas se emplean para pasar de un conductor de alta tensión a través de una superficie aterrizada, como en el caso del tanque de un transformador o de un reactor. Las boquillas deben ser capaces de transportar las corrientes de los equipos en régimen nominal y de sobrecarga, de mantener el aislamiento tanto para tensión nominal como para sobretensiones y de resistir también esfuerzos mecánicos.

Tanque o cubierta: De acuerdo a su diseño hay tanques lisos, con aletas, con ondulaciones y con radiadores, dependen del tipo de aceite y medio de refrigeración para su selección. En general, consiste en una caja rectangular dividida en dos compartimientos:

- Un compartimiento que contiene el conjunto convencional de núcleo más las bobinas.
- Un segundo compartimiento para terminaciones y conexiones de los cables. Los conductores de cable primario están conectados por medio de conectores de enchufe para la conexión y desconexión de la carga. Los conductores del secundario van, por lo general, atornillados a terminales de buje.

Medio Refrigerante: Durante su operación el transformador genera pérdidas en forma de calor, también conocidas como pérdidas de Joule. Por esto, es necesario un sistema de refrigeración que mantenga al transformador dentro de unos niveles de temperatura aceptables, ya que en el caso de que se den sobre temperaturas en los aislamientos estos verán reducido su tiempo de vida útil de manera considerable.

Serpentines y aparatos de refrigeración: Los transformadores en aceite poseen diferentes métodos de ventilación con el objeto de mantener sus temperaturas de operación dentro de valores normales (no excediendo los 55 o 65°C sobre la temperatura ambiente). Para el efecto, en cada método utiliza accesorios como radiadores, ventiladores, intercambiadores de calor, bombas de circulación, etc, los cuales se encuentran instalados generalmente en el tanque del transformador y son usados de forma individual o en conjunto.

Indicadores: La función del indicador magnético de nivel de aceite es la de indicar y controlar el nivel del líquido aislante dentro del tanque de expansión del transformador. Se lo instala en la pared desmontable del tanque de expansión y está constituido por una caja circular amagnética cubierta por un frente de vidrio a través del cual se observa un cuadrante graduado y un índice que señala el nivel correspondiente al líquido aislante.

Conmutadores: Se emplea para compensar las variaciones de tensión en la red, de manera que aun cuando la tensión primaria no sea la nominal se pueda ajustar la diferencia dentro de un rango de $\pm 5\%$ para que la tensión secundaria sea la requerida.

El conmutador solamente se puede accionar estando desconectado el transformador. En grandes transformadores, se emplean interruptores escalonados, que conectan o desconectan espiras adicionales. Dichas espiras están montadas por separado, constituyendo una bobina de maniobra y se puede conectar y desconectar también en carga y bajo tensión.

13.3 Mantenimiento del transformador:

Las pruebas de mantenimiento para un transformador sumergido en aceite son las siguientes:

1. Análisis físico químicos.
2. Cromatografía de gases disueltos en aceite.
3. Análisis de contenido.
4. Proceso de filtrado y desgasificado.
5. Pruebas de relación de transformación.
6. Pruebas de resistencia de aislamiento.
7. Pruebas del factor de potencia.
8. Pruebas de resistencia.
9. Inspección y pruebas de accesorios.
10. Cambio de aceite.

Al hablar de transformadores sumergidos en aceite lo más importante a la hora de realizar un mantenimiento de tipo preventivo, es la periódica revisión del aceite, puesto que es el principal aislante y es donde podemos tener mayor cantidad de problemas, sobretodo debido al riesgo de incendios.

14 Equipo eléctrico

Los equipos eléctricos necesarios se disponen en cuadros eléctricos situados en el interior del edificio central, y básicamente son:

14.1 Aparamenta de corte y maniobra:

Se trata de la aparamenta de maniobra y corte, la cual se utiliza para la desconexión de los distintos equipo. Teniendo en cuenta que se pueden producir ciertos problemas como son:

- **Calentamiento:** producido sobre todo por efecto Joule y pérdidas dieléctricas. Esto obliga a disponer de medios de evacuación del calor.
- **Aislamiento:** La aparamenta ha de ser capaz de soportar importantes sobretensiones transitorias, por lo que se somete a los ensayos de aislamiento indicados en el apartado interior.
- **Esfuerzos mecánicos:** debidos principalmente a atracciones y repulsiones por el paso de corriente y a las dilataciones y deformaciones que experimentan al calentarse.
- **Arco eléctrico:** es un problema específico de la aparamenta de corte, producido por la interrupción de la corriente. Las altísimas temperaturas que alcanza el arco provocan problemas importantes como son la fusión de parte del metal de los contactos.

La característica principal de la aparamenta de maniobra y corte es que debe garantizar un servicio continuo de la instalación en condiciones normales, permitir las maniobras para aislar parte del circuito de la red donde se desea hacer trabajos de mantenimiento o conexión de un nuevo equipo, y además deben ser capaces de proteger las instalaciones y las personas en caso de accidentes.

- **Seccionador:** Aísla tramos del circuito de forma visible, debe maniobrar en vacío. No puede interrumpir o restablecer corrientes. Su principal objetivo es asegurar que el tramo de circuito aislado por él se halla sin tensión, garantizando la seguridad de los operarios.

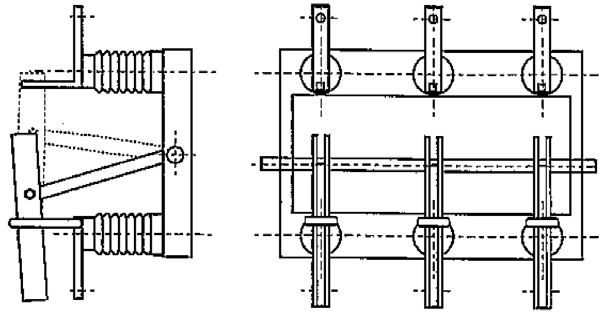


Figura 14.1 Seccionador

- Interruptor seccionador: Interruptores que cumplen con las condiciones de apertura visible que se les exige a los seccionadores.
- Interruptor automático o disyuntor: Aparato mecánico capaz de soportar, interrumpir y restablecer tanto las corrientes nominales, como las de sobrecarga y las de cortocircuito (durante un breve lapso de tiempo). Su accionamiento puede ser manual o mediante relés.

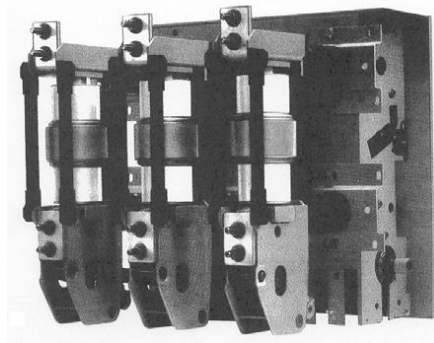


Figura 14.2 Interruptor automático

14.2 Aparamenta de medida:

La aparamenta de medida son transformadores destinados a alimentar instrumentos de medida (amperímetros, voltímetros, vatímetros, contadores, etc.). La función de los transformadores de medida, es reducir a valores no peligrosos, las magnitudes de tensión e intensidad de un circuito eléctrico.

El objetivo es doble, por un lado evitar la conexión directa entre los instrumentos y los circuitos de alta tensión (que sería peligroso para los operarios) y, por otro lado, requeriría el empleo de instrumentos con aislamiento especial. Existen dos tipos de transformadores de medida:

- Transformadores de tensión (TT): en estos la tensión secundaria es proporcional a la tensión primaria y desfasada con relación a la misma un ángulo próximo a cero.
- Transformadores de intensidad (TI): en ellos la intensidad secundaria es proporcional a la intensidad primaria y desfasada con relación a la misma un ángulo próximo a cero.

14.3 Aparata de protección:

Por problemas en la línea:

Se utilizará en el caso de que ocurra algún fallo en la línea de la instalación, evitando que se deshabilite para siempre toda la línea. Esto se debe a una desconexión parcial de una parte de la línea eléctrica, por tener una tensión elevada durante cierto periodo de tiempo. Para lo cual se utilizan fusibles cuya misión es la de abrir el circuito en el que se encuentra instalado por la fusión de uno o varios elementos destinados para este fin.

Un fusible normal consta de tres partes que se detallan a continuación:

- Conjunto portador: es la parte fija conectada permanentemente a los conductores en tensión. También se denomina zócalo, base o portafusible.
- Cartucho fusible: recambiable tras su funcionamiento. Su funcionamiento está fijado por su calibre que suele estar expresado por el valor de la corriente nominal en amperios.
- Aislamiento: generalmente de porcelana.

Por problemas ajenos a la línea:

Este tipo de aparata de protección está destinada a absorber las sobretensiones producidas por descargas atmosféricas, por maniobras o por otras causas que, en otro caso, se descargarían sobre aisladores o perforando el aislamiento, ocasionando interrupciones en el sistema eléctrico y, en muchos casos, desperfectos en los generadores, transformadores, etc.

Esta absorción de las sobretensiones se realiza mediante el uso de pararrayos, porque en un principio su única misión era la de limitar las sobretensiones de origen atmosférico. Posteriormente se ampliaron sus funciones, utilizándose frente a otro tipo de sobretensiones, como las de origen interno, por lo que parece más adecuada la nomenclatura de descargadores de sobretensión, aunque se mantiene, por costumbre y convenio, la denominación de pararrayos.

Los pararrayos que se utilizarán en la línea diseñada serán pararrayos de óxidos metálicos, los cuales son más modernos y carecen de explosores, por lo que son mucho más seguros que los pararrayos de carburo de silicio.

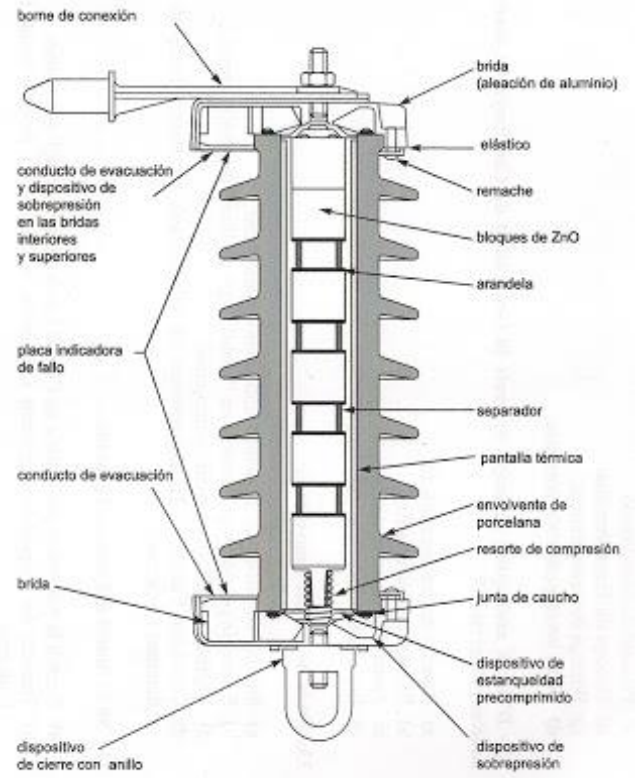


Figura 14.3 Pararrayos de óxidos metálicos

15 Casa de Máquinas

La casa de máquinas de cualquier central hidroeléctrica se encuentra compuesta por los grupos eléctricos para la producción de la energía eléctrica, así como la maquinaria auxiliar necesaria para su funcionamiento.

En la central que a diseñar se encuentra situada en el semisótano del molino de Casillas, en la parte donde se encontraba la anterior casa de máquinas. Esta concretamente se encuentra cerrada y desde ella se pueden controlar alternadores y líneas de alta tensión. Pero, sin embargo, no hay necesidad de excavar para alojarla, ya que rehabilitaremos el molino, dentro del mismo molino.

A modo de recopilación veremos que la cámara de máquinas se encuentra compuesta por las turbinas Kaplan, por los generadores asíncronos y por el transformador aislado en aceite, todos ellos anteriormente descritos.

16 Conexión a red

Debido a que se trata de una minicentral con una potencia superior a 100 kW, la interconexión de la Central Hidroeléctrica de Casillas con la red de distribución se realizará en M.T, a la tensión de 20 kV.

Tal y como ya se ha detallado, con el fin de entregar la energía producida será necesaria la creación de un centro de transformación para elevar la tensión de salida de los alternadores, desde los 400 V hasta 20 kV.

El punto de conexión con la red general más conveniente es la subestación de Casillas, por los siguientes motivos:

1. Es la subestación más próxima a la Central (2 km). La subestación de la Torrecilla se sitúa más lejos, a 3 km teniendo que cruzar la autovía de Andalucía y varios viales de acceso al polígono industrial, además de situarse al margen opuesto del río.

2. Casillas es una subestación de mayor capacidad que la de la Torrecilla, actualmente muy saturada y que difícilmente podría incorporar la potencia generada en la central hidroeléctrica. Por otra parte, está prevista la ampliación de la subestación de Casillas en el "Plan especial de infraestructuras de suministro eléctrico del término municipal de Córdoba".

Así pues, desde el transformador de la central hidroeléctrica se derivará una línea de media tensión de 20 kV hasta la subestación de Casillas. La línea será subterránea en todo el trazado.



ANEXO DE CÁLCULOS

Anexo de Cálculos

17 Cálculo del caudal

El cálculo normal de caudal se realizará a través del programa RETScreen, con el cual se podrá calcular la curva de caudales clasificados como se haría con un EXCEL y nos dará información necesaria para llevar a cabo la central.

Para ello se dispondrá del registro diario de caudal de los distintos años y calcular la probabilidad de que se supere cierto caudal. El proceso de obtención es el siguiente:

1. En primer lugar, se obtienen los datos de los distintos años del registro del CEDEX, concretamente la estación de aforo 5070 que es la más cercana a la central.
2. Después, se colocaran los datos en la misma columna y se ordenaran de menor a mayor, para posteriormente llevar a cabo la gráfica.
3. Una vez ordenados se calculara la probabilidad de superar un caudal concreto con la ecuación de probabilidad que se muestra a continuación:

$$\% = (n - 0,5) / (N)$$

De donde:

- n , es el número de orden tal y como se encuentra ordenado.
 - N , es el número total de datos de los que se dispone.
4. Tras calcular todas las probabilidades se desecharan aquellos datos que difieren del resultado final excesivamente, pues se deben a crecidas y no se pueden considerar como reales ya que se dejarían de apreciar el resto de resultados.
 5. Por último, se pasara a presentar la gráfica teniendo en el eje de abscisas los caudales y en el de ordenadas la probabilidad de superar dicho caudal, quedando como se muestra a continuación:

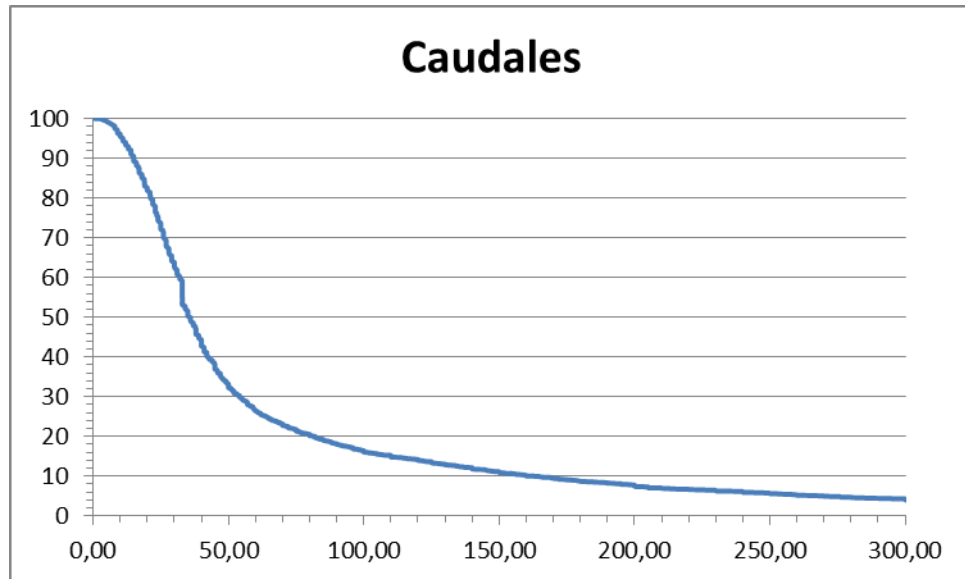


Tabla 17.1 Gráfica de caudales clasificados

Es preciso observar que el valor de 50 m³/s se supera el 30 % del tiempo, así como un caudal de 10 m³/s se supera prácticamente en su totalidad.

18 Potencia instalada

La potencia instalada se va a calcular en función del caudal con que se va a equipar la central, el salto disponible y el rendimiento de los equipos de la instalación.

La potencia de la instalación vendrá determinada por la expresión:

$$P = 9,81 \times Q \times H_n \times e$$

- P = Potencia en kW.
- Q = Caudal de equipamiento en m³/s.
- H_n = Salto neto existente en metros.
- e = Factor de eficiencia de la central, que es igual al producto de los rendimientos de los diferentes equipos que intervienen en la producción de la energía:

$$e = R_t \times R_g \times R_s$$

- R_t = Rendimiento de la turbina.
- R_g = Rendimiento del generador.

- R_s = Rendimiento del transformador de salida.

El caudal total a turbinar, sin llegar a turbinar el caudal ecológico lo que presentaría grandes problemas medioambientales y no tendríamos el caudal que necesitamos, sería el cual se iguala o supera el 30 % del tiempo con un valor de $50 \text{ m}^3/\text{s}$, teniendo un caudal ecológico en torno a $10 \text{ m}^3/\text{s}$.

Por otro lado, el salto bruto de la central actualmente sería de 4m, si se llegase a realizar la operación de desviación del caudal el mismo podría aumentar hasta 2 metros, pero existe la posibilidad de que esta obra tenga un elevado coste y no suponga realmente un beneficio para la central, por lo que nos quedaremos con el salto actual, sin este posible incremento, que podría realizarse una vez dada viabilidad a la central, algo más adelante.

Según el tipo de equipo y el fabricante, el rendimiento de la maquinaria varía, pero para una primera aproximación, se puede tomar como rendimiento genérico para una minicentral hidroeléctrica moderna un valor de 0,86.

Por lo tanto:

$$P = 9,81 \times 50 \times 4 \times 0,86 = 1.687,32 \text{ kW}$$

Por lo cual, la potencia esperada a producir por la central será de 1.687,32 kW, considerándose como pequeña central hidroeléctrica, puesto que no supera los 10.000 kW que tendría una central hidroeléctrica grande.

Hay que añadir que esa sería la energía generada a plena carga sin llegar a turbinar el caudal ecológico. Sin embargo, no siempre vamos a tener dicho caudal, únicamente el 30 % del tiempo, por lo que es conveniente calcular la energía para el caudal mínimo con el que la central podrá ser utilizada y por debajo del cual no podrá operar, superándose o igualándose el 95 % del tiempo, este es de $10 \text{ m}^3/\text{s}$.

Por lo tanto:

$$P = 9,81 \times 10 \times 4 \times 0,86 = 337,464 \text{ kW}$$

Lo que quiere decir que siempre tendrá que existir un remanente en el caudal de al menos $10 \text{ m}^3/\text{s}$. Siendo este valor, por tanto, el valor del caudal ecológico y para

calcular la potencia total de la central. La forma más cercana al valor real sería la diferencia entre la energía obtenida con el caudal máximo y la obtenida por el ecológico.

$$P = 1.687,32 - 337,464 = 1.349,9 \text{ kW}$$

El valor obtenido no es real, pero si el más cercano al valor real sin realizar un cálculo complicado. Pues para obtener un resultado aún más real habría que tener en cuenta mes a mes lo que la central produce, calculando la media del caudal de cada mes, ya que el mismo variaría. Tras lo cual, se ponderaría el resultado con el caudal ecológico y, tras ello, haciendo la media anual obtendríamos un valor parecido al anterior, pero más exacto. El problema principal de este cálculo, es que se necesitarían datos a tiempo real de la estación de aforo para poder calcular el caudal mensual de todos los meses de un año.

Hay que añadir que este dato que se obtendría seguiría sin ser del todo real, puesto que el caudal depende del clima y existen años más lluviosos que otros, así que seguiría siendo una aproximación. Por lo que se ha optado por calcularlo de manera sencilla, tal y como se detalla anteriormente.

19 Producción eléctrica esperada

Para calcular la producción eléctrica esperada a lo largo de todo un año de esta minicentral es necesario conocer el caudal y la cantidad de horas anuales que se le dará uso a la misma.

Para calcular la cantidad de horas totales que se encontrara en servicio la central, estimaremos que existirá un mes al año que no se encuentre en uso, por distintas razones, algunas de ellas son que no sobrepasemos el caudal ecológico, cierta rehabilitación o incluso que ocurra alguna avería. Por lo que las horas al año serán:

$$Ha \text{ (Horas anuales)} = 11 \text{ meses} \times 30 \text{ días} \times 24 \text{ horas} = 7.920 \text{ horas}$$

El caudal utilizado será en esta ocasión en torno a $40 \text{ m}^3/\text{s}$, ya que la mitad del tiempo sobrepasaremos dicho valor. Por lo tanto, la producción anual esperada será:

$$E = P \times Ha = 1.349,9 \times 7.920 = 10.691.208 \text{ kWh}$$

Con esta producción energética, y sabiendo que en España el consumo medio anual por vivienda es de 3.250 kWh, calcularemos la cantidad de hogares a los que se les podrá dar suministro.

Hogares = $10.6921.208/3.250 = 3.288$ se les daría servicio

Por lo que es muy probable que con esta central se pudiera suministrar energía para todo el alumbrado de la ciudad, así como para el alumbrado de la mezquita y otros monumentos de interés de la ciudad. De lo contrario, siempre se podría utilizar para demanda energética de casi 3.330 hogares en Córdoba, es decir, una parte importante de la ciudad durante todo el año.

20 Cálculos de Turbinas

20.1 Cantidad de turbinas

Para seleccionar el número y tamaño de las unidades intervienen varios factores, entre los más importantes destacan:

- Coste por kW instalado.
- Velocidad de rotación permisible.
- Profundidad de excavación y tamaño de la estructura de cimentación.
- Capacidad del equipo auxiliar de la central.

En general, la selección se realiza con base a criterios obtenidos de la experiencia, considerando la economía de la instalación y con tendencia a tener el menor número de unidades turbogeneradoras, pero de mayor potencia.

La política de operación de las centrales hidroeléctricas es funcionar como plantas de picos, lo que permite proporcionar gran potencia en las puntas de la curva de demanda, pero con poca generación en las zonas de base o de baja potencia, lo que en la mayoría de los casos logra satisfacer la demanda eléctrica de la región.

Por lo anterior, es recomendable instalar pocas unidades pero de gran capacidad, lo que resulta en mayores avances en el diseño y procesos de fabricación, llegando a minimizar las dimensiones y su costo, sin sacrificar eficiencia y confiabilidad de las turbinas hidráulicas.

20.1.1 Elección de la cantidad de turbinas

Ya que es preciso diseñar la central para producir la máxima potencia con el menor número de turbinas, lo ideal sería utilizar una única turbina. Sin embargo, las

dimensiones requeridas para una sola turbina de dicha potencia serían más grandes de las que se disponen, por lo cual se tendrán que ajustar a las mismas.

Como se indicó con anterioridad, se rehabilitará el molino que ya se había utilizado como central hidroeléctrica, en dicha estructura hay hueco para el alojamiento de 3 turbinas. Además, el hecho de decantarnos por esta cantidad de turbinas se debe a los resultados obtenidos de la experiencia, así como a la economía de la misma pues de no ser reconstruido el edificio desde los cimientos, será más rentable ajustarnos al espacio del que disponemos.

Por lo tanto, utilizaremos un total de 3 turbinas cuya potencia calcularemos a continuación:

$$Pt = (\text{Capacidad instalada} \times K) / (N^{\circ} \text{ unidades} \times Rg)$$

De donde:

- Pt, es la potencia por turbina y generalmente se expresa en kW o MW.
- K, es un factor que depende de las características del almacenamiento y de la operación de las unidades, cuyo valor vale entre 0.85 y 1.30.
- Rg, es la eficiencia del generador, normalmente tiene un valor del orden de 0.98.

$$Pt = (1.687,32 \times 1.075) / (3 \times 0,98) = 616,96 \text{ kW por turbina}$$

A continuación, calcularemos el gasto de diseño Qd (m³/s) con la expresión siguiente:

$$Qd = (1000 \times Pt) / (9,81 \times Rt \times N^{\circ} \text{ unidades} \times \gamma \times Hd)$$

De donde:

- Qd, gasto de diseño, m³/s
- Pt, potencia por turbina en kW con base en la equivalencia (9.81/1000) a kgf m/s
- Rt, eficiencia de la turbina, % (para el cálculo en decimal)
- γ , peso volumétrico del agua, kgf /m³
- Hd, carga de diseño, m

$$Qd = (1000 \times 1.687,32) / (9,81 \times 0,95 \times 930 \times 3 \times 4) = 16,22 \text{ m}^3/\text{s por turbina}$$

20.2 Rendimientos

El rendimiento de la turbina varía tanto con cambios de caudal como de salto. Al alejarse de las condiciones de trabajo se producen caídas de rendimiento importantes que es necesario cuantificar.

Se define el rendimiento como el cociente entre la potencia que se entrega al alternador y la potencia que el agua es capaz de entregar a la entrada de la turbina. La potencia se pierde sobre todo en la fricción que tiene lugar en la cámara espiral, los álabes directrices, el rodete y el tubo de aspiración. La ausencia de tubo de aspiración puede acarrear una pérdida de rendimiento del 50 % en las turbinas con rodetes de alta velocidad específica.

Curvas rendimiento de las turbinas

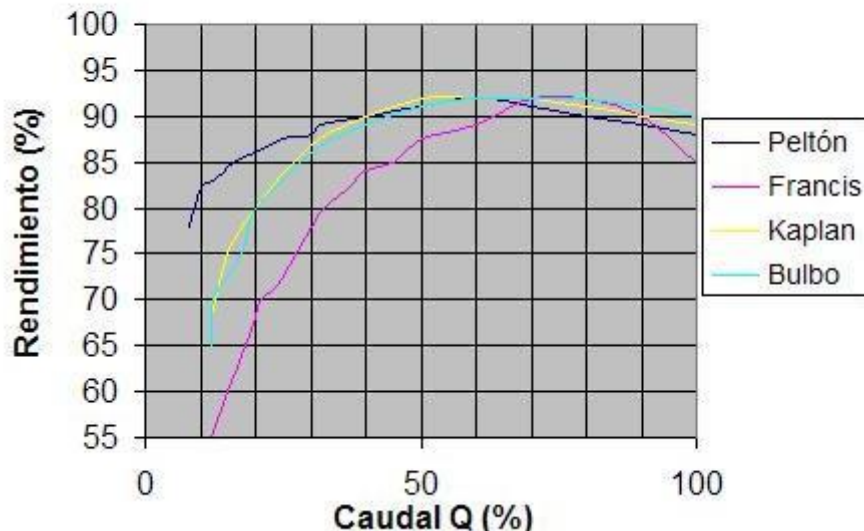


Tabla 20.1 Curva de rendimiento de turbinas

Se puede extraer de esta gráfica que las turbinas Kaplan tienen rendimientos aceptables a partir del 20 % del caudal nominal.

El rendimiento global incluye los rendimientos de los elementos que rodean a la turbina, como el alternador. En turbinas de baja potencia como la del presente proyecto se consiguen rendimientos mayores del 90 %.

20.3 Velocidad Específica

La velocidad específica (N_s) es el número de revoluciones que desarrolla una turbina semejante a la que se trata de buscar y que entrega una potencia de 1kW, al ser

instalada en un salto de altura unitaria o lo que es lo mismo de 1m. Se utiliza para la elección de la turbina más adecuada, para una altura y caudal conocidos.

La velocidad específica se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$N_s = \frac{N\sqrt{P}}{H_n^{1,25}}$$

De donde:

- N = velocidad de sincronismo (rpm).
- P = Potencia de la turbina (kW).
- H_n = Altura de diseño (m).

Para calcular la velocidad específica se procede de la manera siguiente:

1. Se halla una velocidad específica que se denominara de prueba, con base en curvas de fabricantes o ecuaciones empíricas. Dicho dato se obtendrá a partir de los datos de fabricantes con turbinas de saltos y caudales similares al existente en la central, tomaremos como valor inicial 650 rpm, siendo además la velocidad media para un salto de dichas características.
2. De la primera ecuación se despeja N reemplazarlo por N_s por el valor obtenido en el apartado anterior. De lo que nos quedaría la ecuación siguiente:

$$N = (N_s \times H_n^{1,25}) / \sqrt{P}$$

Con lo que reemplazando las letras por los valores correspondientes, obtenemos:

$$N = (650 \times 4^{1,25}) / (41,1) = 89,46 \text{ rpm}$$

3. Se determina, entonces, un número de polos de la expresión (para el caso de sistemas de 50 Hz):

$$p = 3000/N$$

De donde sustituyendo por el valor obtenido en el apartado anterior, nos da el resultado expresado a continuación:

$$p = 3000/89,46 = 33,53 \text{ polos}$$

4. El número de polos p se aproxima al número par más próximo y se calcula nuevamente la velocidad síncrona. Por lo cual, aproximaremos el valor a 32 polos en el generador.

De donde:

$$N = 3000/p = 3000/32 = 93,75 \text{ rpm}$$

5. Con la velocidad síncrona hallada en 4, se calcula la velocidad específica definitiva, teniendo la precaución de que no se desvíe más de un 10% del valor de la velocidad específica de prueba. La velocidad específica así hallada será la velocidad específica definitiva para el dimensionamiento.

Sustituyendo el valor de la nueva velocidad síncrona obtenida en la fórmula para la obtención de la velocidad de sincronismo nos queda el resultado siguiente:

$$N_s = (93,75 \times 41,1) / (4^{1,25}) = 681,14 \text{ rpm}$$

20.4 Dimensiones de la turbina

Para conocer la magnitud de las obras civiles que tienen que realizarse para alojar a las turbinas de una central hidroeléctrica, es necesario determinar las dimensiones de los principales elementos que constituyen las obras auxiliares, tales como rejillas de la obra de toma, la tubería o conducción a presión, la casa de máquinas donde se aloja el conjunto turbina, flecha, generador, la grúa viajera, las instalaciones que contienen a los tableros de control y el tubo de aspiración.

20.4.1 Tamaño del rodete

Para determinar las dimensiones principales del rodete, el coeficiente de velocidad periférica (ϕ) está definido como:

$$\phi = \frac{D_M \times \pi \times N'}{60 \times \sqrt{2g \times Hd}}$$

La función $\phi = f(N_s)$, se calcula por correlación de los datos disponibles, donde ϕ es:

$$\phi = 0,79 + 1,61 \times 10^{-3} N_s$$

De donde, sustituyendo se obtiene:

$$\phi = 0,79 + 1,61 \times 10^{-3} (681,14) = 1,89$$

Para un valor dado de la velocidad específica (Ns) el diámetro de salida del rodete se puede calcular como:

$$D_M = \frac{84,5 \times \phi \times \sqrt{H_d}}{N}$$

De donde, sustituyendo obtenemos el diámetro exterior del rodete:

$$D_M = \frac{84,5 \times 1,89 \times \sqrt{4}}{681,14} = 0,469 \text{ m}$$

A partir del cual, se pueden calcular el resto de valores que se detallan a continuación:

1. Diámetro del rodete:

$$D_m = \left(0,25 + \frac{94,64}{N_s}\right) \times D_M = \left(0,25 + \frac{94,64}{681,14}\right) \times 0,469 = 0,182 \text{ m}$$

2. Altura desde el centro de las palas hasta la punta del rodete:

$$H_m = \frac{6,94 \times D_M}{N_s^{0,403}} = \frac{6,94 \times 0,469}{681,14^{0,403}} = 0,235 \text{ m}$$

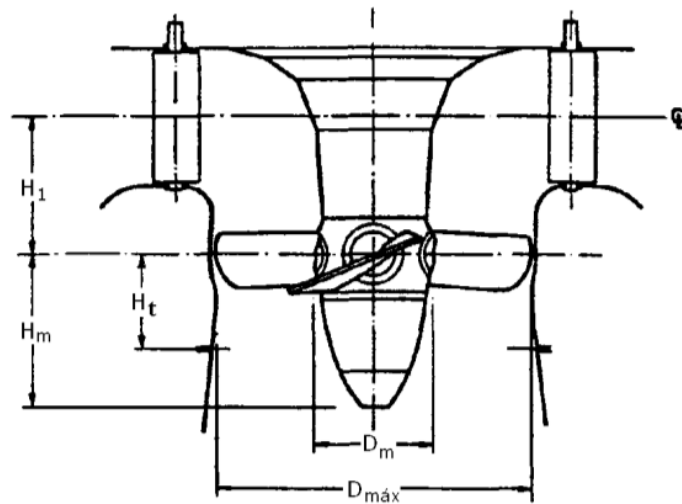


Figura 20.1 Dimensiones del rodete de la turbina

20.5 Tamaño de la carcasa

La carcasa de dicha turbina será de acero y sus dimensiones se calcularán a continuación:

1. La velocidad en la sección de entrada de la cámara espiral de acero se puede estimar con la siguiente expresión:

$$V = 3,17 - \frac{759,21}{N_s} = 3,17 - \frac{759,21}{681,14} = 2,055$$

2. Para el resto de dimensiones:

$$A_1 = 0,4 \times N_s^{0,2} \times D_M = 0,4 \times 681,14^{0,2} \times 0,469 = 0,691$$

$$B_1 = \left(1,26 + \frac{N_s}{2,638,5}\right) \times D_M = \left(1,26 + \frac{681,14}{2,638,5}\right) \times 0,469 = 0,712$$

$$C_1 = \left(1,46 + \frac{N_s}{3,086,4}\right) \times D_M = \left(1,46 + \frac{681,14}{3,086,4}\right) \times 0,469 = 0,788$$

$$D_1 = \left(1,56 + \frac{N_s}{1,742,2}\right) \times D_M = \left(1,56 + \frac{681,14}{1,742,2}\right) \times 0,469 = 0,915$$

$$E_1 = \left(1,21 + \frac{N_s}{3,690}\right) \times D_M = \left(1,21 + \frac{681,14}{3,690}\right) \times 0,469 = 0,654$$

$$F_1 = \left(1,45 + \frac{72,17}{N_s}\right) \times D_M = \left(1,45 + \frac{72,17}{681,14}\right) \times 0,469 = 0,729$$

$$G_1 = \left(1,29 + \frac{41,63}{N_s}\right) \times D_M = \left(1,29 + \frac{41,63}{681,14}\right) \times 0,469 = 0,633$$

$$H_1 = \left(1,13 + \frac{31,86}{N_s}\right) \times D_M = \left(1,13 + \frac{31,86}{681,14}\right) \times 0,469 = 0,552$$

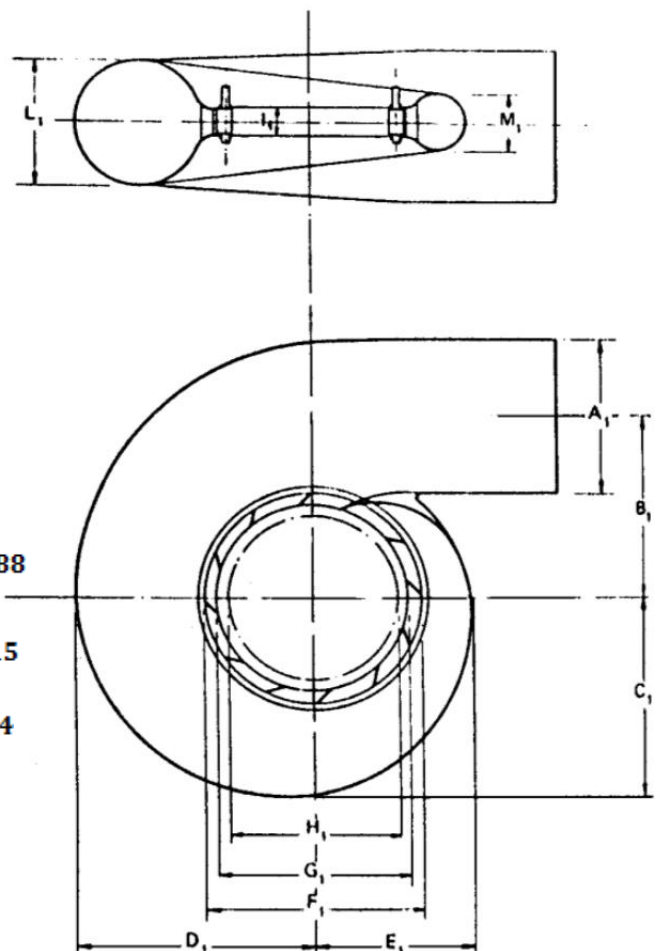


Figura 20.2 Dimensiones de la carcasa de la turbina

$$I_1 = \left(0,45 - \frac{31,8}{N_s}\right) \times D_M = \left(0,45 - \frac{31,8}{681,14}\right) \times 0,469 = 0,189$$

$$L_1 = \left(0,74 + \frac{N_s}{1149,4}\right) \times D_M = \left(0,74 + \frac{681,14}{1149,4}\right) \times 0,469 = 0,625$$

$$M_1 = \frac{D_M}{2,06 - \frac{N_s}{833,3}} = \frac{0,469}{2,06 - \frac{681,14}{833,3}} = 0,377$$

20.6 Tamaño del tubo de aspiración

Las dimensiones del tubo de aspiración se estiman mediante las expresiones siguientes:

$$H_t = \left(0,24 + \frac{N_s}{12.788}\right) \times D_M = \left(0,24 + \frac{681,14}{12.788}\right) \times 0,469 = 0,1375$$

$$N = \left(2 - \frac{N_s}{46.729}\right) \times D_M = \left(2 - \frac{681,14}{46.729}\right) \times 0,469 = 0,931$$

$$O = \left(1,4 - \frac{N_s}{59.880}\right) \times D_M = \left(1,4 - \frac{681,14}{59.880}\right) \times 0,469 = 0,651$$

$$P = \left(1,26 - \frac{16,35}{N_s}\right) \times D_M = \left(1,26 - \frac{16,35}{681,14}\right) \times 0,469 = 0,579$$

$$Q = \left(0,66 - \frac{18,40}{N_s}\right) \times D_M = \left(0,66 - \frac{18,40}{681,14}\right) \times 0,469 = 0,297$$

$$R = \left(1,25 - \frac{N_s}{12.531}\right) \times D_M = \left(1,25 - \frac{681,14}{12.531}\right) \times 0,469 = 0,56$$

$$S = \left(4,26 + \frac{201,21}{N_s}\right) \times D_M = \left(4,26 + \frac{201,21}{681,14}\right) \times 0,469 = 2,136$$

$$T = \left(1,2 - \frac{N_s}{1.953}\right) \times D_M = \left(1,2 - \frac{681,14}{1.953}\right) \times 0,469 = 0,4$$

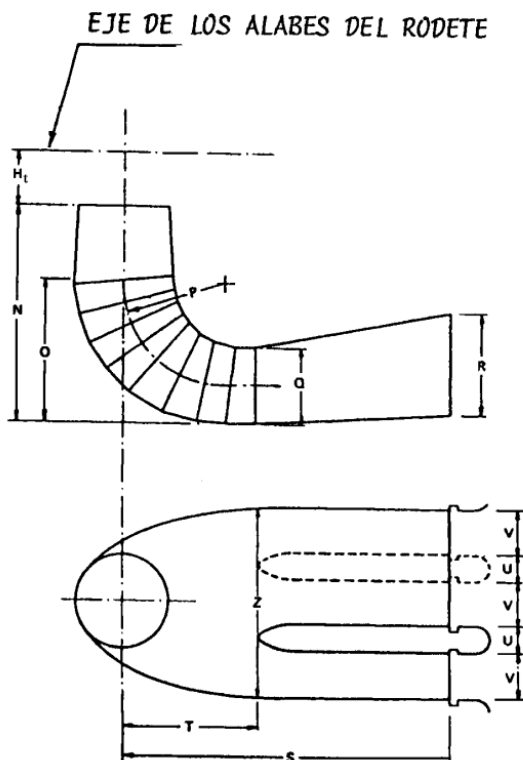


Figura 20.3 Dimensiones del tubo de aspiración de la turbina

21 Cálculos de Generadores

21.1 Velocidad Síncrona

En la siguiente tabla se expresan las velocidades síncronas para los distintos pares de polos medidas en rpm, dentro de los límites de aplicación de las turbinas hidráulicas para la frecuencia de 50Hz.

Este valor lo utilizaremos como comprobación puesto que en el apartado 19.3 Velocidad Específica ya quedo calculada, teniendo un valor de 93,75 rpm, por lo que según la tabla siguiente podremos saber si la cantidad de pares de polos para esta velocidad es la correcta

Número de pares de polos	Velocidad en r.p.m.	Número de pares de polos	Velocidad en r.p.m.
40	75	18	166,5
38	79	16	87,5
36	83,5	14	214,5
34	88	12	250
32	94	10	300
30	100	8	375
28	107	7	428,5
26	115,5	6	500
24	125	5	600
22	136,5	4	750
20	150		

Tabla 0.1 Tabla de velocidad de sincronismo del generador

Como podemos apreciar la velocidad síncrona más similar a nuestro caso se encontraría para 16 polos, teniendo un valor de 87,5 rpm, ya que contamos con una velocidad de 93,75 rpm, y no distan en más del 10% de la velocidad. En el apartado 19.3 también calculamos la cantidad de polos aproximándolos a 32, por lo cual si se puede expresar que dicho generador contará con 16 pares de polos.

El hecho de que la velocidad no quede igual a 87,5 rpm es porque el generador utilizado será asíncrono teniendo una velocidad diferente y no siempre constante.

21.2 Cálculo de potencia nominal

La potencia en el eje del alternador depende de la potencia desarrollada en el eje de la turbina quedando lo siguiente:

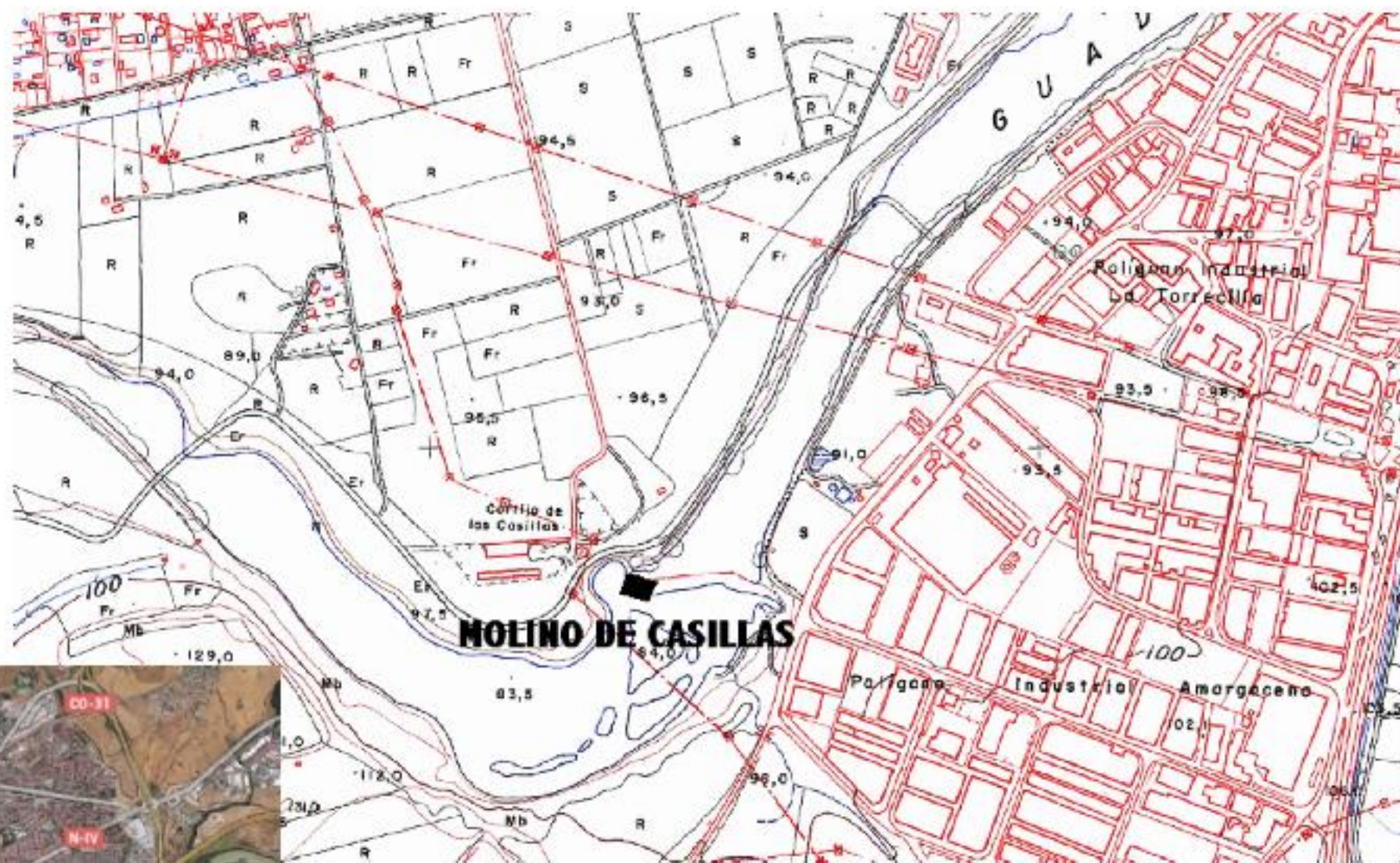
$$P = 9,81 \times Q \times R_t \times H_n = 9,81 \times 16,81 \times 0,86 \times 4 = 567,27 \text{ kW}$$


Suponiendo un alternador de rendimiento a plena carga de 0,95, la potencia final obtenida será:

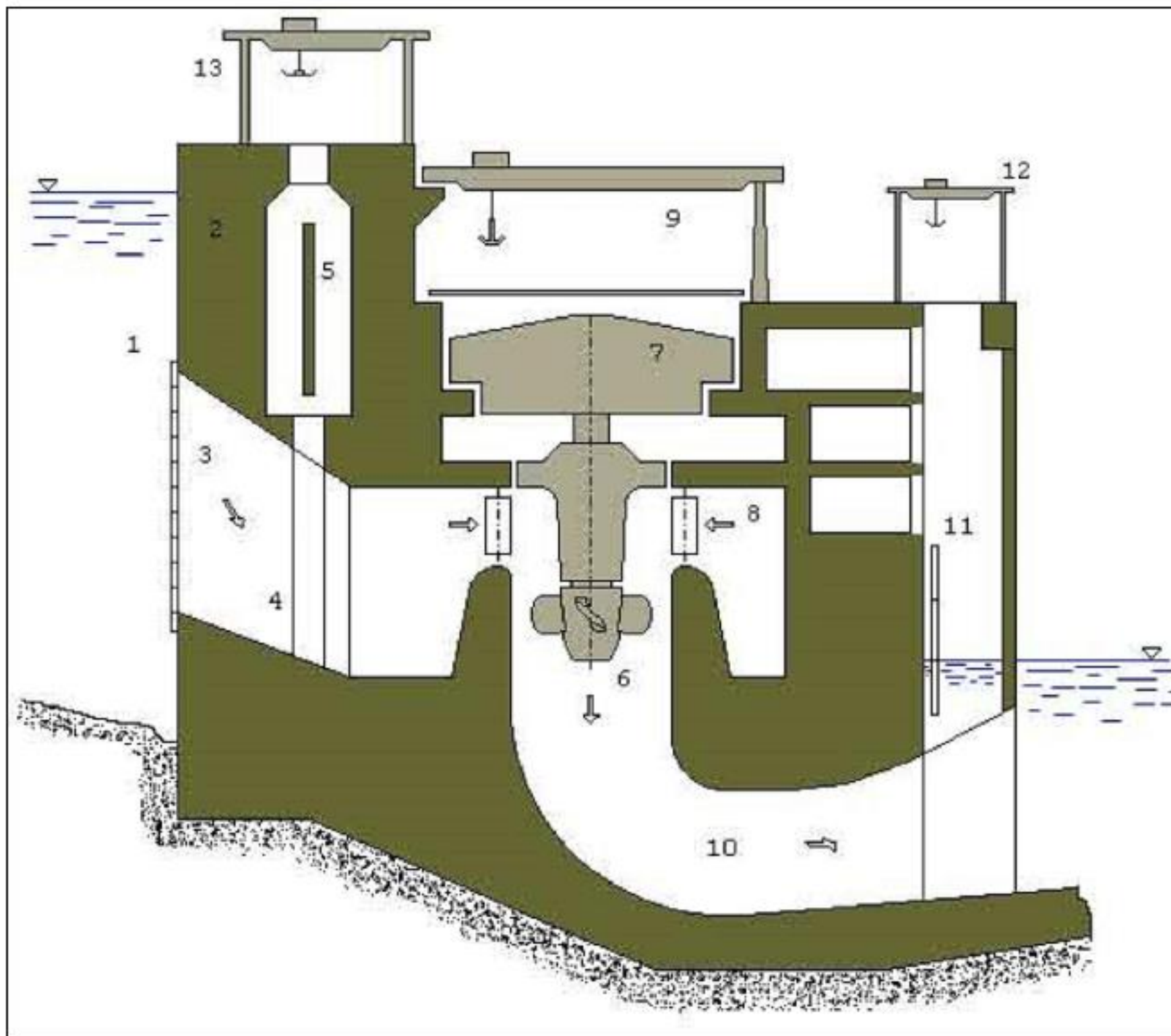
$$P_{\text{gen}} = 567,27 \times 0,95 = 538,9 \text{ kW}$$



PLANOS




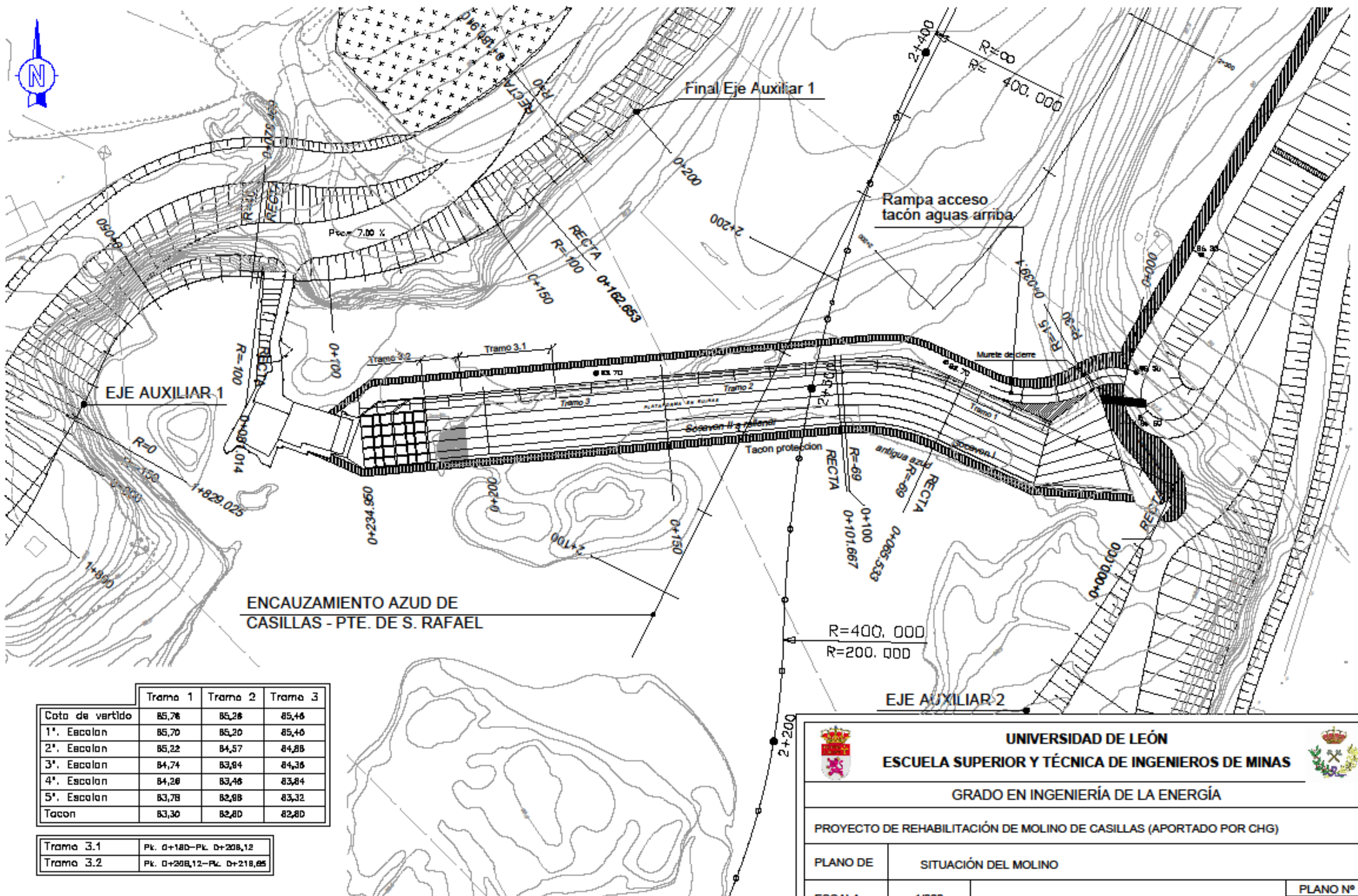
 UNIVERSIDAD DE LEÓN 	
ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS	
GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA	
PROYECTO DE REHABILITACIÓN DE MOLINO DE CASILLAS (APORTADO POR CHG)	
PLANO DE	SITUACIÓN DEL MOLINO
ESCALA	-
FECHA	Noviembre de 2015
Fdo.: Miguel López Gayo	
PLANO Nº	
1	



Distribución de elementos de la central hidráulica

1. Azud
2. Presa de Contención
3. Entrada a la casa de máquinas, tomas más rejillas
4. Conducto de entrada del agua, tubería forzada
5. Compuertas planas de entrada, en posición "izadas"
6. Turbina hidráulica Kaplan
7. Generador asíncrono y alternador
8. Directrices para regulación de entrada
9. Sala de máquinas
10. Salida de agua
11. Compuertas de salida de agua, en posición "izadas"
12. Puente grúa para compuertas de salida
13. Puente grúa para compuertas de entrada



 UNIVERSIDAD DE LEÓN 		
ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS		
GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA		
PROYECTO DE REHABILITACIÓN HIDROELÉCTRICA EN CÓRDOBA (MOLINO DE CASILLAS)		
PLANO DE	ESQUEMA CENTRAL	
ESCALA	1/250	
FECHA	Noviembre de 2015	
Fdo.: Miguel López Gayo		
		PLANO Nº

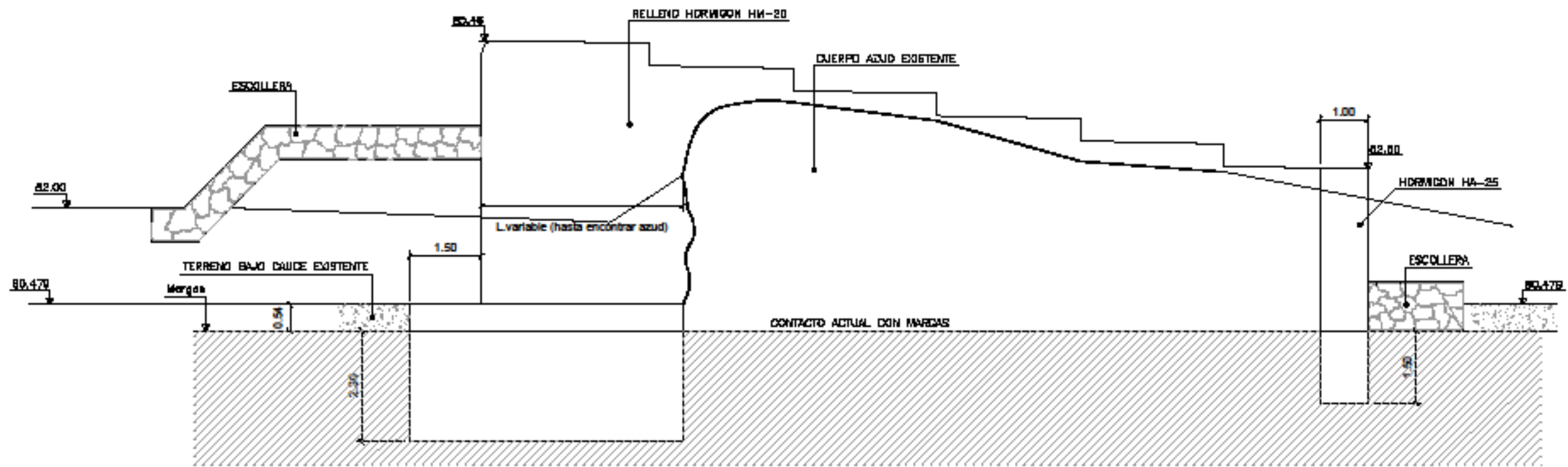


ENCAUZAMIENTO AZUD DE CASILLAS - PTE. DE S. RAFAEL

	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Cota de vertido	85,76	85,26	85,46
1°. Escalon	85,70	85,20	85,40
2°. Escalon	85,22	84,57	84,88
3°. Escalon	84,74	83,84	84,36
4°. Escalon	84,26	83,46	83,84
5°. Escalon	83,78	82,98	83,32
Tacon	83,30	82,80	82,80

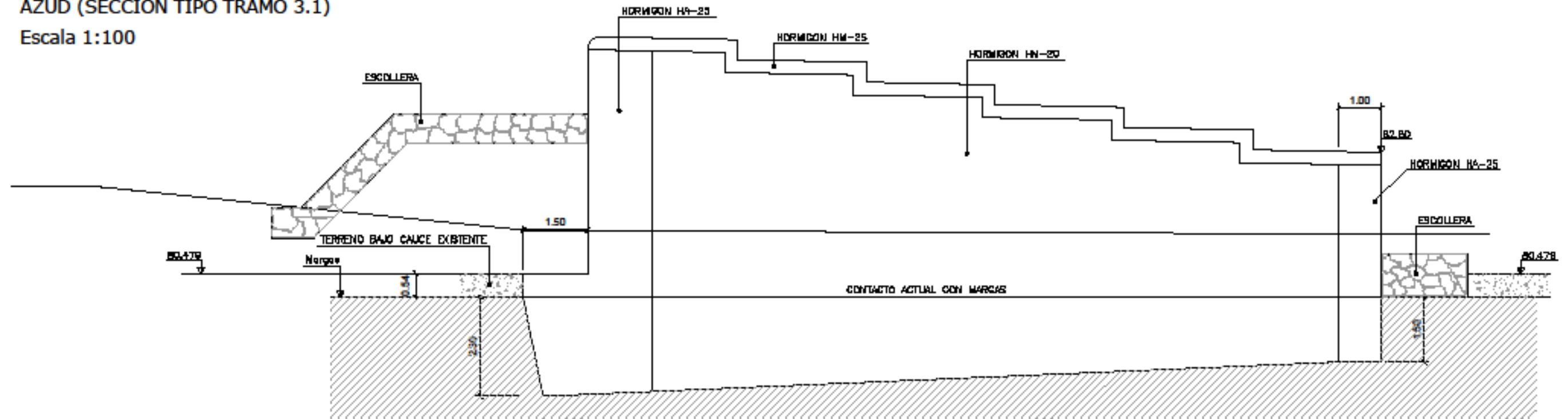
Tramo 3.1	Pk. 0+180-Pk. 0+208,12
Tramo 3.2	Pk. 0+208,12-Pk. 0+218,65

 UNIVERSIDAD DE LEÓN 	
ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS	
GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA	
PROYECTO DE REHABILITACIÓN DE MOLINO DE CASILLAS (APORTADO POR CHG)	
PLANO DE	SITUACIÓN DEL MOLINO
ESCALA	1/200
FECHA	Noviembre de 2015
Fdo.: Miguel López Gayo	
PLANO Nº	
3	



AZUD (SECCION TIPO TRAMO 3.1)

Escala 1:100



AZUD (SECCION TIPO TRAMO 3.2)

Escala 1:100

 UNIVERSIDAD DE LEÓN 	
ESCUELA SUPERIOR Y TÉCNICA DE INGENIEROS DE MINAS	
GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA	
PROYECTO DE REHABILITACIÓN DE MOLINO DE CASILLAS (APORTADO POR CHG)	
PLANO DE	AZUD Y SALTO PARA PECES
ESCALA	1/250
FECHA	Noviembre de 2015
Fdo.: Miguel López Gayo	
PLANO Nº	
4	



PLIEGO DE CONDICIONES

Pliego de Condiciones

22 Objeto de este Pliego de Condiciones

El presente Pliego de Condiciones Técnicas, tiene por objeto definir las obras, fijar las condiciones técnicas y económicas, tanto de los materiales a emplear como de su ejecución, así como las condiciones generales y contractuales que han de regir en la ejecución de las obras para rehabilitación de la central minihidroeléctrica del Molino de Casillas situado en el cauce del río Guadalquivir a su paso por Córdoba, detallada en el presente proyecto.

23 Alcance de este Pliego de Condiciones

El siguiente pliego estará compuesto por tres apartados bien diferenciados que se detallan a continuación:

- Pliego de Condiciones Generales: Este apartado estará compuesto por una descripción general del contenido del proyecto, sus características principales, los aspectos legales y administrativos a tener en cuenta por los futuros contratistas, todo ello se realizará de acuerdo con la Norma UNE 24042.
- Pliego de Condiciones Técnicas Particulares: El cual se encontrará a su vez subdividido en otros dos apartados perfectamente diferenciados, como se detalla a continuación.
 - Especificaciones de Materiales y Equipo: En este apartado aparecerán perfectamente definidos todos los materiales, equipos, máquinas, instalaciones, etc. que constituyen el proyecto.
 - Especificaciones de Ejecución: En este apartado se definirán exactamente la ejecución material del proyecto, su fabricación o construcción a partir de los materiales especificados en el apartado anterior.
- Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares: En este apartado del Pliego se hace referencia directa a la forma de medir las obras ejecutadas, valorarlas y abonarlas.

24 Pliego de Condiciones Generales

24.1 Objeto del pliego de condiciones generales

En este apartado se definirán todos los aspectos considerados de forma general que hacen referencia al proyecto que se quiere llevar a cabo.

24.2 Características Generales

- Proyecto de referencia:

Proyecto de Referencia	
Proyecto de ejecución:	Rehabilitación de antiguo molino
Autor del proyecto:	Miguel López Gayo
Promotor de la obra:	Universidad de León (E.S.T.I.M.)
Representante:	Por Determinar
Presupuesto de ejecución material:	2.625.485,83
Número máximo de operarios:	Se estima un número igual o menor de 10
Total aproximado de jornadas:	Un año

- Datos Generales:

Datos del emplazamiento	
Dirección:	Cercano al polígono industrial de Amargacena
Población:	Córdoba
Municipio:	Córdoba
Provincia:	Córdoba
Aprovechamiento hidráulico:	Rio Guadalquivir

24.3 Reglamento y normas

Todas las unidades de obra se ejecutarán cumpliendo las prescripciones indicadas en los Reglamentos de Seguridad y Normas Técnicas de obligado cumplimiento para este tipo de instalaciones, tanto de ámbito nacional, autonómico como municipal, así como, todas las otras que se establezcan en la Memoria Descriptiva del mismo.

Se adaptarán además, a las presentes condiciones particulares que complementarán las indicadas por los Reglamentos y Normas citadas. El diseño de la

instalación eléctrica estará de acuerdo con las exigencias o recomendaciones expuestas en la última edición de los siguientes códigos:

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Complementarias.
- Normas UNE.
- Normas de la Compañía Suministradora.
- Lo indicado en este pliego de condiciones con referencia a todos los códigos y normas.

25 Pliego de Condiciones Técnicas Particulares

25.1 Objeto del Pliego de Condiciones Técnicas Particulares

Este Pliego de Condiciones Técnicas Particulares comprende el conjunto de características que deberán cumplir los materiales empleados en la construcción, así como los técnicos de su colocación en la obra y los que deberán mandar en la ejecución de cualquier tipo de instalaciones y de obras accesorias y dependientes para la ejecución del presente.

25.2 Especificación de Materiales y Equipo

25.2.1 Materiales

Todo material que sea utilizado para la realización de la obra de la central hidroeléctrica cumplirá las especificaciones y tendrá las características indicadas en el proyecto y en las normas técnicas generales, además de ser de primera calidad.

Toda especificación o característica de materiales que figuren en uno solo de los documentos del Proyecto, aún sin figurar en los otros es igualmente obligatoria.

En caso de existir contradicción u omisión en los documentos del proyecto, el Contratista obtendrá la obligación de ponerlo de manifiesto al Técnico Director de la obra, quien decidirá sobre el particular. En ningún caso podrá suplir la falta directamente, exceptuando la debida autorización.

Una vez adjudicada la obra definitivamente y antes de iniciarse esta, el Contratista presentara al Técnico Director los catálogos, cartas muestra, certificados de garantía o de homologación de los materiales que vayan a emplearse. No podrán utilizarse materiales que no hayan sido aceptados por el Técnico Director.

25.2.2 Prescripciones de los Materiales

1. Si las procedencias de materiales fuesen fijadas en los documentos contractuales, el contratista tendrá que utilizarlas obligatoriamente, a menos que haya una autorización expresa del Director de la obra.

2. Si por no cumplir las prescripciones del presente Pliego se rechazan los materiales que figuren como utilizables en los documentos informativos, el contratista tendrá la obligación de aportar otros materiales que cumplan las prescripciones, sin que por esto tenga derecho a un nuevo precio unitario.

3. El contratista obtendrá a su cargo la autorización para la utilización de préstamos y se hará cargo además, por su cuenta, de todos los gastos, cánones, indemnizaciones, etc. que se presenten.

4. El contratista notificará a la Dirección de la obra con suficiente antelación las procedencias de los materiales que se proponga utilizar, aportando las muestras y los datos necesarios, tanto por lo que haga referencia a la calidad como a la cantidad.

5. En ningún caso podrán ser acopiados y utilizados en la obra materiales cuya procedencia no haya sido aprobada por el Director.

6. Todos los materiales que se utilicen en la obra deberán ser de calidad suficiente a juicio del director de la obra, aunque no se especifique expresamente en el Pliego de Condiciones.

25.2.3 Aceros

El acero a emplear cumplirá las condiciones exigidas en la Instrucción para el Proyecto y Ejecución de las obras de Hormigón EHE-08 y en la DB-SE A de Estructura de Acero en la Edificación.

25.2.3.1 Ensayos

Si el director facultativo de la obra lo considera conveniente, se exigirá un certificado de un Laboratorio Oficial que garantice la calidad del acero utilizado. Asimismo, dará instrucciones sobre la ejecución en la obra del ensayo de doblado descrito en la Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de obras de Hormigón EHE-08.

25.2.3.2 Aceros de estructura

La clase de acero laminado a emplear en las estructuras será, tanto en perfiles como en chapa, acero laminado de uno de los siguientes tipos S275JR, S275JO ó S275J2, cumplirá todas las características mecánicas (límites elásticos, resistencia a tracción, alargamiento

de rotura), y químicas (contenido límite en carbono, fósforo y azufre), establecidas en la norma: DB-SE A . Estos cumplimientos deberán ser garantizados por el fabricante.

Todos los perfiles laminados llevarán como señal de garantía, grabados en relieve y cada cierta distancia, el tipo de acero S275JR, S275JO ó S275J2 y las siglas del fabricante.

25.2.3.3 Clavos, herrajes y tornillos

El hierro para clavos y herrajes será dulce, maleable en frío y en caliente, de grano fino y homogéneo, perfectamente laminado y de superficie bien limpia, no debiendo presentar huecos ni señales de incrustaciones de escorias o cuerpos extraños.

Los clavos y los tornillos que se utilicen serán de hierro dulce, con puntas agudas y filetes limpios, teniendo cada pieza la longitud y el espesor o diámetro necesarios para su función.

25.2.4 Tuberías

Los materiales a emplear en las tuberías, que se encontrarán definidos en el Proyecto, podrán ser cemento, gres, fundición, fibrocemento o cloruro de polivinilo según su misión, debiendo ser todas de marcas reconocidas y sancionadas en la práctica.

El material de las tuberías no contendrá elementos o sustancias tóxicas, será resistente a la disolución, al ataque por el agua y a la corrosión, para lo cual tendrá un poder dieléctrico tal que no se vea afectado por las posibles corrientes parásitas que se produzcan en el terreno donde va a ser instalado.

Para las tuberías se admite una variación máxima sobre el diámetro interior igual al 1 %, y una tolerancia máxima del espesor que tendrá como límite $(0'2 + 0'1 \times e)$ mm, siendo "e" el espesor de la pared en mm.

Todas las tuberías llevarán, al menos, las marcas siguientes, realizadas por algún procedimiento que asegure su permanencia:

- Marca de fábrica.
- Diámetro nominal.
- Presión de trabajo.

Serán además necesarias las siguientes verificaciones y pruebas:

- Examen visual.
- Comprobaciones de dimensiones, espesor y rectitud.
- Pruebas de estanqueidad.

- Pruebas de rotura por presión hidráulica inferior sobre un tubo de cada lote de 200 unidades.
- Pruebas de aplastamiento.
- Pruebas de flexión transversal.
- Pruebas de flexión longitudinal.

Todos los mecanismos de llaves y válvulas serán sometidos a las pruebas de funcionamiento y resistencia de estanqueidad. Para un mismo diámetro nominal y presión normalizada, deberán ser intercambiables.

Todos los elementos de la conducción deberán resistir todos los esfuerzos que estén llamados a soportar en servicio y durante las pruebas, y ser absolutamente estancos, no produciendo alteración alguna en las características físicas, químicas, microbiológicas y organolépticas del agua, aun teniendo en cuenta el tiempo de funcionamiento de la instalación.

25.2.5 Instalación de seguridad contra incendios

La central hidroeléctrica contara además con una instalación que facilitará la seguridad contra un posible incendio, la misma se ajustará a la norma y asegurará por completo la protección de toda la central.

25.2.6 Materiales no expresados

Todo el material no expresado en este Pliego de Condiciones y que haya de emplearse en estas obras se entenderá que es de la mejor calidad. Se someterá previamente a la aceptación del Ingeniero Director de Obra. No obstante, todo se ajustará a lo establecido por las Normas establecidas.

25.3 Instalación Eléctrica de Baja Tensión

25.3.1 Condiciones Generales

Todos los materiales a emplear en la presente instalación serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y demás disposiciones vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

Todos los materiales podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección Técnica, bien entendiéndose que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la instalación.

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa, no pudiendo, por tanto, servir de pretexto al contratista la baja en subasta, para variar esa esmerada ejecución ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

25.3.2 Canalizaciones eléctricas

Los cables se colocarán dentro de tubos o canales, fijados directamente sobre las paredes, enterrados, directamente empotrados en estructuras, en el interior de huecos de la construcción, bajo molduras, en bandeja o soporte de bandeja.

Antes de iniciar el tendido de la red de distribución, deberán estar ejecutados los elementos estructurales que hayan de soportarla o en los que vaya a ser empotrada: forjados, tabiquería, etc. Salvo cuando al estar previstas se hayan dejado preparadas las necesarias canalizaciones al ejecutar la obra previa, deberá replantearse sobre ésta en forma visible la situación de las cajas de mecanismos, de registro y protección, así como el recorrido de las líneas, señalando de forma conveniente la naturaleza de cada elemento.

25.3.2.1 Conductores aislados bajo tubos protectores

Los tubos protectores pueden ser:

- Tubo y accesorios no metálicos.
- Tubo y accesorios compuestos (constituidos por materiales metálicos y no metálicos).

Los tubos se clasifican según lo dispuesto en las normas siguientes:

- UNE-EN 50086 -2-1: Sistemas de tubos rígidos.
- UNE-EN 50086 -2-2: Sistemas de tubos curvables.
- UNE-EN 50086 -2-3: Sistemas de tubos flexibles.
- UNE-EN 50086 -2-4: Sistemas de tubos enterrados.

Las características de protección de la unión entre el tubo y sus accesorios no deben ser inferiores a los declarados para el sistema de tubos.

La superficie interior de los tubos no deberá presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios.

Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la UNE-EN 60423. Para los tubos enterrados, las dimensiones se corresponden con las indicadas en la norma UNE-EN 50086 -2-4. Para el resto de los tubos, las dimensiones serán las establecidas en la norma correspondiente de las citadas anteriormente. La denominación se realizará en función del diámetro exterior.

El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante.

En lo relativo a la resistencia a los efectos del fuego considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá lo establecido por el Reglamento de Productos de Construcción (UE) Nº 305/2011.

25.3.2.2 Conductores aislados fijados directamente sobre las paredes

Estas instalaciones se establecerán con cables de tensiones asignadas no inferiores a 0,6/1 kV, provistos de aislamiento y cubierta (se incluyen cables armados o con aislamiento mineral).

Para la ejecución de las canalizaciones se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se fijarán sobre las paredes por medio de bridas, abrazaderas, o collares de forma que no perjudiquen las cubiertas de los mismos.
- Con el fin de que los cables no sean susceptibles de doblarse por efecto de su propio peso, los puntos de fijación de los mismos estarán suficientemente próximos. La distancia entre dos puntos de fijación sucesivos, no excederá de 0,40 metros.
- Cuando los cables deban disponer de protección mecánica por el lugar y condiciones de instalación en que se efectúe la misma, se utilizarán cables armados. En caso de no utilizar estos cables, se establecerá una protección mecánica complementaria sobre los mismos.

- Se evitará curvar los cables con un radio demasiado pequeño y salvo prescripción en contra fijada en la Norma UNE correspondiente al cable utilizado, este radio no será inferior a 10 veces el diámetro exterior del cable.
- Los cruces de los cables con canalizaciones no eléctricas se podrán efectuar por la parte anterior o posterior a éstas, dejando una distancia mínima de 3 cm entre la superficie exterior de la canalización no eléctrica y la cubierta de los cables cuando el cruce se efectúe por la parte anterior de aquélla.
- Los extremos de los cables serán estancos cuando las características de los locales o emplazamientos así lo exijan, utilizándose a este fin cajas u otros dispositivos adecuados. La estanqueidad podrá quedar asegurada con la ayuda de prensaestopas.
- Los empalmes y conexiones se harán por medio de cajas o dispositivos equivalentes provistos de tapas desmontables que aseguren a la vez la continuidad de la protección mecánica establecida, el aislamiento y la inaccesibilidad de las conexiones y permitiendo su verificación en caso necesario.

25.3.2.3 Conductores aislados enterrados

Las condiciones para estas canalizaciones, en las que los conductores aislados deberán ir bajo tubo salvo que tengan cubierta y una tensión asignada 0,6/1kV, se establecerán de acuerdo con lo señalado en la Instrucciones ITC-BT-07 e ITC-BT-21.

25.3.2.4 Conductores aislados directamente empotrados en estructuras

Para estas canalizaciones son necesarios conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral). La temperatura mínima y máxima de instalación y servicio será de -5°C y 90°C respectivamente (polietileno reticulado o etileno-propileno).

25.3.2.5 Conductores aislados en el interior de la construcción

Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Los cables o tubos podrán instalarse directamente en los huecos de la construcción con la condición de que sean no propagadores de la llama.

Los huecos en la construcción admisibles para estas canalizaciones podrán estar dispuestos en muros, paredes, vigas, forjados o techos, adoptando la forma de conductos continuos o bien estarán comprendidos entre dos superficies paralelas como en el caso de falsos techos o muros con cámaras de aire.

La sección de los huecos será, como mínimo, igual a cuatro veces la ocupada por los cables o tubos, y su dimensión más pequeña no será inferior a dos veces el diámetro exterior de mayor sección de éstos, con un mínimo de 20 milímetros.

Las paredes que separen un hueco que contenga canalizaciones eléctricas de los locales inmediatos, tendrán suficiente solidez para proteger éstas contra acciones previsibles.

Se evitarán, dentro de lo posible, las asperezas en el interior de los huecos y los cambios de dirección de los mismos en un número elevado o de pequeño radio de curvatura.

La canalización podrá ser reconocida y conservada sin que sea necesaria la destrucción parcial de las paredes, techos, etc., o sus guarnecidos y decoraciones.

Los empalmes y derivaciones de los cables serán accesibles, disponiéndose para ellos las cajas de derivación adecuadas.

Se evitará que puedan producirse infiltraciones, fugas o condensaciones de agua que puedan penetrar en el interior del hueco, prestando especial atención a la impermeabilidad de sus muros exteriores, así como a la proximidad de tuberías de conducción de líquidos, penetración de agua al efectuar la limpieza de suelos, posibilidad de acumulación de aquella en partes bajas del hueco, etc.

25.3.2.6 Conductores aislados bajo canales protectores

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable. Los cables utilizados serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificadas como "canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas". En su interior se podrán colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corriente, dispositivos de mando y control, etc., siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

También se podrán realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos.

25.3.2.7 Conductores aislados bajo molduras

Estas canalizaciones están constituidas por cables alojados en ranuras bajo molduras. Podrán utilizarse únicamente en locales o emplazamientos clasificados como secos, temporalmente húmedos o polvorientos. Los cables serán de tensión asignada no inferior a 450/750 V.

Las molduras cumplirán las siguientes condiciones:

- Las ranuras tendrán unas dimensiones tales que permitan instalar sin dificultad por ellas a los conductores o cables. En principio, no se colocará más de un conductor por ranura, admitiéndose, no obstante, colocar varios conductores siempre que pertenezcan al mismo circuito y la ranura presente dimensiones adecuadas para ello.
- La anchura de las ranuras destinadas a recibir cables rígidos de sección igual o inferior a 6 mm^2 serán, como mínimo, de 6 mm.

Para la instalación de las molduras se tendrá en cuenta:

- Las molduras no presentarán discontinuidad alguna en toda la longitud donde contribuyen a la protección mecánica de los conductores. En los cambios de dirección, los ángulos de las ranuras serán obtusos.
- Las canalizaciones podrán colocarse al nivel del techo o inmediatamente encima de los rodapiés. En ausencia de éstos, la parte inferior de la moldura estará, como mínimo, a 10 cm por encima del suelo.
- En el caso de utilizarse rodapiés ranurados, el conductor aislado más bajo estará, como mínimo, a 1,5 cm por encima del suelo.
- Cuando no puedan evitarse cruces de estas canalizaciones con las destinadas a otro uso (agua, gas, etc.), se utilizará una moldura especialmente concebida para estos cruces o preferentemente un tubo rígido empotrado que sobresaldrá por una y otra parte del cruce. La separación entre dos canalizaciones que se crucen será, como mínimo de 1 cm en el caso de utilizar molduras especiales para el cruce y 3 cm, en el caso de utilizar tubos rígidos empotrados.
- Las conexiones y derivaciones de los conductores se hará mediante dispositivos de conexión con tornillo o sistemas equivalentes.
- Las molduras no estarán totalmente empotradas en la pared ni recubiertas por papeles, tapicerías o cualquier otro material, debiendo quedar su cubierta siempre al aire.
- Antes de colocar las molduras de madera sobre una pared, debe asegurarse que la pared está suficientemente seca; en caso contrario, las molduras se separarán de la pared por medio de un producto hidrófugo.

25.3.2.8 Conductores aislados en bandeja o soporte de bandejas

Sólo se utilizarán conductores aislados con cubierta (incluidos cables armados o con aislamiento mineral), unipolares o multipolares.

El material usado para la fabricación será acero laminado de primera calidad, galvanizado por inmersión. La anchura de las canaletas será de 100 mm como mínimo, con incrementos de 100 en 100 mm. La longitud de los tramos rectos será de dos metros.

El fabricante indicará en su catálogo la carga máxima admisible, en N/m, en función de la anchura y de la distancia entre soportes. Todos los accesorios, como codos, cambios de plano, reducciones, tes, uniones, soportes, etc., tendrán la misma calidad que la bandeja.

Las bandejas y sus accesorios se sujetarán a techos y paramentos mediante herrajes de suspensión, a distancias tales que no se produzcan flechas superiores a 10 mm y estarán perfectamente alineadas con los cerramientos de los locales.

No se permitirá la unión entre bandejas o la fijación de las mismas a los soportes por medio de soldadura, debiéndose utilizar piezas de unión y tornillería cadmiada. Para las uniones o derivaciones de líneas se utilizarán cajas metálicas que se fijarán a las bandejas.

25.3.3 Conductores

25.3.3.1 Tipos de Conductores

Los conductores serán de los siguientes tipos:

- De 450/750 V de tensión nominal.
 - Conductor: de cobre.
 - Formación: unipolares.
 - Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC).
 - Tensión de prueba: 2.500 V.
 - Instalación: bajo tubo.
 - Normativa de aplicación: UNE 21.031.

- De 0,6/1 kV de tensión nominal.
 - Conductor: de cobre (o de aluminio, cuando lo requieran las especificaciones del proyecto).
 - Formación: uni-bi-tri-tetrapolares.
 - Aislamiento: policloruro de vinilo (PVC) o polietileno reticulado (XLPE).
 - Tensión de prueba: 4.000 V.
 - Instalación: al aire o en bandeja.
 - Normativa de aplicación: UNE 21.123.

Los conductores de cobre electrolítico se fabricarán de calidad y resistencia mecánica uniforme, y su coeficiente de resistividad a 20 °C será del 98 % al 100 %. Irán provistos de baño de recubrimiento de estaño, que deberá resistir la siguiente prueba: A una muestra limpia y seca de hilo estañado se le da la forma de círculo de diámetro equivalente a 20 o 30 veces el diámetro del hilo, a continuación de lo cual se sumerge durante un minuto en una solución de ácido hidrociorhídrico de 1,088 de peso específico a una temperatura de 20 °C. Esta operación se efectuará dos veces, después de lo cual no deberán apreciarse puntos negros en el hilo. La capacidad mínima del aislamiento de los conductores será de 500 V.

Los conductores de sección igual o superior a 6 mm² deberán estar constituidos por cable obtenido por trenzado de hilo de cobre del diámetro correspondiente a la sección del conductor de que se trate.

25.3.3.2 Dimensionado de conductores

Para la selección de los conductores activos del cable adecuado a cada carga se usará el más desfavorable entre los siguientes criterios:

- **Intensidad máxima admisible.** Como intensidad se tomará la propia de cada carga. Partiendo de las intensidades nominales así establecidas, se elegirá la sección del cable que admita esa intensidad de acuerdo a las prescripciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión ITC-BT-19 o las recomendaciones del fabricante, adoptando los oportunos coeficientes correctores según las condiciones de la instalación. En cuanto a coeficientes de mayoración de la carga, se deberán tener presentes las Instrucciones ITCBT-44 para receptores de alumbrado e ITC-BT-47 para receptores de motor.
- **Caída de tensión en servicio.** La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización, sea menor del 3 % de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado, y del 5 % para los demás usos, considerando alimentados todos los receptores susceptibles de funcionar simultáneamente. Para

la derivación individual la caída de tensión máxima admisible será del 1,5 %. El valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de la derivación individual, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límites especificados para ambas.

- **Caída de tensión transitoria.** La caída de tensión en todo el sistema durante el arranque de motores no debe provocar condiciones que impidan el arranque de los mismos, desconexión de los contactores, parpadeo de alumbrado, etc.

Los conductores de protección serán del mismo tipo que los conductores activos especificados en el apartado anterior, y tendrán una sección mínima igual a la fijada por la tabla 2 de la ITC-BT-18, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación. Se podrán instalar por las mismas canalizaciones que éstos o bien en forma independiente, siguiéndose a este respecto lo que señalen las normas particulares de la empresa distribuidora de la energía.

25.3.4 Cajas de empalme

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material plástico resistente incombustible o metálicas, en cuyo caso estarán aisladas interiormente y protegidas contra la oxidación. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será igual, por lo menos, a una vez y media el diámetro del tubo mayor, con un mínimo de 40 mm; el lado o diámetro de la caja será de al menos 80 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas adecuados. En ningún caso se permitirá la unión de conductores, como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión.

Los conductos se fijarán firmemente a todas las cajas de salida, de empalme y de paso, mediante contratuerca y casquillos. Se tendrá cuidado de que quede al descubierto el número total de hilos de rosca al objeto de que el casquillo pueda ser perfectamente apretado contra el extremo del conducto, después de lo cual se apretará la contratuerca para poner firmemente el casquillo en contacto eléctrico con la caja.

Los conductos y cajas se sujetarán por medio de pernos de fiador en ladrillo hueco, por medio de pernos de expansión en hormigón y ladrillo macizo y clavos Split sobre metal. Los pernos de fiador de tipo tornillo se usarán en instalaciones permanentes, los de tipo de tuerca cuando se precise desmontar la instalación, y los pernos de expansión serán de apertura efectiva. Serán de construcción sólida y capaces de resistir una tracción mínima de 20 kg. No se hará uso de clavos por medio de sujeción de cajas o conductos.

25.3.5 Mecanismos y tomas de corriente

Los interruptores y conmutadores cortarán la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia. Serán del tipo cerrado y de material aislante. Las dimensiones de las piezas de contacto serán tales que la temperatura no pueda exceder de 65 °C en ninguna de sus piezas. Su construcción será tal que permita realizar un número total de 10.000 maniobras de apertura y cierre, con su carga nominal a la tensión de trabajo. Llevarán marcada su intensidad y tensiones nominales, y estarán probadas a una tensión de 500 V a 1 kV.

Las tomas de corriente serán de material aislante, llevarán marcadas su intensidad y tensión nominales de trabajo y dispondrán, como norma general, todas ellas de puesta a tierra.

Todos ellos irán instalados en el interior de cajas empotradas en los paramentos, de forma que al exterior sólo podrá aparecer el mando totalmente aislado y la tapa embellecedora.

En el caso en que existan dos mecanismos juntos, ambos se alojarán en la misma caja, la cual deberá estar dimensionada suficientemente para evitar falsos contactos.

25.3.6 Aparamenta y mando de protección

25.3.6.1 Cuadros eléctricos

Todos los cuadros eléctricos serán nuevos y se entregarán en obra sin ningún defecto. Estarán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

Cada circuito en salida de cuadro estará protegido contra las sobrecargas y cortocircuitos. La protección contra corrientes de defecto hacia tierra se hará por circuito o grupo de circuitos según se indica en el proyecto, mediante el empleo de interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada, según ITC-BT-24.

Los cuadros serán adecuados para trabajo en servicio continuo. Las variaciones máximas admitidas de tensión y frecuencia serán del + 5 % sobre el valor nominal. Los cuadros serán diseñados para servicio interior, completamente estancos al polvo y la humedad, ensamblados y cableados totalmente en fábrica, y estarán constituidos por una estructura metálica de perfiles laminados en frío, adecuada para el montaje sobre el suelo, y paneles de cerramiento de chapa de acero de fuerte espesor, o de cualquier otro material que sea mecánicamente resistente y no inflamable.

Alternativamente, la cabina de los cuadros podrá estar constituida por módulos de material plástico, con la parte frontal transparente. Las puertas estarán provistas con una junta de estanquidad de neopreno o material similar, para evitar la entrada de polvo.

Todos los cables se instalarán dentro de canaletas provistas de tapa desmontable. Los cables de fuerza irán en canaletas distintas en todo su recorrido de las canaletas para los cables de mando y control.

Los aparatos se montarán dejando entre ellos y las partes adyacentes de otros elementos una distancia mínima igual a la recomendada por el fabricante de los aparatos, en cualquier caso nunca inferior a la cuarta parte de la dimensión del aparato en la dirección considerada.

La profundidad de los cuadros será de 500 mm y su altura y anchura la necesaria para la colocación de los componentes e igual a un múltiplo entero del módulo del fabricante.

Los cuadros estarán diseñados para poder ser ampliados por ambos extremos. Los aparatos indicadores (lámparas, amperímetros, voltímetros, etc.), dispositivos de mando (pulsadores, interruptores, conmutadores, etc.), paneles sinópticos, etc., se montarán sobre la parte frontal de los cuadros.

Todos los componentes interiores, aparatos y cables, serán accesibles desde el exterior por el frente.

El cableado interior de los cuadros se llevará hasta una regleta de bornes situada junto a las entradas de los cables desde el exterior. Las partes metálicas de la envoltura de los cuadros se protegerán contra la corrosión por medio de una imprimación a base de dos manos de pintura anticorrosiva y una pintura de acabado de color que se especifique en las Mediciones o, en su defecto, por la Dirección Técnica durante el transcurso de la instalación.

La construcción y diseño de los cuadros deberán proporcionar seguridad al personal y garantizar un perfecto funcionamiento bajo todas las condiciones de servicio, y en particular:

- Los compartimentos que hayan de ser accesibles para accionamiento o mantenimiento estando el cuadro en servicio no tendrán piezas en tensión al descubierto.
- El cuadro y todos sus componentes serán capaces de soportar las corrientes de cortocircuito (kA) según especificaciones reseñadas en planos y mediciones.

25.3.6.2 Interruptores automáticos

En el origen de la instalación y lo más cerca posible del punto de alimentación a la misma, se colocará el cuadro general de mando y protección, en el que se dispondrá un interruptor general de corte omnipolar, así como dispositivos de protección contra sobreintensidades de cada uno de los circuitos que parten de dicho cuadro.

La protección contra sobreintensidades para todos los conductores (fases y neutro) de cada circuito se hará con interruptores magnetotérmicos o automáticos de corte omnipolar, con curva térmica de corte para la protección a sobrecargas y sistema de corte electromagnético para la protección a cortocircuitos.

En general, los dispositivos destinados a la protección de los circuitos se instalarán en el origen de éstos, así como en los puntos en que la intensidad admisible disminuya por cambios debidos a sección, condiciones de instalación, sistema de ejecución o tipo de conductores utilizados. No obstante, no se exige instalar dispositivos de protección en el origen de un circuito en que se presente una disminución de la intensidad admisible en el mismo, cuando su protección quede asegurada por otro dispositivo instalado anteriormente.

Los interruptores serán de ruptura al aire y de disparo libre y tendrán un indicador de posición. El accionamiento será directo por polos con mecanismos de cierre por energía acumulada. El accionamiento será manual o manual y eléctrico, según se indique en el esquema o sea necesario por necesidades de automatismo. Llevarán marcadas la intensidad y tensiones nominales de funcionamiento, así como el signo indicador de su desconexión.

El interruptor de entrada al cuadro, de corte omnipolar, será selectivo con los interruptores situados aguas abajo, tras él. Los dispositivos de protección de los interruptores serán relés de acción directa.

25.3.6.3 Guardamotores

Los contactores guardamotores serán adecuados para el arranque directo de motores, con corriente de arranque máxima del 600 % de la nominal y corriente de desconexión igual a la nominal.

La longevidad del aparato, sin tener que cambiar piezas de contacto y sin mantenimiento, en condiciones de servicio normales (conecta estando el motor parado y desconecta durante la marcha normal) será de al menos 500.000 maniobras.

La protección contra sobrecargas se hará por medio de relés térmicos para las tres fases, con rearme manual accionable desde el interior del cuadro. En caso de arranque duro, de larga duración, se instalarán relés térmicos de característica retardada. En ningún caso se permitirá cortocircuitar el relé durante el arranque.

La verificación del relé térmico, previo ajuste a la intensidad nominal del motor, se hará haciendo girar el motor a plena carga en monofásico; la desconexión deberá tener lugar al cabo de algunos minutos. Cada contactor llevará dos contactos normalmente cerrados y dos normalmente abiertos para enclavamientos con otros aparatos.

25.3.6.4 Fusibles

Los fusibles serán de alta capacidad de ruptura, limitadores de corriente y de acción lenta cuando vayan instalados en circuitos de protección de motores. Los fusibles de protección de circuitos de control o de consumidores óhmicos serán de alta capacidad ruptura y de acción rápida.

Se dispondrán sobre material aislante e incombustible, y estarán contruidos de tal forma que no se pueda proyectar metal al fundirse. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominales de trabajo.

No serán admisibles elementos en los que la reposición del fusible pueda suponer un peligro de accidente. Estará montado sobre una empuñadura que pueda ser retirada fácilmente de la base.

25.3.6.5 Interruptores diferenciales

La protección **contra contactos directos** se asegurará adoptando las siguientes medidas:

- **Protección por aislamiento de las partes activas:** Las partes activas deberán estar recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo.
- **Protección por medio de barreras o envolventes:** Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean

conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

Las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales que son fácilmente accesibles, deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IP XXD. Las barreras o envolventes deben fijarse de manera segura y ser de una robustez y durabilidad suficientes para mantener los grados de protección exigidos, con una separación suficiente de las partes activas en las condiciones normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envolventes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:

- Con la ayuda de una llave o de una herramienta;
 - O bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envolventes, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes;
 - Además, deberá haber interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.
- **Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual:** Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.

El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

La **protección contra contactos indirectos** se conseguirá mediante "corte automático de la alimentación". Esta medida consiste en impedir, después de la aparición de un fallo, que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo. La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales y a 24 V en locales húmedos.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una

misma toma de tierra. El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición, $R_a \times I_a \leq U$, donde:

- R_a es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- I_a es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial residual es la corriente diferencial-residual asignada.
- U es la tensión de contacto límite convencional (50 ó 24V).

25.3.6.6 Seccionadores

Los seccionadores en carga serán de conexión y desconexión brusca, ambas independientes de la acción del operador. Los seccionadores serán adecuados para servicio continuo y capaces de abrir y cerrar la corriente nominal a tensión nominal con un factor de potencia igual o inferior a 0,7.

25.3.6.7 Embarrados

El embarrado principal constará de tres barras para las fases y una, con la mitad de la sección de las fases, para el neutro. La barra de neutro deberá ser seccionable a la entrada del cuadro.

Las barras serán de cobre electrolítico de alta conductividad y adecuadas para soportar la intensidad de plena carga y las corrientes de cortocircuito que se especifiquen en memoria y planos.

Se dispondrá también de una barra independiente de tierra, de sección adecuada para proporcionar la puesta a tierra de las partes metálicas no conductoras de los aparatos, la carcasa del cuadro y, si los hubiera, los conductores de protección de los cables en salida.

25.3.6.8 Prensaestopas y etiquetas

Los cuadros irán completamente cableados hasta las regletas de entrada y salida. Se proveerán prensaestopas para todas las entradas y salidas de los cables del cuadro; los prensaestopas serán de doble cierre para cables armados y de cierre sencillo para cables sin armar.

Todos los aparatos y bornes irán debidamente identificados en el interior del cuadro mediante números que correspondan a la designación del esquema. Las etiquetas serán marcadas de forma indeleble y fácilmente legible.

En la parte frontal del cuadro se dispondrán etiquetas de identificación de los circuitos, constituidas por placas de chapa de aluminio firmemente fijadas a los paneles frontales, impresos al horno, con fondo negro mate y letreros y zonas de estampación en aluminio pulido. El fabricante podrá adoptar cualquier solución para el material de las etiquetas, su soporte y la impresión, con tal de que sea duradera y fácilmente legible. En cualquier caso, las etiquetas estarán marcadas con letras negras de 10 mm de altura sobre fondo blanco.

25.3.7 Receptores a Motor

Los motores deben instalarse de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. Los motores no deben estar en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la ignición de estas.

Los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad del 125 % de la intensidad a plena carga del motor. Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no inferior a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

Los motores deben estar protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión en una de sus fases. En el caso de motores con arrancador estrella-triángulo, se asegurará la protección, tanto para la conexión en estrella como en triángulo.

Los motores deben estar protegidos contra la falta de tensión por un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidentes, o perjudicar el motor, de acuerdo con la norma UNE 20460 -4-45.

Los motores deben tener limitada la intensidad absorbida en el arranque, cuando se pudieran producir efectos que perjudicasen a la instalación u ocasionasen perturbaciones inaceptables al funcionamiento de otros receptores o instalaciones.

Para la instalación en el suelo se usará normalmente la forma constructiva B-3, con dos platos de soporte, un extremo de eje libre y carcasa con patas. Para montaje vertical, los motores llevarán cojinetes previstos para soportar el peso del rotor y de la polea.

Los motores con protecciones IP 44 e IP 54 son completamente cerrados y con refrigeración de superficie. Todos los motores deberán tener, por lo menos, la clase de aislamiento B, que admite un incremento máximo de temperatura de 80 °C sobre la temperatura ambiente de referencia de 40 °C, con un límite máximo de temperatura del devanado de 130 °C.

El diámetro y longitud del eje, las dimensiones de las chavetas y la altura del eje sobre la base estarán de acuerdo a las recomendaciones IEC. La calidad de los materiales con los que están fabricados los motores serán las que se indican a continuación:

- Carcasa: de hierro fundido de alta calidad, con patas solidarias y con aletas de refrigeración.
- Estator: paquete de chapa magnética y bobinado de cobre electrolítico, montados en estrecho contacto con la carcasa para disminuir la resistencia térmica al paso del calor hacia el exterior de la misma. La impregnación del bobinado para el aislamiento eléctrico se obtendrá evitando la formación de burbujas y deberá resistir las sollicitaciones térmicas y dinámicas a las que viene sometido.
- Rotor: formado por un paquete ranurado de chapa magnética, donde se alojará el devanado secundario en forma de jaula de aleación de aluminio, simple o doble.
- Eje: de acero duro.
- Ventilador: interior (para las clases IP 44 e IP 54), de aluminio fundido, solidario con el rotor, o de plástico inyectado.
- Rodamientos: de esfera, de tipo adecuado a las revoluciones del rotor y capaces de soportar ligeros empujes axiales en los motores de eje horizontal (se seguirán las instrucciones del fabricante en cuanto a marca, tipo y cantidad de grasa necesaria para la lubricación y su duración).
- Cajas de bornes y tapa: de hierro fundido con entrada de cables a través de orificios roscados con prensa-estopas.

Para la correcta selección de un motor, que se hará par servicio continuo, deberán considerarse todos y cada uno de los siguientes factores:

- Potencia máxima absorbida por la máquina accionada, incluidas las pérdidas por transmisión.
- Velocidad de rotación de la máquina accionada.
- Características de la acometida eléctrica (número de fases, tensión y frecuencia).
- Clase de protección (IP 44 o IP 54).

- Clase de aislamiento (B o F).
- Forma constructiva.
- Temperatura máxima del fluido refrigerante (aire ambiente) y cota sobre el nivel del mar del lugar de emplazamiento.
- Momento de inercia de la máquina accionada y de la transmisión referido a la velocidad de rotación del motor.
- Curva del par resistente en función de la velocidad.

Los motores podrán admitir desviaciones de la tensión nominal de alimentación comprendidas entre el 5 % en más o menos. Si son de preverse desviaciones hacia la baja superiores al mencionado valor, la potencia del motor deberá "deratarse" de forma proporcional, teniendo en cuenta que, además, disminuirá también el par de arranque proporcional al cuadrado de la tensión.

Antes de conectar un motor a la red de alimentación, deberá comprobarse que la resistencia de aislamiento del bobinado estático sea superior a 1,5 MΩ. En caso de que sea inferior, el motor será rechazado por la DO y deberá ser secado en un taller especializado, siguiendo las instrucciones del fabricante, o sustituido por otro.

El número de polos del motor se elegirá de acuerdo a la velocidad de rotación de la máquina accionada. En caso de acoplamiento de equipos (como ventiladores) por medio de poleas y correas trapezoidales, el número de polos del motor se escogerá de manera que la relación entre velocidades de rotación del motor y del ventilador sea inferior a 2,5.

Todos los motores llevarán una placa de características, situada en un lugar visible y escrita de forma indeleble, en la que aparecerán, por lo menos, los siguientes datos:

- Potencia del motor.
- Velocidad de rotación.
- Intensidad de corriente a la(s) tensión(es) de funcionamiento.
- Intensidad de arranque.
- Tensión(es) de funcionamiento.
- Nombre del fabricante y modelo.

25.3.8 Puestas a Tierra

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas,

asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo.
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de sollicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas.
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplan los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

25.3.8.1 Uniones a tierra

Tomas de tierra

Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos formados por:

- Barras, tubos.
- Pletinas, conductores desnudos.
- Placas.
- Anillos o mallas metálicas constituidas por los elementos anteriores o sus combinaciones.
- Armaduras de hormigón enterradas; con excepción de las armaduras pretensadas.

- Otras estructuras enterradas que se demuestre que son apropiadas.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos, no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,50 m.

Conductores de tierra

La sección de los conductores de tierra, cuando estén enterrados, deberá estar de acuerdo con los valores indicados en la tabla siguiente. La sección no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas. Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

Bornes de puesta a tierra

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible, un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

- Conductores de protección

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación con el borne de tierra, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

En todos los casos, los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

- 2,5 mm², si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.
- 4 mm², si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Como conductores de protección pueden utilizarse:

- Conductores en los cables multiconductores.
- Conductores aislados o desnudos que posean una envolvente común con los conductores activos.
- Conductores separados desnudos o aislados.

Ningún aparato deberá ser intercalado en el conductor de protección. Las masas de los equipos a unir con los conductores de protección no deben ser conectadas en serie en un circuito de protección.

25.4 Centros de Transformación y Cables de alta tensión

25.4.1 Generalidades

Se incluye en este capítulo toda la aparamenta de Centros de Transformación del tipo interior, y cables para transporte de energía eléctrica con tensiones asignadas superiores a 1 kV e iguales o inferiores a 52 kV.

El local o recinto destinado a alojar en su interior la instalación eléctrica para el Centro de Transformación (CT), referentes a su situación, conducciones y almacenamiento de fluidos combustibles y de agua, alcantarillado y canalizaciones, etc.

El CT será construido enteramente con materiales no combustibles. Los elementos delimitadores del CT (muros exteriores, cubiertas, solera, puertas etc.), así como los estructurales en él contenidos (columnas, vigas, etc.) tendrán una resistencia al fuego para zonas de riesgo especial medio, y sus materiales constructivos del revestimiento interior (paramentos, pavimento y techo) serán de la clase M0. Cuando los transformadores de potencia sean encapsulados con aislamiento en seco, los cerramientos del local podrán ser RF-90, abriendo sus puertas de acceso siempre hacia fuera.

El CT tendrá un aislamiento acústico de forma que no transmita niveles sonoros superiores a los permitidos por las Ordenanzas Municipales. Concretamente, los 30 dBA durante el periodo nocturno y los 55 dBA durante el periodo diurno.

Ninguna de las rejillas del CT será tal que permita el paso de cuerpos sólidos de más de \varnothing 12 mm (IP-2). Las aberturas próximas a partes en tensión no permitirán el paso de cuerpos sólidos de más de \varnothing 2,5 mm (IP-3), y además existirá una disposición laberíntica que impida tocar el objeto o parte en tensión.

Antes del suministro del material que constituye el CT, la Empresa Instaladora entregará a la Dirección Facultativa para su aprobación si procede, plano de obra civil con detalles de bancadas, arquetas, pozos de recogida de aceite, tuberías enterradas, cantoneras y tabiques, protecciones metálicas de celdas, guías para ruedas de transformadores debidamente acotados y a escala, así como planos de implantación de equipos indicando las referencias exactas del material a instalar con dimensiones y pesos.

25.4.2 Centros de Transformación

25.4.2.1 Envolvente metálica

Las celdas responderán, en su concepción y fabricación de aparamenta bajo envolvente metálica compartimentada. Se deberán distinguir, al menos, los siguientes compartimentos:

- Compartimento de aparellaje.
- Compartimento de juego de barras.
- Compartimento de conexión de cables
- Compartimento de mando.
- Compartimento de control.

Estos compartimentos se describen a continuación.

Compartimento de aparellaje

Estará relleno de SF₆ y sellado de por vida. El sistema de sellado será comprobado individualmente en fabricación y no se requerirá ninguna manipulación del gas durante toda la vida útil de la instalación (hasta 30 años). La presión relativa de llenado será de 0,4 Bar.

Toda sobrepresión accidental originada en el interior del compartimento de aparellaje, estará limitada por la apertura de la parte posterior del cárter, debiendo ser canalizados los gases a la parte posterior de la cabina sin ninguna manifestación o proyección en la parte frontal.

Las maniobras de cierre y apertura de los interruptores, y cierre de los seccionadores de puesta a tierra, se efectuarán con la ayuda de un mecanismo de acción brusca independiente del operador.

El seccionador de puesta a tierra dentro del SF₆, deberá tener un poder de cierre en cortocircuito de 40 kA. El interruptor realizará las funciones de corte y seccionamiento.

Compartimento del juego de barras

Se compondrá de tres barras aisladas de cobre de 630 A como mínimo conexas mediante tornillos de cabeza Allen M8 con par de apriete de 2,8 m x kg.

Compartimento de conexión de cables

Serán aptos para conectar cables de aislamiento en seco y cables con aislamiento en papel impregnado. Las extremidades de los cables serán:

Diseño de la instalación eléctrica de un complejo industrial:

- Simplificadas para cables secos.
- Termorretráctiles para cables en papel impregnado.

Compartimento de mando

Contendrá los mandos del interruptor y del seccionador de puesta a tierra, así como la señalización de presencia de tensión. Se podrán montar en obra los siguientes accesorios, si se requieren posteriormente:

- Motorizaciones.
- Bobinas de cierre y/o apertura.
- Contactos auxiliares.

Este compartimento deberá ser accesible en tensión, pudiéndose motorizar, añadir accesorios o cambiar mandos, manteniendo la tensión en el Centro.

Compartimento de control

En el caso de mandos motorizados, este compartimento estará equipado con bornes de conexión y fusibles de baja tensión. En cualquier caso, este compartimento será accesible en tensión, tanto en barras como en los cables.

Se dispondrán etiquetas de identificación en el frente de cada celda. Las etiquetas serán de plástico laminado, firmemente fijadas al soporte, escritas indeleblemente en lengua castellana y, eventualmente, otra lengua oficial del Estado, con caracteres de 20 mm de altura, grabados en blanco sobre fondo negro.

Todas las celdas llevarán un esquema unifilar realizado con material inalterable en el que se indicarán los aparatos, enclavamientos y demás componentes.

El conjunto y todos los componentes eléctricos deberán ser capaces de soportar los esfuerzos térmicos y dinámicos resultantes de la intensidad de cortocircuito en sus valores eficaz y de cresta.

Los tornillos, pernos, arandelas, etc., para las uniones entre celdas o su fijación a bancada de obra, serán de acero y estarán cadmiados. El fabricante deberá suministrar los certificados de los ensayos de cortocircuito o en su defecto los cálculos correspondientes que se hayan utilizado para el dimensionado de las barras.

La base de fijación a bancada consistirá en una estructura adecuada para ser anclada al suelo y estará provista de sus correspondientes pernos de anclaje. La estructura y los pernos se suministrarán separados de las celdas, a fin de que puedan instalarse antes que las mismas.

Todas las celdas se protegerán contra la corrosión por medio de una imprimación a base de dos capas de pintura anticorrosiva y una pintura de acabado.

25.4.2.2 Transformadores

Serán encapsulados en resina y refrigeración forzada por aire. De no indicarse lo contrario, el grupo de conexión será DY11n, con punto neutro accesible y borne de conexión junto a las de las tres fases de B.T. Asimismo, dispondrá de conmutador manual en arrollamientos de A.T., para ajuste de tensiones de entrada de la Compañía Suministradora, según sus normas particulares.

Los transformadores se suministrarán completamente montados y preparados para su conexión, debiendo llevar incorporados todos los elementos normales y accesorios descritos en Mediciones. Se consideran elementos normales, bastidor metálico con ruedas orientables para el transporte, puntos de amarre para elevación, tomas de conexión para la puesta a tierra y placa de características.

Los transformadores encapsulados serán en resina epoxi polimerizada, clase térmica F, mezclada con harina de sílice y endurecedor; todos ellos, materiales autoextinguibles. Las bobinas, una vez encapsuladas.

El núcleo magnético será en banda magnética de grano orientado, laminada en frío, aislada eléctricamente en ambas caras por una capa fina de carlita. Su construcción dará como resultado un perfecto ensamblado entre columnas y culatas (de sección circular prácticamente), fijadas rígidamente mediante perfiles metálicos (en los encubados podrán ser de madera) con pasadores y zunchos de apriete, a fin de obtener un nivel acústico inferior a 80 dB(A) en transformadores hasta 1.600 kVA.

Los devanados de B.T. serán en banda de aluminio o cobre, dispuestos en capas separadas (especialmente en los encapsulados) que permitan mejorar su refrigeración. Los devanados de A.T. serán en hilo o cinta de cobre.

25.4.3 Cables de Transporte de Energía Eléctrica

Los cables utilizados que este apartado comprende podrán ser para su instalación aérea, a la intemperie o enterrada. Todos ellos aislados con Polietileno Reticulado (XLPE), goma Etileno-Propileno (EPR), o papel impregnado (serie RS.). Podrán ser en cobre o aluminio, y siempre a campo radial.

La naturaleza del conductor quedará determinada por Al cuando sea en aluminio, no teniendo designación alguna cuando sea en cobre. Los cables serán por lo general unipolares, salvo que se indique lo contrario en otros documentos del Proyecto, y calculados para:

- Admitir la intensidad máxima de la potencia instalada de transformadores, incluso en el caso de circuito en Anillo, que permitirá abrirlo en cualquiera de sus tramos sin detrimento para la mencionada potencia.
- Soportar la corriente presunta de cortocircuito sin deterioro alguno durante un tiempo superior a un segundo.

Para ello se utilizarán las tablas facilitadas por el fabricante, teniendo en cuenta su forma de instalación y recomendaciones en el tendido y montaje de los cables. Las

conexiones para empalmes y terminales deberán ser realizadas siempre mediante accesorios normalizados y kits preparados y apropiados al tipo de cable.

25.5 Especificaciones de Ejecución

25.5.1 Comienzo

El Contratista dará comienzo la obra en el plazo que figure en el contrato previamente establecido con la propiedad, o en su defecto a los quince días de la adjudicación definitiva o de la firma del contrato.

En el cual el contratista debe notificar por escrito o personalmente en forma directa al Técnico Director la fecha de comienzo de los trabajos.

25.5.2 Plazo de Ejecución

La obra se ejecutará en el plazo que se estipule en el contrato suscrito con la propiedad o en su defecto en el que figure en las condiciones de este pliego.

Cuando el contratista, de acuerdo, con alguno de los extremos contenidos en el presente pliego de condiciones, o bien en el contrato establecido con la propiedad, solicite una inspección para poder realizar algún trabajo ulterior que esté condicionado por la misma, vendrá obligado a tener preparada para dicha inspección, una cantidad de obra que corresponda a un ritmo normal de trabajo.

Cuando el ritmo de trabajo establecido por el Contratista, no sea el normal, o bien a petición de una de las partes, se podrá convenir una programación de inspecciones obligatorias de acuerdo con el plan de obra.

25.5.3 Ejecución de las Obras

Las obras quedan descritas en la Memoria y Planos del Proyecto, en donde se detallan y especifican las características de cada uno de los elementos que componen la obra y que básicamente son:

1. Limpieza de la parcela y las zonas colindantes que de no realizarse la debida limpieza puedan condicionar de forma negativa el uso normal de la central, con la actuación de los medios que sean necesarios.
2. Ejecución de obra civil referente a la restauración del molino, ya que se encuentra en mal estado, prácticamente en ruinas y no sería posible su uso de no ser rehabilitado el edificio.

3. Continuación de obra civil. Pavimentación, solera, aislamientos térmicos en paramentos en paredes, y carpintería.
4. Instalación de saneamiento y fontanería.
5. Acabado de obra civil. Vidriería y pintura.
6. Instalación de caseta de transformación prefabricada
7. Instalación eléctrica, tanto de alta como de baja tensión.
8. Instalación de los equipos de protección contra incendios.
9. Instalación de la maquinaria necesaria, tales como turbinas o transformadores, para la realización de la actividad proyectada.

25.5.4 Programa de ejecución

El programa previsto para la ejecución de las obras e instalaciones, incluido el montaje de la línea de procesado y los equipos auxiliares, se estima en 12 meses a partir del inicio de las obras. Para ello se seguirá, de manera aproximada, el siguiente calendario:

- Mes 0. Inicio de las obras: movimiento de tierras.
- Mes 1. Continuación de las obras: puesta a tierra, cimentación, saneamiento y estructura.
- Meses 2 y 3. Continuación de las obras: estructura y cubierta.
- Mes 4. Continuación de las obras e inicio de las instalaciones: cerramientos y aislamientos.
- Meses 5, 6 y 7. Continuación de las obras e instalaciones: electrificación y cerramientos interiores.
- Meses 8 y 9. Continuación de las instalaciones y montaje de la maquinaria: instalación eléctrica interior y línea de procesado.
- Meses 10 y 11. Final de albañilería y carpintería: falsos techos, alicatados, puertas, ventanas, instalación de equipos auxiliares y conducciones.
- Mes 12. Finalización de obras e instalaciones: Pruebas y puesta en marcha definitiva.

25.5.5 Modificación de las Obras

El Director de las obras podrá disponer el cambio de cualquier unidad proyectada por otra nueva, entregando al Contratista los planos definitivos, que desde ese momento formarán parte del proyecto.

Las modificaciones serán recogidas en el preceptivo libro de órdenes, que será entregado a la contrata a la hora de hacer el replanteo de la obra, y que permanecerá en la misma a disposición del Director o persona en quien éste delegue.

Siempre que los cambios se refieran a sustitución de una unidad de obra por otra de características similares a las que figuran en el presupuesto, las modificaciones no darán lugar a variaciones de los precios unitarios que figuran en el proyecto.

25.5.6 Libro de Órdenes

El Contratista dispondrá en la obra de un Libro de órdenes en el que se escribirán las que el Técnico Director estime darle a través del encargado o persona responsable, sin perjuicio de las que le dé por oficio cuando lo crea necesario y que tendrá la obligación de firmar el enterado.

25.5.7 Interpretación y desarrollo del proyecto

La interpretación técnica de los documentos del Proyecto, corresponde al Técnico Director. El Contratista está obligado a someter a éste cualquier duda, aclaración o contradicción que surja durante la ejecución de la obra por causa del Proyecto, o circunstancias ajenas, siempre con la suficiente antelación en función de la importancia del asunto.

El contratista se hace responsable de cualquier error de la ejecución motivado por la omisión de ésta obligación y consecuentemente deberá rehacer a su costa los trabajos que correspondan a la correcta interpretación del Proyecto.

El Contratista está obligado a realizar todo cuanto sea necesario para la buena ejecución de la obra, aun cuando no se halle explícitamente expresado en el pliego de condiciones o en los documentos del proyecto.

El contratista notificará por escrito o personalmente en forma directa al Técnico Director y con suficiente antelación las fechas en que quedarán preparadas para inspección, cada una de las partes de obra para las que se ha indicado la necesidad o conveniencia de la misma o para aquellas que, total o parcialmente deban posteriormente quedar ocultas.

25.5.8 Verificación de los documentos del proyecto

Antes de dar comienzo a las obras, el Constructor o Instalador consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes.

El Contratista se sujetará a las Leyes, Reglamentos y Ordenanzas vigentes, así como a las que se dicten durante la ejecución de la obra.

25.5.9 Caminos y accesos

El Constructor dispondrá por su cuenta los accesos a la obra y el cerramiento o vallado de ésta.

El Técnico Director podrá exigir su modificación o mejora.

Asimismo el Constructor o Instalador se obligará a la colocación en lugar visible, a la entrada de la obra, de un cartel exento de panel metálico sobre estructura auxiliar donde se reflejarán los datos de la obra en relación al título de la misma, entidad promotora y nombres de los técnicos competentes, cuyo diseño deberá ser aprobado previamente a su colocación por la Dirección Facultativa.

25.5.10 Replanteo

El Constructor o Instalador iniciará las obras con el replanteo de las mismas en el terreno, señalando las referencias principales que mantendrá como base de ulteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluidos en su oferta.

El Constructor someterá el replanteo a la aprobación del Técnico Director y una vez este haya dado su conformidad preparará un acta acompañada de un plano que deberá ser aprobada por el Técnico, siendo responsabilidad del Constructor la omisión de este trámite.

25.5.11 Prórroga por causa de fuerza mayor

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Constructor o Instalador, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del Técnico. Para ello, el Constructor o Instalador expondrá, en escrito dirigido al Técnico, la causa que impide la

ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

26 Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares:

26.1 Objeto Pliego de cláusulas administrativas particulares

El objetivo de esta parte del pliego de condiciones es definir todas las funciones que desempeñaran los distintos cargos que se adjudicaran para llevar a cabo la obra de la central hidroeléctrica, quedando definida de manera amplia, además del presupuesto que se destinara para llevar a cabo nuestro proyecto.

26.2 Funciones del Personal de Obra

26.2.1 Arquitecto director

Las funciones correspondientes al Arquitecto Director son las siguientes:

- Comprobar la adecuación de la cimentación proyectada a las características reales del suelo.
- Redactar los complementos o rectificaciones del proyecto que se precisen.
- Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las instrucciones complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución arquitectónica.
- Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurran a la dirección con función propia en aspectos parciales de su especialidad.
- Aprobar las certificaciones parciales de obra, la liquidación final y asesorar al promotor en el acto de la recepción.
- Preparar la documentación final de la obra y expedir y suscribir en unión del Aparejador o Arquitecto Técnico, el certificado final de la misma.

26.2.2 Aparejador o Arquitecto Técnico

Las funciones correspondientes al Aparejador o Arquitecto Técnico son las siguientes:

- Redactar el documento de estudio y análisis del Proyecto con arreglo a lo previsto en el epígrafe 1.4. de R.D. 314/1979, de 19 de Enero.
- Planificar, a la vista del proyecto arquitectónico, del contrato y de la normativa técnica de aplicación, el control de calidad y económico de las obras.
- Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del Arquitecto y del Constructor.
- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas de obligado cumplimiento y a las reglas de buenas construcciones.

26.2.3 Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra

Las funciones correspondientes al Coordinador de seguridad y salud son las siguientes:

- Aprobar antes del comienzo de la obra, el Plan de Seguridad y Salud redactado por el constructor
- Tomar las decisiones técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas, los subcontratistas y los trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de acción preventiva.
- Contratar las instalaciones provisionales, los sistemas de seguridad y salud, y la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a las obras.

26.2.4 Constructor

Las funciones correspondientes al Constructor son las siguientes:

- Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar, antes del comienzo de las obras, el Plan de Seguridad y Salud de la obra en aplicación del estudio correspondiente, y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.

- Suscribir con el Arquitecto y el Aparejador o Arquitecto Técnico, el acta de replanteo de la obra.
- Ostentar la Jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas y trabajadores autónomos.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del Aparejador o Arquitecto Técnico, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Llevar a cabo la ejecución material de las obras de acuerdo con el proyecto, las normas técnicas de obligado cumplimiento y las reglas de la buena construcción.
- Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento de la obra, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.
- Facilitar al Aparejador o Arquitecto Técnico, con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el Promotor el acta de recepción de la obra.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

26.2.5 Promotor

Cuando el promotor, en lugar de encomendar la ejecución de las obras a un contratista general, contrate directamente a varias empresas o trabajadores autónomos para la realización de determinados trabajos de la obra, asumirá las funciones definitivas para el constructor en el artículo 6.

26.3 Otras Funciones del Personal de Obra

26.3.1 Representación del contratista

El Constructor viene obligado a comunicar al promotor y a la Dirección Facultativa, la persona que será delegado suyo en la obra, que tendrá el carácter de Jefe de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas decisiones competen a la contrata.

Cuando la importancia de las obras lo requiera y así se consigne en el Pliego de "Condiciones particulares de índole facultativa", el Delegado del Contratista será un facultativo de grado superior o grado medio, según los casos.

El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al Arquitecto para ordenar la paralización de las obras sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

26.3.2 Presencia del constructor en la Obra

El Constructor, por si o por medio de sus técnicos, o encargados estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al Arquitecto o al Aparejador o Arquitecto Técnico, en las visitas que hagan a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándoles los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

26.3.3 Trabajos no Estipulados Expresamente

Es obligación de la contrata el ejecutar cuando sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de Proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Arquitecto dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

Se requerirá reformado de proyecto con consentimiento expreso del promotor, toda variación que suponga incremento de precios de alguna unidad de obra en más del 20 por 100 ó del total del presupuesto en más de un 10 por 100.

26.3.4 Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán al Constructor, pudiendo éste solicitar que se le comuniquen por escrito, con detalles necesarios para la correcta ejecución de la obra.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el Constructor, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de tres

días, a quién la hubiere dictado, el cual dará al Constructor el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

El Constructor podrá requerir del Arquitecto o del Aparejador o Arquitecto Técnico, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

26.3.5 Reclamaciones contra la Dirección Facultativa

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la Dirección Facultativa, solo podrá presentarlas, ante el promotor, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes. Contra disposiciones de orden técnico del Arquitecto o del Aparejador o Arquitecto Técnico, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al Arquitecto, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

26.3.6 Repercusión por el contratista del personal nombrado por el arquitecto

El Constructor no podrá recusar a los Arquitectos, Aparejadores o personal encargado por éstos de la vigilancia de las obras, ni pedir que por parte del promotor se designen otros facultativos para los reconocimientos y mediciones.

Cuando se crea perjudicado por la labor de éstos procederá de acuerdo con lo estipulado en el artículo precedente, pero sin que por esta causa puedan interrumpirse ni perturbarse la marcha de los trabajos.

26.3.7 Faltas de Personal

El Arquitecto, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al Contratista para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

El Contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales, con sujeción en su caso, a lo estipulado en el Contrato de obras y sin perjuicio de sus obligaciones como Contratista general de la obra.

26.3.8 Condiciones generales de Ejecución de los Trabajos

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue el Técnico al Constructor o Instalador, dentro de las limitaciones presupuestarias.

26.3.9 Obras Ocultas

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado, siendo entregados: uno, al Técnico; otro a la Propiedad; y el tercero, al Contratista, firmados todos ellos por los tres. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

26.3.10 Trabajos Defectuosos

El Constructor es hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio el responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala gestión o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exima de responsabilidad el control que compete al Técnico, ni tampoco el hecho de que los trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre serán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Técnico Director advierta vicios o defectos en los trabajos citados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y para verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción o ambas, se planteará la cuestión ante la Propiedad, quien resolverá.

26.3.11 Vicios Ocultos

Si el Técnico tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocer

los trabajos que suponga defectuosos. Los gastos que se observen serán de cuenta del Constructor o Instalador, siempre que los vicios existan realmente.

26.4 Presupuesto

26.4.1 Condiciones Generales

Todos los que intervienen en el proceso de construcción tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas.

El Promotor, el contratista y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

26.4.2 Fianzas y Garantías

Fianza Provisional:

En el caso de que la obra se adjudique por subasta pública, el depósito provisional para tomar parte en ella se especificará en el anuncio de la misma.

El Contratista a quien se haya adjudicado la ejecución de una obra o servicio para la misma, deberá depositar la fianza en el punto y plazo fijados en el anuncio de la subasta.

La falta de cumplimiento de este requisito dará lugar a que se declare nula la adjudicación, y el adjudicatario perderá el depósito provisional que hubiese hecho para tomar parte en la subasta.

Ejecución de trabajos con cargo a la Fianza:

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas. El Arquitecto-Director, en nombre y representación del Promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o, podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza o garantía, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Promotor, en el caso de que el importe de la fianza o garantía no bastare para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

Devolución en General:

La fianza o garantía retenida será devuelta al Contratista en un plazo que no excederá de treinta (30) días una vez transcurrido el año de garantía. El Promotor podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros, subcontratos.

26.4.3 Precios**26.4.3.1 Composición de los precios unitarios:**

El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

Se considerarán **costes directos:**

- a) La mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- b) Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- c) Los equipos y sistemas técnicos de seguridad e higiene para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- d) Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- e) Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

Se considerarán **costes indirectos:**

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

Se considerarán **gastos generales:**

Los gastos generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la Administración, legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos.

26.4.3.2 Precios de contrata

En el caso de que los trabajos a realizar en un edificio u obra aneja cualquiera se contratasen a tanto alzado, se entiende por Precio de contrata el que importa el coste total de la unidad de obra. El Beneficio Industrial del Contratista se fijará en el contrato entre el contratista y el Promotor.

26.4.3.3 Precios Contradictorios

Se producirán precios contradictorios sólo cuando el Promotor por medio del Arquitecto decida introducir unidades nuevas o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El Contratista estará obligado a efectuar los cambios.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Arquitecto y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos. Si subsiste la diferencia se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y en segundo lugar al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

26.4.3.4 Revisión de los precios contratados

Contratándose las obras a tanto alzado, no se admitirá la revisión de los precios en tanto que el incremento no alcance, en la suma de las unidades que falten por realizar de acuerdo con el calendario, un montante superior al tres por 100 (3 por 100) del importe total del presupuesto de Contrato.

Caso de producirse variaciones en alza superiores a este porcentaje, se efectuará la correspondiente revisión de acuerdo con lo previsto en el contrato, percibiendo el Contratista la diferencia en más que resulte por la variación del IPC superior al 3 por 100.

No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el Calendario de la oferta.

26.4.3.5 Acopio de materiales

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que el Promotor ordene por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el Promotor son, de la exclusiva propiedad de éste; de su guarda y conservación será responsable el Contratista, siempre que así se hubiese convenido en el contrato.

26.4.3.6 Reclamaciones por aumento de precio

Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras (con referencia a Facultativas).

26.4.3.7 Pagos

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe, corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por el Técnico Director, en virtud de las cuales se verifican aquéllos.

26.4.3.8 Demora de los pagos

Se rechazará toda solicitud de resolución del contrato fundada en dicha demora de Pagos, cuando el Contratista no justifique en la fecha el presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el contrato.

26.4.3.9 Mejoras y aumentos de obra

No se admitirán mejoras de obra, más que en el caso en que el Técnico Director haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato.

Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del Proyecto, a menos que el Técnico Director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

En todos estos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o aparatos ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el Técnico Director introduzca innovaciones que supongan una reducción apreciable en los importes de las unidades de obra contratadas.

26.4.3.10 Conservación de la Obra

Si el Contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de las obras durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el Propietario antes de la recepción definitiva, el Técnico Director en representación del Propietario, podrá disponer todo lo que sea preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación abonándose todo ello por cuenta de la Contrata.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso de resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el Técnico Director fije.

Después de la recepción provisional del edificio y en el caso de que la conservación del edificio corra a cargo del Contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuese preciso ejecutar.

En todo caso, ocupado o no el edificio está obligado el Contratista a revisar la obra, durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente "Pliego de Condiciones Económicas".



PRESUPUESTO

Presupuesto

27 Objeto del presupuesto

En este apartado quedarán reflejados todos los costes de la realización de la central hidroeléctrica que se llevará a cabo en dicho proyecto, estudiando la viabilidad económica del mismo y su propia rentabilidad.

Ya que hasta el momento en el que se contraten los servicios aquí detallados, los precios no serán reales, pero sí que servirá de aproximación cercana a la realidad y para conocer lo que llegará a costar de la forma más fiel posible.

28 Descripción del presupuesto

Para el estudio del presupuesto de inversión de dicha instalación se dividirá en las siguientes partes:

1. Costes iniciales: Antes de comenzar a trabajar sobre el terreno, en él se incluirán todos los permisos, ensayos y el coste de redacción del propio proyecto, entre otros.
2. Costes de construcción: En este apartado se incluirán todos aquellos costes que tengan lugar en el proceso de obra pública para llevar a cabo la construcción de la estructura de la central.
3. Costes de equipamiento electromecánico: Todos aquellos elementos que sean necesarios para dar servicio a la instalación eléctrica a diseñar quedaran reflejados en este apartado.
4. Costes de explotación: A modo de aproximación, se estudiara el coste de poner en marcha la central teniendo en cuenta el personal y el mantenimiento, entre otros. Calculando de esta manera el primer pago de gastos de la central.

28.1 Costes Iniciales

28.1.1 Ensayos

Tabla 28.1 Ensayos

Descripción	Unidades	Medida	Coste unitario	Coste total
1. Estudio de demanda (donde quedan reflejados los posibles consumidores de energía)	1	Ud.	210	210
2. Estudio socio económico (evaluación económica, organización y desarrollo)	1	Ud.	320	320
3. Estudio hidrológico y pluviométrico (a través de la estación de aforo más cercana, CEDEX 5070)	1	Ud.	140	140
4. Estudio Cartográfico y topográfico (referente a planos de la zona y de la central)	1	Ud.	270	270
5. Estudio Geotécnico (Mediante toma de datos del terreno)	1	Ud.	190	190
6. Impacto Ambiental (Datos referentes al medio ambiente cercano a la central)	1	Ud.	340	340
			Total	1470

28.1.2 Permisos

Tabla 28.2 Permisos

Descripción	Unidades	Medida	Coste unitario	Coste total
1. Permiso de realización del proyecto	1	Ud.	120	120
2. Contrato de realización del proyecto	1	Ud.	25	25
3. Aceptación del proyecto	1	Ud.	3250	3250
4. Inscripción del proyecto en PMI	1	Ud.	50	50
5. Desarrollo del proyecto	1	Ud.	5150	5150
			Total	8595

28.1.3 Concesiones

Tabla 28.3 Concesiones

Descripción	Unidades	Medida	Coste unitario	Coste total
1. Concesión de las zonas colindantes para llevar a cabo la obra	1	Ud.	2543	2543
2. Permiso de obras públicas	1	Ud.	1364	1364
			Total	3907

28.2 Costes de construcción

28.2.1 Preparación del terreno

Tabla 28.4 Preparación del terreno

Descripción	Unidades	Medida	Coste unitario	Coste total
1. Limpieza y desmonte (Referente a eliminación de vegetación)	19	h	120	2280
2. Tratamiento del suelo de soporte	13	h	120	1560
3. Colocación de ataguías y drenaje (para redirigir el caudal)	27	h	120	3240
4. Cortes y conformación de pequeños taludes	17	h	120	2040
5. Retirada de vegetación y estériles	9	h	120	1080
6. Transporte de material	9	h	120	1080
			Total	11280

28.2.2 Rehabilitación del edificio

Tabla 28.5 Rehabilitación del edificio (no generación)

Descripción (Estructura de no generación)	Unidades	Medida	Coste unitario	Coste total
1. Fase de evaluación previa	10	h	120	1200
2. Rehabilitación de fachada	48	h	120	5760
3. Rehabilitación de huecos	34	h	120	4080
4. Ventanas y puertas	58	h	120	6960

5. Rehabilitación de techos y suelos	42	h	120	5040
6. Pintura y acabados	30	h	120	3600
			Total	26640

Tabla 28.6 Rehabilitación del edificio (generación eléctrica)

Descripción (Estructura de generación eléctrica)	Unidades	Medida	Coste unitario	Coste total
1. Acondicionamiento de tubería forzada	26	h	120	3120
2. Acondicionamiento de espacios (para colocar turbinas, generadores y alternadores)	38	h	120	4560
3. Salida de casa de máquinas	21	h	120	2520
4. Otros	17	h	120	2040
			Total	12240

28.2.3 Instalación Eléctrica

Tabla 28.7 Instalación eléctrica

Descripción	Unidades	Medida	Coste unitario	Coste total
1. Instalación eléctrica interior en baja tensión (cableado)	43	h	120	5160
2. Luminarias estancas para entrada	4	h	120	480
3. Alumbrado de emergencia	4	h	120	480
4. Tomas de tierra y enchufes	6	h	120	720
5. Alumbrado interior	25	h	120	3000
			Total	9840

28.2.4 Instalación Hidráulica

Tabla 28.8 Instalación Hidráulica

Descripción	Unidades	Medida	Coste unitario	Coste total
1. Realización de distribución	23	h	120	2760
2. Colocación de salidas de agua	14	h	120	1680
			Total	4440

28.3 Costes Maquinaria

28.3.1 Elementos de Generación eléctrica

Tabla 28.9 Elementos de generación eléctrica

Descripción	Unidades	Medida	Coste unitario	Coste total
1. Turbina Kaplan de 615 kW de potencia	3	Ud.	79200	237600
2. Generador asíncrono	3	Ud.	53500	160500
3. Transformador aislado en aceite	1	Ud.	22300	22300
			Total	420400

28.3.2 Elementos de seguridad

Tabla 28.10 Elementos de seguridad no eléctrica

Descripción	Unidades	Medida	Coste unitario	Coste total
1. Válvulas de control	3	Ud.	10000	30000
2. Válvulas de cierre y seguridad tipo mariposa	1	Ud.	13000	13000
			Total	43000

Tabla 28.11 Elementos de seguridad eléctrica

Descripción	Unidades	Medida	Coste unitario	Coste total
1. Seccionadores e interruptores	8	Ud.	1300	10400
2. Transformador de intensidad	3	Ud.	2540	7620

3. Transformador de tensión	1	Ud.	2350	2350
4. Fusibles	4	Ud.	850	3400
5. Autovalvulares	1	Ud.	650	650
			Total	24420

28.3.3 Elementos de instalación estructural

Tabla 28.12 Elementos de instalación estructural

Descripción	Unidades	Medida	Coste unitario	Coste total
1. Toma	1	Ud.	352000	352000
2. Canal de derivación	3	Ud.	125300	375900
3. Cámara de carga	1	Ud.	234000	234000
4. Desagüe (servirá para todos los grupos funcionales)	1	Ud.	263000	263000
			Total	1224900

28.3.4 Materiales de construcción

Tabla 28.13 Materiales de construcción

Descripción	Unidades	Medida	Coste unitario	Coste total
Materiales de obra (Hormigón, cemento, etc.)	350	m ²	40	14000
Cableado	225	m	23	5175
Pintura	150	l	20	3000
Elementos hidráulicos	76	Kg	42	3192
Ventanas y puertas	58	Ud.	116	6728
Elementos de iluminación	124	Ud.	104	12896
			Total	44991

28.4 Costes de explotación

28.4.1 Costes de personal

Tabla 28.14 Costes de personal

Descripción	Unidades	Medida	Coste unitario	Coste total
1. Gerente de instalación	1	Ud.	2000	2000
2. Personal requerido	7	Ud.	1200	8400
3. Seguridad Social	8	Ud.	800	6400
4. IRPF	8	Ud.	100	800
			Total	17600

28.4.2 Mantenimiento

Tabla 28.15 Mantenimiento

Descripción	Unidades	Medida	Coste unitario	Coste total
1. Mantenimiento de turbinas y generadores	6	Ud.	200	1200
2. Mantenimiento de transformador	1	Ud.	440	440
3. Regulación de equipos	3	Ud.	630	1890
			Total	3530

28.4.3 Conexión a red

Tabla 28.16 Conexión a red

Descripción	Unidades	Medida	Coste unitario	Coste total
1. Montaje	60	h	120	7200
2. Cableado	2000	m	17	34000
3. Otros elementos (elementos de seguridad, de tendido, acometidas, etc.)	20	Ud.	26	520
			Total	41720

29 Presupuesto total de rehabilitación

Tabla 29.1 Presupuesto Total

Descripción	Coste Total
1. Costes Iniciales	13972
2. Costes de construcción	64440
3. Costes de maquinaria	1757711
4. Costes de explotación	62850

El coste total para llevar a cabo la implantación de la central hidroeléctrica que hemos diseñado será de 1.898.973 euros sin contar con el IVA e impuestos añadidos, salvo para la contratación de personal. No se ha tenido en cuenta igualmente el coste de contratación de empresa constructora ya que lo hemos calculado en horas y, por ello, lo hemos desestimado.

30 Otros costes

A este presupuesto será preciso añadirle también los costes necesarios para subsanar el impacto medioambiental, los gastos añadidos al estudio de seguridad y salud que aparecerá en la central hidroeléctrica.

30.1 Estudio de Impacto Medioambiental

Tabla 30.1 Estudio de impacto ambiental

Descripción	Unidades	Medida	Coste unitario	Coste total
Revegetación del pie de escollera	800	m2	3	2400
Conducción de aguas negras	1	Ud.	55000	55000
Soterramiento	1000	m	150	150.000

Instalación de mallas	1	Ud.	2000	2000
			Total	209400

30.2 Estudio de Seguridad y salud

Tabla 30.2 Estudio de seguridad y salud

Descripción	Unidades	Medida	Coste unitario	Coste total
Protecciones (cascos, guantes, etc.)	8	Ud.	100	800
Plataformas de protección	2	Ud.	19325	38650
Instalaciones sanitarias	1	Ud.	10000	10.000
Formación e información	8	Ud.	1500	12000
			Total	61450



ESTUDIO DE VIABILIDAD

Estudio de Viabilidad

31 Objeto del estudio de viabilidad

El estudio de viabilidad económica tiene como finalidad evaluar la viabilidad del proyecto. Un proyecto de una minicentral hidroeléctrica requiere la realización de pagos a lo largo de su periodo de vida, estimado en veinticinco o treinta años típicamente. Entre los pagos se encuentra la inversión inicial, que difiere en el tiempo gracias a la financiación externa, unas cantidades anuales fijas (seguros e impuestos que gravan los ingresos) y unas cantidades anuales variables (gastos de operación y mantenimiento).

Los ingresos de una minicentral hidroeléctrica proceden de la venta de energía generada. A diferencia de las centrales térmicas, las hidroeléctricas requieren en general una inversión mayor. Por el contrario, los costes de explotación son menores, principalmente debido a que no requiere combustible para su funcionamiento.

32 Índice de potencia

Se define el índice de potencia como el cociente entre la inversión inicial y la potencia instalada. La potencia instalada de la central del proyecto es de 1.687,32 kW y la inversión inicial, calculada en el presupuesto, es de 1.898.973 €.

Con estos datos se obtiene el índice de potencia siguiente:

$$\text{IP} = \text{Inversión inicial} / \text{potencia instalada}$$

Donde sustituyendo:

$$\text{IP} = (1.898.973 + 0,21 \times 1.898.973) / 1.687,32 = 1361,77 \text{ €/kW}$$

33 Índice de energía

El caudal nominal que nos garantiza Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y que quedo calculado con el programa RETScreen para alimentar a la central son 50 m³/s.

La central funcionará sobre 7.920 horas anuales, ya que habrá días que no funcione por averías o mantenimiento.

Se calculará la energía producida anualmente por la minicentral a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Producción} = Q \times g \times H_n \times \eta \times t$$

Dónde:

- Q = caudal nominal.
- g = gravedad.
- H_n = salto neta.
- η = rendimiento de la maquinaria electromecánica.
- t = número de horas de funcionamiento.

Sustituyendo se obtiene:

$$\text{Producción} = 50 \times 9,81 \times 4 \times 0,86 \times 7920 = 13.363.574,4 \text{ kWh}$$

Siendo el índice de energía se define como el cociente entre la inversión inicial y la energía producida al año. Su valor es el siguiente:

$$\text{IE} = \text{inversión inicial} / \text{producción anual}$$

Sustituyendo:

$$\text{IE} = (1.898.973 + 0,21 \times 1.898.973) / 13.364.574,4 = 0,172 \text{ €/kW}$$

34 Análisis de la rentabilidad de la central

34.1 Parámetros a tener en cuenta

Para este estudio se van a considerar los siguientes aspectos:

- **Inversión inicial:** La suma de los pagos por la adquisición de los distintos aparatos y la puesta en servicio de la central. El valor de la inversión inicial es de 1.898.973 €.
- **Pagos:** Los realizados a lo largo del periodo de explotación por operación y mantenimiento.
- **Vida útil del proyecto:** Se tomarán los primeros 25 años.
- **Impuestos:** Se tomará un I.V.A. del 21 %.

- **Índice de precios al consumo:** Se tomará un 2,80 % de IPC.

34.2 Valor Neto Actual (VAN)

El valor neto actual es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.

La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja (en inglés cash-flow) futuros o en determinar la equivalencia en el momento inicial de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial. Dicha tasa de actualización (k) o de descuento (d) es el resultado del producto entre el coste medio ponderado de capital (CMPC) y la tasa de inflación del periodo. Cuando dicha equivalencia es mayor que el desembolso inicial, entonces, es recomendable que el proyecto sea aceptado.

Para entenderlo mejor, el VAN de una cantidad "A" a percibir durante "n" años con una tasa de interés "i" es la cantidad que, en caso de tenerse hoy, generaría al cabo de los "n" años antes mencionados la cantidad "A", quedando relacionados dichos parámetros mediante la fórmula:

$$\text{VAN} = A / (i + 1)^n$$

En este tipo de proyectos se desembolsa inicialmente el total de la inversión, teniendo posteriormente cargas monetarias que estarán compuestas de ingresos y gastos, generalmente variables. Por lo cual, la expresión se transforma en la siguiente:

$$\text{VAN} = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + k)^t} - I_0$$

Dónde:

- I_0 es la inversión inicial.
- V_t son los cobros del año (Ct) menos los gastos del año (Pt).
- i es la tasa de interés. Generalmente se toma entre un 8 % y un 10 %.
- n es el número de periodos, en este caso, 25 años.

34.3 Tasa interna de retorno (TIR)

La interna de retorno de una inversión es el promedio geométrico de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión, y que implica el supuesto de una oportunidad para volver a realizar la inversión inicial. En términos simples, diversos autores la conceptualizan como la tasa de descuento con la que el valor actual neto (VAN) se iguala a cero.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} - I = 0$$

El TIR se puede tomar como la tasa de interés que el proyecto es capaz de proporcionar. Entre dos proyectos, será más rentable el que presente un TIR más alto.

35 Estudio de viabilidad económica

35.1 Ingresos

Serán los producidos por la venta de energía eléctrica producida por la central. Para llevar a cabo los cálculos se realizará el supuesto de que la central se acoge a la tarifa regulada, en la que los ingresos serían de 0,05 €/kWh para este tipo de central durante los primeros veinticinco años.

A partir de la energía producida durante el año medio de referencia se puede calcular qué ingresos que va a producir la central al año, con la siguiente fórmula:

$$\text{Ingresos al año (In}_a\text{)} = \text{Producción anual} \times \text{Precio del kW}$$

Sustituyendo:

$$\text{Ingresos al año (In}_a\text{)} = 13.363.574 \times 0,05 = 668.178,78 \text{ €}$$

Con lo que el valor de los ingresos del primer año será 668.178,78 €, el cual se actualizará anualmente con un IPC del 2,80 %.

35.2 Gastos

Los gastos que generará la central a lo largo de un año serán calculados mediante la expresión siguiente:

$$\text{Mantenimiento anual} = 450 \times \text{Potencia Instalada (kW)}^{1/2}$$

Sustituyendo:

$$\text{Mantenimiento anual} = 450 \times 1.687,32 \text{ kW}^{1/2} = 18.484,65 \text{ €}$$

Incluyendo el I.V.A. (21 %), el coste anual de mantenimiento asciende a 22.366,4 €. Se actualizará cada año con un IPC del 2,80 %.

A este coste calculado en este apartado se le tendrían que añadir los costes de explotación calculados en el apartado de presupuesto, en los que se incluirán los mantenimientos de los equipos eléctricos, el salario de los trabajadores y los costes de luz que generará la central. Ascendiendo los mismos a 62.850 € sin contar con el I.V.A.

Si se realiza la suma de ambos resultados teniendo en cuenta el I.V.A. para ambos casos se obtendrá que los gastos totales de la central serán los siguientes:

$$\text{Gastos} = 62.850 + 62.850 \times 0,21 + 22.366,4 = 98.414,9 \text{ €}$$

36 Resultado

36.1 Resultado para el cálculo del Valor Neto Actual (VAN)

El resultado calculado para las distintas tasas de interés y para un total de 25 años, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 36.1 Resultado para el cálculo del Valor Neto Actual (VAN)

Años	Ingresos	Gastos	Beneficio Neto	VAN (i=5%)	VAN (i=7,5%)	VAN (i=12,5%)
0	0,00	2297757,33	-2297757,33	-229.757,33 €	-229.757,33 €	-229.757,33 €
1	668178,72	98414,9	569763,82	-1.755.125,12 €	-1.767.744,47 €	-1.791.300,60 €
2	686887,72	101170,52	585717,21	-1.223.862,35 €	-1.260.904,27 €	-1.328.511,70 €
3	706120,58	104003,29	602117,29	-703.730,79 €	-776.223,60 €	-905.625,48 €
4	725891,96	106915,38	618976,57	-194.497,24 €	-312.733,61 €	-519.201,45 €
5	746216,93	109909,01	636307,92	304.066,67 €	130.492,16 €	-166.095,76 €
6	767111,01	112986,47	654124,54	792.184,47 €	554.339,69 €	156.564,37 €
7	788590,11	116150,09	672440,03	1.270.075,04 €	959.656,21 €	451.404,03 €

8	810670,64	119402,29	691268,35	1.737.952,67 €	1.347.251,92 €	720.821,95 €
9	833369,41	122745,55	710623,86	2.196.027,14 €	1.717.901,58 €	967.010,07 €
10	856703,76	126182,43	730521,33	2.644.503,87 €	2.072.346,09 €	1.191.971,30 €
11	880691,46	129715,54	750975,93	3.083.583,94 €	2.411.293,96 €	1.397.535,87 €
12	905350,82	133347,57	772003,25	3.513.464,24 €	2.735.422,71 €	1.585.376,21 €
13	930700,65	137081,31	793619,34	3.934.337,52 €	3.045.380,25 €	1.757.020,53 €
14	956760,27	140919,58	815840,68	4.346.392,50 €	3.341.786,16 €	1.913.865,30 €
15	983549,55	144865,33	838684,22	4.749.813,95 €	3.625.232,93 €	2.057.186,57 €
16	1011088,94	148921,56	862167,38	5.144.782,76 €	3.896.287,14 €	2.188.150,36 €
17	1039399,43	153091,36	886308,07	5.531.476,04 €	4.155.490,61 €	2.307.822,16 €
18	1068502,62	157377,92	911124,69	5.910.067,17 €	4.403.361,47 €	2.417.175,59 €
19	1098420,69	161784,50	936636,19	6.280.725,91 €	4.640.395,18 €	2.517.100,32 €
20	1129176,47	166314,47	962862,00	6.643.618,47 €	4.867.065,55 €	2.608.409,33 €
21	1160793,41	170971,27	989822,13	6.998.907,57 €	5.083.825,68 €	2.691.845,46 €
22	1193295,62	175758,47	1017537,15	7.346.752,51 €	5.291.108,86 €	2.768.087,55 €
23	1226707,90	180679,71	1046028,19	7.687.309,28 €	5.489.329,43 €	2.837.755,88 €
24	1261055,72	185738,74	1075316,98	8.020.730,57 €	5.678.883,61 €	2.901.417,24 €
25	1296365,28	190939,42	1105425,86	8.347.165,89 €	5.860.150,30 €	2.959.589,59 €

Se aprecia como a partir del quinto año que se realiza la inversión se comienzan a obtener beneficios, así como la gran diferencia entre una tasa y otra, ya que la diferencia es evidente entre tomar un 5% de interés en el cual se obtienen unos beneficios de casi 8 millones de euros a tomar una tasa del 12,5 % en el que se obtienen 5 millones menos de beneficios finales.

36.2 Resultado para el cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR)

Para calcular la tasa de retorno interna en primer lugar se calculan los valores netos actuales para los distintos índices entre un 2% y 52% como se detalla a continuación:

Tabla 36.2 Resultado de la tasa interna de retorno

Años	Ingresos	Gastos	Beneficio Neto	Tasa (i)	VAN
0	0,00	2297757,33	-2297757,33	2%	13.063.932,62 €
1	668178,72	98414,9	569763,82	4%	9.659.694,31 €
2	686887,72	101170,52	585717,21	6%	7.233.159,94 €
3	706120,58	104003,29	602117,29	8%	5.468.248,76 €
4	725891,96	106915,38	618976,57	10%	4.158.919,03 €
5	746216,93	109909,01	636307,92	12%	3.168.746,16 €
6	767111,01	112986,47	654124,54	14%	2.405.991,98 €
7	788590,11	116150,09	672440,03	16%	1.808.015,51 €
8	810670,64	119402,29	691268,35	18%	1.331.392,01 €
9	833369,41	122745,55	710623,86	20%	945.566,10 €

10	856703,76	126182,43	730521,33	22%	628.720,83 €
11	880691,46	129715,54	750975,93	24%	365.053,90 €
12	905350,82	133347,57	772003,25	26%	142.958,69 €
13	930700,65	137081,31	793619,34	28%	-46.205,93 €
14	956760,27	140919,58	815840,68	30%	-208.958,06 €
15	983549,55	144865,33	838684,22	32%	-350.276,60 €
16	1011088,94	148921,56	862167,38	34%	-474.010,87 €
17	1039399,43	153091,36	886308,07	36%	-583.171,29 €
18	1068502,62	157377,92	911124,69	38%	-680.138,14 €
19	1098420,69	161784,50	936636,19	40%	-766.813,02 €
20	1129176,47	166314,47	962862,00	42%	-844.730,08 €
21	1160793,41	170971,27	989822,13	44%	-915.138,52 €
22	1193295,62	175758,47	1017537,15	46%	-979.064,35 €
23	1226707,90	180679,71	1046028,19	48%	-1.037.357,17 €
24	1261055,72	185738,74	1075316,98	50%	-1.090.725,94 €
25	1296365,28	190939,42	1105425,86	52%	-1.139.766,47 €

Como se puede observar en la anterior tabla se pasa de un valor positivo a un valor negativo entre el 26% y el 28%, es por ello que en este intervalo se encontrará la tasa de retorno interna (TIR) del proyecto, calculándose con Excel se obtiene un resultado de:

Tabla 36.3 Valor de la TIR

TIR
27%
VAN = 0,00 €

La TIR del proyecto será por lo tanto de un 27% y única ya que el flujo de caja siempre tiende hacia positivo sin desviarse y siguiendo una recta, es por ello que el mismo es más sencillo de calcular. Además, se ha calculado el VAN como comprobación para demostrar que en ese mismo punto se encuentra la TIR ya que se iguala a 0.

Con esto se sabe que todo proyecto con una tasa superior al 27% de interés será rentable y cualquier tasa por debajo, de la misma forma no será rentable, no obteniéndose por tanto beneficios. Se debe añadir que aunque para este proyecto la TIR sí que puede ser fiable en muchos otros casos no lo es y se deben tener en cuenta otras circunstancias como, por ejemplo, que el presupuesto ha sido realizado a priori de las obras y la rehabilitación de la central.



ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Estudio Básico de Seguridad y Salud

37 Objeto del estudio de seguridad y salud

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud está redactado para dar cumplimiento al Real Decreto 1627/1997, del 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

A efectos de dicho Real Decreto, la obra proyectada requiere la redacción del presente Estudio Básico de Seguridad y Salud, puesto que debido al volumen de la misma, incluyéndose en el primero y es probable que en el segundo de los supuestos contemplados en el artículo 4 (Obligatoriedad del estudio de seguridad y salud o del estudio básico de seguridad y salud en las obras) del R.D. 1627/1997.

Dichos supuesto dictamina que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 75 millones de pesetas (450.759,08 €). Lo cual es cierto, como queda reflejado en el presupuesto de obra y materiales.

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, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz es la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

38 Metodología a seguir para el desarrollo del estudio de seguridad y salud

Se llevará a cabo una exhaustiva identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello.

Del mismo modo se hará una relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos. Tales riesgos irán agrupados por "Factores de Riesgo" asociados a las distintas operaciones a realizar durante la ejecución de la obra.

39 Contenido del estudio de seguridad y salud

Según se especifica en el Artículo 6, apartado 2, del R.D. 1627/1997, el Estudio Básico de Seguridad y Salud deberá detallar:

- Las normas de seguridad y salud a aplicar en la obra.

- La identificación de los riesgos que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello.
- La relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas. Esta eficacia, so será necesario valorarla, cuando se adopten las medidas establecidas por la normativa o indicadas por la autoridad laboral (Notas Técnicas de Prevención).
- Se tendrá en cuenta cualquier otro tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma, y contendrá medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del anexo II.
- La previsión e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

De acuerdo con el artículo 7 del citado R.D., el objeto del Estudio Básico de Seguridad y Salud es servir de base para que el contratista elabore el correspondiente Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo, en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este documento, en función de su propio sistema de ejecución de la obra.

En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio básico.

40 Marco Jurídico

Como queda dicho, este Estudio de Seguridad y Salud se redacta en cumplimiento de lo dispuesto en el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, cuyo artículo 4 establece las condiciones de obligatoriedad para los proyectos técnicos de construcción, viniendo reglamentariamente exigido en el presente caso.

De acuerdo con ello, este estudio debe ser complementado, antes del comienzo de la obra, por el Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista. Dicho plan desarrollará las medidas preventivas previstas en el estudio, adaptando éstas a las técnicas y soluciones que han de ponerse finalmente en obra. Eventualmente, el Plan de Seguridad y Salud podrá proponer alternativas preventivas a las medidas planificadas aquí, en las condiciones establecidas en el artículo 7 del ya citado Real Decreto 1627/1997. En su conjunto, el Plan de Seguridad y Salud constituirá el conjunto de medidas y actuaciones preventivas derivadas de este estudio, que el contratista se compromete a disponer en las distintas actividades y fases de la obra, sin perjuicio de las modificaciones y actualizaciones a que pueda haber lugar, en las condiciones reglamentariamente establecidas.

41 Datos Generales

41.1 Datos del proyecto

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud se refiere al proyecto cuyos datos generales son:

- Promotor: Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas (Universidad de León).
- Autor: Miguel López Gayo, Graduado en Ingeniería de la Energía.
- Título: Proyecto de Rehabilitación de Central Hidroeléctrica en Córdoba Molino de Casillas.
- Descripción de la obra: dicha obra corresponde a la rehabilitación de una antigua minicentral hidroeléctrica. En dicha obra se llevará a cabo una reforma del edificio, y se instalarán todos los equipos necesarios para el correcto funcionamiento de la instalación, y para verter la electricidad producida a la red.

41.2 Datos del emplazamiento

En lo referente al lugar de emplazamiento de la central tenemos que:

- Dirección: Diseminados.
- Paraje: Polígono Industrial de Amargacena en Córdoba.
- Municipio: Córdoba.
- Provincia: Córdoba.
- Aprovechamiento hidráulico: Río Guadalquivir, molino de Casillas.

41.3 Descripción del emplazamiento

- Accesos a la obra: Peatonal, vía sin asfaltar.
- Topografía del terreno: en desnivel.
- Edificaciones colindantes: No.
- Suministro de agua potable: No hay.
- Sistema de saneamiento: No hay.

- Suministro de electricidad: No hay.

42 Actividades que compondrán la obra proyectada

En relación con las condiciones de seguridad y salud laboral que han de producirse a lo largo de la ejecución de la obra proyectada, las actividades constructivas que en la misma se consideran de forma diferenciada son las siguientes:

- Movimiento de tierras:
 - Levantamiento de firmes para obra.
 - Desbroce y excavación de tierra vegetal.
 - Tala y retirada de árboles.
 - Terraplenes y rellenos.
- Estructuras y obras de fábrica.
 - Firmes y pavimentos
- Actividades diversas
 - Replanteo

43 Equipos de trabajo

- Maquinaria de movimiento de tierras
 - Pala cargadora
 - Retroexcavadora
- Medios de hormigonado
 - Bomba autopropulsada de hormigón
- Acopios y almacenamiento
 - Acopio de tierras y áridos
 - Acopio de tubos, marcos, elementos prefabricados.
- Maquinaria y herramientas diversas
 - Compresores
 - Taladro portátil
 - Pistola fijaclavos

44 Riesgos Profesionales

44.1 Riesgos de Obra

44.1.1 Levantamiento de firmes para obra

- Proyección de partículas
- Hundimiento
- Deslizamientos de ladera provocados por el mal posicionamiento de la maquinaria
- Caídas de personas al mismo nivel
- Heridas por objetos punzantes
- Ambiente pulvígeno.
- Polvaredas que disminuyan la visibilidad

44.1.2 Desbroce y excavación de tierra vegetal

- Proyección de partículas
- Deslizamientos de ladera provocados por el mal posicionamiento de la maquinaria
- Caídas de personas al mismo nivel
- Heridas por objetos punzantes
- Picaduras de insectos
- Ambiente pulvígeno
- Polvaredas que disminuyan la visibilidad

44.1.3 Tala y retirada de árboles

- Cortes o amputaciones
- Lesiones por incrustamiento de ramas o astillas
- Picaduras de insectos
- Caídas de personas al mismo nivel
- Caídas de personas a distinto nivel
- Atrapamiento por la caída del árbol
- Ambiente pulvígeno
- Polvaredas que disminuyan la visibilidad

44.1.4 Terraplenes y rellenos

- Atrapamientos de personas por maquinarias
- Caídas del personal a distinto nivel
- Corrimientos o desprendimientos del terreno
- Contactos directos o indirectos con líneas eléctricas
- Golpes por objetos y herramientas
- Caída de objetos
- Ambiente pulvígeno
- Polvaredas que disminuyan la visibilidad

44.1.5 Firmes y pavimentos

- Caídas al mismo nivel
- Golpes y choques de maquinaria
- Accidentes del tráfico de obra
- Afecciones a vías en servicio
- Quemaduras
- Deshidrataciones
- Atrapamientos por las partes móviles de la maquinaria
- Inhalación de gases tóxicos
- Ambiente pulvígeno
- Polvaredas que disminuyan la visibilidad

44.1.6 Replanteo

- Caídas a distinto nivel
- Caída de herramientas
- Golpes con carga suspendida
- Sobre esfuerzos
- Ambiente pulvígeno

44.2 Por maquinaria y herramientas de trabajo

44.2.1 Palas cargadoras

- Atropello o golpes a personas por máquinas en movimiento
- Deslizamientos y/o vuelcos de máquinas sobre planos inclinados del terreno
- Desplome de taludes o de frentes de excavación bajo o sobre la máquina
- Máquina sin control, por abandono del conductor sin desconectar ni poner frenos
- Caídas a distinto nivel de personas desde la máquina
- Choques de la máquina con otras o con vehículos
- Contacto de la máquina con líneas eléctricas aéreas o enterradas
- Atrapamientos por útiles o transmisiones
- Quemaduras en trabajos de reparación o mantenimiento
- Golpes o proyecciones de materiales del terreno
- Vibraciones transmitidas por la máquina
- Ambiente pulvígeno
- Polvaredas que disminuyan la visibilidad
- Ruido

44.2.2 Retroexcavadora

- Atropello o golpes a personas por máquinas en movimiento
- Deslizamientos y/o vuelcos de máquinas sobre planos inclinados del terreno
- Desplome de taludes o de frentes de excavación bajo o sobre la máquina
- Máquina sin control, por abandono del conductor sin desconectar ni poner frenos
- Caídas a distinto nivel de personas desde la máquina
- Choques de la máquina con otras o con vehículos
- Contacto de la máquina con líneas eléctricas aéreas o enterradas
- Atrapamientos por útiles o transmisiones
- Quemaduras en trabajos de reparación o mantenimiento
- Golpes o proyecciones de materiales del terreno
- Vibraciones transmitidas por la máquina
- Ambiente pulvígeno
- Polvaredas que disminuyan la visibilidad
- Ruido

44.2.3 Bomba autopropulsada de hormigón

- Contactos eléctricos directos
- Contacto eléctricos indirectos
- Aplastamiento por caída de cargas suspendidas
- Atrapamientos
- Dermatitis
- Quemaduras
- Heridas con objetos punzantes
- Ruido

44.2.4 Acopio de tierras y áridos

- Inducción de corrimientos de tierras excavaciones próximas
- Corrimientos de tierras del propio acopio
- Accidentes de tráfico por mala ubicación del acopio
- Daños ambientales y/o invasión de propiedades
- Ambiente pulvígeno

44.2.5 Acopio de tubos, marcos, etc.

- Inducción de corrimientos de tierras excavaciones próximas
- Desplome del propio acopio
- Aplastamiento de articulaciones
- Accidentes de tráfico por mala ubicación del acopio
- Daños ambientales y/o invasión de propiedades
- Sobreesfuerzos
- Torceduras

44.2.6 Compresores

- Incendios y explosiones
- Golpes de "látigo" por las mangueras

- Proyección de partículas
- Reventones de los conductos
- Inhalación de gases de escape
- Atrapamientos por útiles o transmisiones
- Quemaduras en trabajos de reparación o mantenimiento
- Ruido

44.2.7 Taladro Portátil

- Taladros accidentales en las extremidades
- Riesgo por impericia
- Contactos eléctricos indirectos
- Caída del taladro a distinto nivel
- Caídas al mismo nivel por tropiezo

44.2.8 Pistola fijaclavos

- Alcances por disparos accidentales de clavos
- Riesgo por impericia
- Reventón de la manguera a presión
- Contactos eléctricos indirectos
- Caída de la pistola a distinto nivel
- Caídas al mismo nivel por exceso de empuje

45 Medidas preventivas a disponer en la obra

45.1 Medidas de carácter organizativo

45.1.1 Formación e información

En cumplimiento del deber de protección, el empresario deberá garantizar que cada trabajador reciba una formación teórica y práctica, suficiente y adecuada, en materia preventiva, centrada específicamente en el puesto de trabajo o función de cada trabajador. En su aplicación, todos los operarios recibirán, al ingresar en la obra o con anterioridad, una exposición detallada de los métodos de trabajo y los riesgos que pudieran entrañar,

juntamente con las medidas de prevención y protección que deberán emplear. Los trabajadores serán ampliamente informados de las medidas de seguridad personal y colectiva que deben establecerse en el tajo al que están adscritos, repitiéndose esta información cada vez que se cambie de tajo.

El contratista facilitará una copia del Plan de Seguridad y Salud a todas las subcontratas y trabajadores autónomos integrantes de la obra, así como a los representantes de los trabajadores.

45.1.2 Modelo de organización de seguridad en la obra

Al objeto de lograr que el conjunto de las empresas concurrentes en la obra posean la información necesaria acerca de su organización en materia de seguridad en esta obra, así como el procedimiento para asegurar el cumplimiento del Plan de Seguridad y Salud de la obra por parte de todos sus trabajadores, dicho Plan de Seguridad y Salud contemplará la obligación de que cada subcontrata designe antes de comenzar a trabajar en la obra, al menos:

- Técnicos de prevención designados por su empresa para la obra, que deberán planificar las medidas preventivas, formar e informar a sus trabajadores, investigar los accidentes e incidentes, etc.
- Trabajadores responsables de mantener actualizado y completo el archivo de seguridad y salud de su empresa en obra.
- Vigilantes de seguridad y salud, con la función de vigilar el cumplimiento del Plan de Seguridad y Salud por parte de sus trabajadores y de los de sus subcontratistas, así como de aquellos que, aun no siendo de sus empresas, puedan generar riesgo para sus trabajadores.

45.2 Medidas de carácter dotacional

45.2.1 Servicio Médico

La empresa contratista dispondrá de un Servicio de vigilancia de la salud de los trabajadores según lo dispuesto en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Todos los operarios que empiecen trabajar en la obra deberán haber pasado un reconocimiento médico general previo en un plazo inferior a un año. Los trabajadores que han de estar ocupados en trabajos que exijan cualidades fisiológicas o psicológicas determinadas deberán pasar reconocimientos médicos específicos para la comprobación y certificación de idoneidad para tales trabajos, entre los que se encuentran los de gruistas, conductores, operadores de máquinas pesadas, trabajos en altura, etc.

45.2.2 Botiquín de obra

La obra dispondrá de material de primeros auxilios en lugar debidamente señalizado y de adecuado acceso y estado de conservación, cuyo contenido será revisado semanalmente, reponiéndose los elementos necesarios.

45.2.3 Instalaciones Provisionales para la obra

De acuerdo con el apartado 15 del Anexo 4 del R.D. 1627/1997, la obra dispondrá de los servicios higiénicos siguientes:

- Vestuarios adecuados de dimensiones suficientes, con asientos y taquillas individuales provistas de llave, con una superficie mínima de 2 m² por trabajador que haya de utilizarlos y una altura mínima de 2,30 m.
- Lavabos con agua fría y caliente a razón de un lavabo por cada 10 trabajadores o fracción.
- Duchas con agua fría y caliente a razón de una ducha por cada 10 trabajadores o fracción.
- Retretes a razón de un inodoro cada 25 hombres o 15 mujeres o fracción. Cabina de superficie mínima 1,20 m² y altura 2,30 m.

45.3 Medidas preventivas a establecer en las diferentes actividades constructivas

45.3.1 Levantamiento de firmes para obra

A este respecto, el Plan de Seguridad y Salud laboral de la obra contendrá, al menos, los puntos siguientes:

- Orden y método de realización del trabajo: maquinaria y equipos a utilizar.
- Vallado o cerramiento de la obra y separación de la misma del tráfico urbano.
- Establecimiento de las zonas de estacionamiento, espera y maniobra de la maquinaria.
- Métodos de retirada periódica de materiales y escombros de la zona de trabajo.
- Delimitación de áreas de trabajo de máquinas y prohibición de acceso a las mismas.
- Obtención de información sobre conducciones eléctricas y de agua y gas bajo el firme.

45.3.2 Desbroce y excavación de tierra vegetal

Ante estos trabajos, el Plan de Seguridad y Salud laboral de la obra desarrollará, al menos, los siguientes aspectos:

- Orden y método de realización del trabajo: maquinaria y equipos a utilizar.
- Accesos a la explanación: rampas de ancho mínimo 4,50 m. con sobrecancho en curva, pendiente máxima del 12% (8% en curvas) y tramos horizontales de incorporación a vías públicas de 6 m., al menos
- Establecimiento de las zonas de estacionamiento, espera y maniobra de la maquinaria.
- Señalamiento de la persona a la que se asigna la dirección de las maniobras de desbroce.
- Forma y controles a establecer para garantizar la eliminación de raíces y tocones mayores de 10 cm, hasta una profundidad mínima de 50 cm.
- Disponibilidad de información sobre conducciones eléctricas y de agua y gas bajo el terreno.
- Detección y solución de cursos naturales de aguas superficiales o profundas.
- Existencia y, en su caso, soluciones de paso bajo líneas eléctricas aéreas.
- Existencia y situación de edificios próximos; profundidad y afección por la obra. Medidas a disponer: apeos, apuntalamientos de fachadas, testigos de movimientos de fisuras, etc.

45.3.3 Tala y retirada de árboles

Las labores de manejo de árboles exigen a los trabajadores que sean llevadas a cabo con empleo de guantes de cuero y mono de trabajo para evitar el clavado de astillas. Del mismo modo, serán necesarias las gafas protectoras para evitar la introducción de ramas en los ojos, para los trabajadores que operen cercanos a éstas.

Los ganchos de las eslingas, así como el de la grúa, irán siempre provistos de pestillo de seguridad.

45.3.4 Terraplenes y rellenos

El orden y la forma de ejecución de las explanaciones, así como los medios a emplear en cada caso, se ajustarán a las prescripciones establecidas en este estudio, así como en la documentación técnica del resto del proyecto. El Plan de Seguridad y Salud de la obra contemplará la previsión de sistemas y equipos de movimiento de tierra a utilizar,

así como los medios auxiliares previstos y el esquema organizativo de los tajos a disponer. De forma más concreta, el Plan de Seguridad y Salud laboral de la obra contendrá, al menos, los puntos siguientes:

- Orden y método de realización del trabajo: maquinaria y equipos a utilizar.
- Accesos a la explanación: rampas de ancho mínimo 4,50 m con sobrecancho en curva, pendiente máxima del 12% (8% en curvas) y tramos horizontales de incorporación de 6 m.
- Establecimiento de las zonas de estacionamiento, espera y maniobra de la maquinaria.
- Señalamiento de la persona a la que se asigna la dirección de las maniobras de explanación.
- Definición de los límites del suelo consolidado, delimitando acceso de máquinas a taludes.
- Protección específica para los ensayos y tomas de muestra de control de calidad de tierras.

45.3.5 Replanteo

Los trabajos de replanteo engloban aquéllos que se realizan desde el inicio de las obras hasta su finalización, por los equipos de topografía, definiendo por medio de los replanteos todos los datos geométricos y medidas referenciadas en el terreno para poder realizar las actividades de los elementos constructivos que componen la obra.

Estos trabajos han sido múltiples veces excluidos de los estudios y planes de seguridad y salud de las obras, lo que resulta improcedente, dado que son fuente de numerosos accidentes de gravedad variable. Los equipos de replanteo han de observar una serie de normas generales como son:

- El atuendo de los operarios será el adecuado a la climatología del lugar, teniendo en cuenta la obligada exposición a los elementos atmosféricos.
- Deben evitarse subidas o posiciones por zonas muy pendientes, si no se está debidamente amarrado a una cuerda, con arnés de sujeción anclado a un punto fijo en la parte superior de la zona de trabajo.
- Para la realización de comprobaciones o tomas y materialización de datos en zonas de encofrado o en alturas de estructuras y obras de fábrica, se accederá siempre por escaleras reglamentarias o accesos adecuados, como estructuras tubulares y escaleras fijas.
- Todos los trabajos que se realicen en alturas, de comprobación o replanteo, han de llevarse a cabo con arnés de sujeción anclado a puntos fijos de las estructuras, si no existen protecciones colectivas.

- Debe evitarse la estancia durante los replanteos en zonas donde puedan caer objetos, por lo que se avisarán a los equipos de trabajo para que eviten acciones que puedan dar lugar a proyección de objetos o herramientas mientras se esté trabajando en esa zona.

45.4 Medidas preventivas relativas a la maquinaria, instalaciones auxiliares y equipos de trabajo

45.4.1 Pala cargadora

Además de las medidas generales de maquinaria, se establecerán las siguientes medidas preventivas específicas, las cuales deberán ser concretadas a nivel más detallado por el Plan de Seguridad y Salud que desarrolle el presente estudio:

- Las palas cargadoras irán dotadas de un botiquín de primeros auxilios, adecuadamente resguardado y mantenido limpio interna y externamente.
- Se revisarán periódicamente todos los puntos de escape del motor, con el fin de asegurar que el conductor no recibe en la cabina gases procedentes de la combustión. Esta precaución se extremará en los motores provistos de ventilador de aspiración para el radiador.
- Las palas cargadoras que deban transitar por la vía pública cumplirán con las disposiciones reglamentarias necesarias para estar autorizadas.
- Los conductores se cerciorarán siempre de que no existe peligro para los trabajadores que se encuentren en el interior de pozos o zanjas próximos al lugar de trabajo de la máquina.
- Los conductores, antes de realizar nuevos recorridos, harán a pie el camino de trabajo, con el fin de observar las irregularidades que puedan dar origen a oscilaciones verticales u horizontales de la cuchara.



Figura 45.1 Pala Cargadora

45.4.2 Retroexcavadora

Además de las medidas generales de maquinaria, las cuales deberán ser concretadas con más detalle por el Plan de Seguridad y Salud, se entregará por escrito a los maquinistas de las retroexcavadoras que vayan a emplearse en la obra, la normativa de acción preventiva y, específicamente, la que recoja las siguientes normas mínimas:

- Las retroexcavadoras a utilizar en esta obra estarán dotadas de luces y bocina de retroceso en correcto estado de funcionamiento.

- En el entorno de la máquina, se prohibirá la realización de trabajos o la permanencia de personas. Esta zona se acotará a una distancia igual a la del alcance máximo del brazo excavador. Conforme vaya avanzando la retroexcavadora, se marcarán con cal o yeso bandas de seguridad. Estas precauciones deberán extremarse en presencia de otras máquinas, en especial, con otras retroexcavadoras trabajando en paralelo. En estos casos será recomendable la presencia de un señalista.
- Los caminos de circulación interna de la obra, se cuidarán para evitar blandones y barrizales excesivos, que mermen la seguridad de la circulación de estas máquinas.
- El maquinista debe tomar toda clase de precauciones cuando trabaja con cuchara bivalva, que puede oscilar en todas las direcciones y golpear la cabina o a las personas circundantes que trabajan en las proximidades, durante los desplazamientos.



Figura 45.2 Retroexcavadora

45.4.3 Bomba autopropulsada de hormigón

El personal encargado de su manejo poseerá formación especializada y experiencia en su aplicación y en el mantenimiento del equipo.

El brazo de elevación de la manguera no podrá ser utilizado para ningún tipo de actividad de elevación de cargas u otras diferentes a la que define su función.

La bomba dispondrá de comprobante de haber pasado su revisión anual en taller indicado para ello por el fabricante y tal comprobante se presentará obligatoriamente al jefe de obra, pudiendo ser requerido por el coordinador de seguridad y salud en cualquier momento.



Figura 45.3 Bomba autopropulsada de hormigón

45.4.4 Acopio y almacenamiento

Acopios de tierras y áridos

Los acopios de tierras y áridos deben efectuarse siguiendo las siguientes normas:

- Si el acopio rebasa los 2 m de altura, será necesario el vallado o delimitación de toda la zona de acopio.
- Los acopios han de hacerse únicamente para aquellos tajos en los que sean necesarios.
- Los montones nunca se ubicarán invadiendo caminos o viales, pero en caso de ser esto inevitable, serán correctamente señalizados.
- No se deben acopiar tierras o áridos junto a excavaciones o desniveles que puedan dar lugar a deslizamientos y/o vertidos del propio material acopiado.

Acopio de tuberías, marcos, etc.

En los acopios de tubos, marcos, elementos prefabricados y ferralla se observarán las siguientes normas de seguridad:

- El acopio de tuberías se realizará de forma que quede asegurada su estabilidad, empleando para ello calzos preparados al efecto. El transporte de tuberías se realizará empleando útiles adecuados que impidan el deslizamiento y caída de los elementos transportados. Estos útiles se revisarán periódicamente, con el fin de garantizar su perfecto estado de empleo.
- La ferralla se acopiará junto al tajo correspondiente, evitando que haga contacto con suelo húmedo para paliar su posible oxidación y consiguiente disminución de resistencia.

45.5 Prescripciones a cumplir

Se especificarán algunos datos que habrá que cumplir en esta obra, además de lo indicado en las Normas Oficiales:

- **Vallas de delimitación y protección en pisos:** Tendrán como mínimo 90 cm. de altura estando contruidos a base de tubos metálicos y con patas que mantengan su estabilidad.
- **Rampas de acceso a la zona excavada:** La rampa de acceso se hará con caída lateral junto al muro de pantalla. Los camiones circularán lo más cerca posible de éste.
- **Barandillas:** Las barandillas rodearán el perímetro de cada planta desencofrada, debiendo estar condenado el acceso a las otras plantas por el interior de las escaleras.
- **Redes perimetrales:** La protección del riesgo de caída a distinto nivel se hará mediante la utilización de pescantes tipo horca, colocadas de 4,50 a 5,00 m., excepto en casos especiales que por el replanteo así lo requieran. El extremo inferior de la red se anclará a horquillas de hierro embebidas en el forjado. Las redes serán de nylon con una modulación apropiada. La cuerda de seguridad será de poliamida y los módulos de la red estarán atados entre sí por una cuerda de

poliamida. Se protegerá el desencofrado mediante redes de la misma calidad, ancladas al perímetro de los forjados.

- **Redes verticales:** Se emplearán en trabajos de fachadas relacionados con balcones y galerías. Se sujetarán a un armazón apuntalado del forjado, con embolsado en la planta inmediata inferior a aquella donde se trabaja.
- **Mallazos:** Los huecos verticales inferiores se protegerán con mallazo previsto en el forjado de pisos y se cortarán una vez se necesite el hueco. Resistencia según dimensión del hueco.
- **Cables de sujeción de cinturón de seguridad:** Los cables y sujeciones previstos tendrán suficiente resistencia para soportar los esfuerzos a que puedan ser sometidos de acuerdo con su función protectora.
- **Marquesina de protección para la entrada y salida del personal:** Consistirá en armazón, techumbre de tablón y se colocará en los espacios designados para la entrada del edificio. Para mayor garantía preventiva se vallará la planta baja a excepción de los módulos designados.
- **Plataformas voladas en pisos:** Tendrán la suficiente resistencia para la carga que deban soportar, estarán convenientemente ancladas, dotadas de barandillas y rodapié en todo su perímetro exterior y no se situarán en la misma vertical en ninguna de las plantas.
- **Extintores:** Serán de polvo polivalente, revisándose periódicamente.
- **Plataforma de entrada-salida de materiales:** Fabricada toda ella de acero, estará dimensionada tanto en cuanto a soporte de cargas con dimensiones previstas. Dispondrá de barandillas laterales y estará apuntalada por 3 puntales en cada lado con tablón de reparto.

46 Conclusiones

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud en la instalación de una minicentral hidroeléctrica en Córdoba, concretamente en el polígono industrial de Amargacena, precisa las normas genéricas de seguridad y salud aplicables a la obra citada.

Identifica, a su vez, los riesgos inherentes a la ejecución de las mismas y contempla previsiones básicas e informaciones útiles para efectuar, en condiciones de seguridad y salud, la citada obra.

Igualmente, las directrices anteriores deberán ser complementadas por aspectos tales como la propia experiencia del operario/montador.

Las instrucciones y recomendaciones que el responsable de la obra pueda dictar con el buen uso de la lógica, la razón y sobre todo de su experiencia, con el fin de evitar situaciones de riesgo o peligro para la salud de las personas que llevan a cabo la ejecución de la obra complementarán al estudio expuesto anteriormente.

Las propias instrucciones de manipulación o montaje que los fabricantes de herramientas, componentes y equipos puedan facilitar para el correcto funcionamiento de las mismas, serán también válidas para prevenir los riesgos derivados de su uso.



ESTUDIO DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Estudio de Impacto Ambiental

47 Introducción

La presente Documentación Ambiental se redacta en cumplimiento a lo previsto en la Ley 21/2013 de 9 de Diciembre de evaluación de impacto ambiental (Esta ley unifica el Real Decreto 1/2008 de 11 de Enero y la Ley 9/2006 de 28 de Abril), recogiendo en la misma las características más significativas del Proyecto de rehabilitación del Salto de Casillas (T. M. Córdoba), así como sus efectos ambientales previsibles.

La actuación proyectada recoge las propuestas de intervención encaminadas a:

- La revitalización y recalificación del espacio objeto de la actuación.
- Mantenimiento, preservación y mejora de los valores ambientales de la zona.

48 Metodología

La línea metodológica empleada para llevar a cabo el estudio de impacto ambiental que se propone presenta las siguientes fases:

- Recogida de información:

A su vez consta de dos partes bien diferenciadas. Por un lado, la recogida de información relativa al proyecto considerado, analizando sus objetivos y la identificación de las acciones que puedan impactar negativamente al medio. Por otro lado, la definición del ámbito a estudiar, la descripción e inventario de los aspectos implicados en la consideración del medio natural, así como del estudio de la capacidad de la acogida del mismo ante la actuación.

- Identificación y predicción de impactos:

En esta fase del estudio, se identifican individualmente los impactos susceptibles de producirse en cada uno de los aspectos ambientales analizados, clasificándolos según diferentes puntos de vista.

- Valoración:

Una vez identificados los impactos derivados de la actuación proyectada, se ha llevado a cabo una valoración mediante la aplicación de métodos matriciales sencillos cuya lectura directa facilita notablemente el examen final de la evaluación.

- Medidas correctoras y protectoras:

Dependiendo del grado de magnitud de los impactos generados por la implantación del proyecto, se recomiendan una serie de medidas correctoras cuya finalidad es aminorar las consecuencias negativas del proyecto.

49 Emplazamiento

El Salto de Casillas se encuentra en el término municipal de Córdoba. Se trata de una antigua fábrica de luz situada en el curso del Guadalquivir, unos metros antes del primer meandro aguas abajo de la ciudad de Córdoba. El Salto está formado por un azud ligeramente desviado respecto al flujo del cauce, de modo que canaliza las aguas del Guadalquivir hacia la margen derecha, donde se ubican los dos edificios anexos que constituyen la sala de turbinas. Junto a este margen se encuentra también una serie de compuertas alineadas que funcionan de aliviadero en momentos de crecidas.

El azud ha sido recientemente rehabilitado. En esta rehabilitación se ha incorporado una escala de peces junto a los edificios de turbinas.

50 Descripción del proyecto

En este apartado se definirá y se explicará de forma sencilla, por y para que se realiza este proyecto como central hidroeléctrica. En cierto modo, todo esto ya está explicado en la memoria, pero si es cierto que es importante hacer hincapié en ello a la hora de realizar el informe de impacto ambiental, para poder ver desde todos los puntos posibles los problemas que dicha central puede ocasionar.

También se contemplará en este apartado todo lo referente a la obra pública, ya que con ella puede existir de alguna manera contaminación.

50.1 Objetivos y justificación del proyecto

50.1.1 Objetivos de nuestro proyecto

Los objetivos de la central van a ser estudiados desde dos puntos de vista distintos. El primer punto de vista a partir del cual realizaremos el informe será el económico, pasando posteriormente a estudiar los aspectos sociales en los que la central podrá suponer un problema.

Punto de vista económico:

La central hidroeléctrica es importante a nivel económico porque reduce pérdidas o más bien las contrarresta debido fundamentalmente al hecho de que la energía en Córdoba se obtiene de centrales que no pertenecen a dicho municipio. Lo que supone un mayor gasto al tener que pagar por ella a otras zonas de la Península o inclusive de fuera de España, por esta razón también es beneficiosa no únicamente en el municipio sino en todo el territorio español.

Además, la energía obtenida en la central es renovable y como queda reflejado en el punto 2 de la memoria, ayuda a incrementar el mix energético de la zona.

Punto de vista social:

La central será beneficiosa a nivel social por dos razones principalmente, la primera es la más sencilla de visualizar, ya que se rehabilitará un edificio que se encuentra en inminente ruina, acondicionándose y limpiándose dicha zona, dejándola en mejores condiciones que las actuales.

La segunda, aunque más difícil de ver, se notará de la misma o mayor forma que la anterior, ya que al instalar una potencia cercana a la ciudad que puede dar servicio a gran parte del alumbrado público a coste nulo, o al referente al mantenimiento de la central una vez llevada a cabo. Representará una mejora tanto a nivel económico como sobretodo social.

50.1.2 Justificación del proyecto

Con lo mencionado anteriormente queda justificado el estudio acerca de la rehabilitación del molino de Casillas, pues supone una mejora tanto social como económica en el municipio de Córdoba.

50.2 Componentes del proyecto a tener en consideración

El aprovechamiento hidroeléctrico denominado Salto de Casillas estuvo en funcionamiento desde finales del siglo XIX hasta 1963, año en que se abandonó. Hasta entonces el azud alimentador derivaba los caudales del Guadalquivir hacia la minicentral de Casillas, erigida en el cauce y apoyada en la orilla de margen derecha. Recientemente se ha realizado la remodelación del azud, dotándole de unos labios escalonados por los que circula el caudal ordinario, además de una escala de peces. Sin embargo, los edificios no han sido rehabilitados, presentando en la actualidad un avanzado estado de deterioro.

A pesar de los esfuerzos por parte de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir de impedir el acceso al interior de los inmuebles, han sido ocupados continuamente de manera ilegal, acelerando el proceso de degradación propio de su abandono.

Esta situación es la que motiva la realización de los trabajos de rehabilitación de los edificios del Salto de Casillas. Asimismo, se entiende que la existencia de un azud restaurado y en perfecto estado funcional es una oportunidad para retomar el aprovechamiento hidroeléctrico que se efectuaba hasta hace medio siglo.

51 Valoración Ambiental

51.1 Descripción del estado actual del sistema

El estado actual de los edificios y del entorno del Salto de Casillas, como ya se ha indicado, es de una cierta degradación. Los edificios, cuyas ventanas y puertas han sido tabicadas, presentan sin embargo, muestras evidentes de haber sido ocupados recientemente. Se han abierto agujeros en los tabiques antes citados y existen restos de origen antrópico en su interior.

Además, el estado estructural general no es bueno, encontrando algunas grietas en los muros y agujeros en el forjado del piso superior. En definitiva, la situación de semiabandono en la que se encuentra, supone sin duda un riesgo por falta de salubridad: proliferación de plagas, ocupaciones marginales, etc.

De no ponerle remedio, en pocos años el edificio se encontrará en unas condiciones precarias muy grandes, incluso es posible que sea preciso su derribo, pues la situación actual tenderá a peor en un futuro no demasiado lejano.

51.2 Factores a tener en cuenta

Ya se ha comentado el estado actual del molino y su deterioro. Sin embargo, el mismo pertenece al patrimonio histórico de la ciudad de Córdoba, lo que dificultaría la obra de rehabilitación y toda obra realizada en las inmediaciones de dicha construcción, pues podría ponerse en peligro toda la estructura.

Por otro lado, hay que destacar que el precario estado actual del molino implica que se debe realizar cierta acción sobre el mismo, es posible que parte de su estructura pudiese ser alterada durante dicha obra, pero siempre será preferible al estado que ahora tiene. Aun no pudiendo derribar el edificio, se tendría que tener en cuenta esta posibilidad y levantar un molino cuya estructura fuera similar al del actual molino, incluso incluyendo en el mismo una sala que recordara como era el mismo, así como otros aspectos históricos de la ciudad.

52 Medio ambiente

Los impactos que pueden aparecer en una central hidroeléctrica son fundamentalmente de dos tipos:

52.1 Factores físicos

Son aquellos que afectan al medio físico que rodea a la central, pudiendo afectar a la atmósfera, el suelo, el clima o a la hidrología tanto subterránea como superficial o que producen ruidos que anteriormente no existían entre otros.

52.1.1 Climatología

Córdoba, municipio situado en la provincia de Andalucía, como se explicó con anterioridad consta de un clima mediterráneo continentalizado, con influencias atlánticas, condicionado principalmente por su proximidad al mar. Cuyas temperaturas no sufren una gran oscilación a lo largo del año, localizándose las precipitaciones más usuales en los meses de invierno.

Este no es un parámetro que se vea afectado de forma apreciable por la rehabilitación de una central hidroeléctrica. Sin embargo, conocer a grandes rasgos el clima del entorno es interesante puesto que ayuda a comprender los procesos naturales que intervienen en el entorno.

52.1.2 Edafología (Suelos)

Esta zona destaca por contener materiales paleozoicos, pero en ella también hay presente un importante paquete de materiales del carbonífero con gran cantidad de lignito. Existen también algunos batolitos de materiales graníticos que han sido parcialmente erosionados a lo largo del tiempo.

Los suelos dominantes en el entorno de la zona de actuación son suelos brutos de aporte aluvial, muy alterados por la acumulación y vertido de estériles. En la vega, dominan fluvisoles de gran calidad agrológica.

Para la realización del estudio edafológico, se considera la zona como una única área homogénea. Se deben tener en cuenta tanto la profundidad del suelo, el cual cuenta con una profundidad de clase IV, es decir, más de 75 cm debido al encontrarse en una zona húmeda cercana a un río, como la pedregosidad estando formada prácticamente por cantos rodados, de un tamaño medio.

52.1.3 Hidrología

De los componentes que forman el medio físico, posiblemente el más afectado por la rehabilitación de la central, sea el agua. Sin embargo, la calidad del agua no es un factor que pueda verse afectado en las condiciones habituales de explotación del complejo hidroeléctrico, salvo que se dé alguna de las siguientes circunstancias:

- Presencia de algún tipo de vertido entre la toma de agua de la tubería de presión y el punto de descarga del caudal turbinado. En nuestro caso, debemos considerar el poder impactante de los aceites y grasas utilizados en la maquinaria de la central.
- Vertidos temporales con grandes concentraciones de sólidos en suspensión ocasionados por labores de limpieza en la presa.

Los impactos que el agua puede sufrir por parte de este tipo de instalaciones, pueden ser los siguientes tipos:

- Impacto sobre el régimen de las aguas fluyentes, pero en nuestro caso, al llevar construidas las esclusas más de 250 años no se verá afectado el caudal fluyente por el cauce.
- Impacto sobre la calidad físico-química de las aguas. Se deberán hacer análisis químicos del agua.

Caudal ecológico:

El caudal ecológico o de reserva medioambiental es el fijado normalmente para saltos hidrológicos con el fin de que no quede sin agua ciertos tramos de cauce natural de los ríos.

Parte de ese caudal ecológico será vertido por la escala de peces y la experiencia ha demostrado que para que un buen funcionamiento de ésta, el caudal circulante sea de unos 250 L/s y en función de este se dimensiona la escala.

En este caso, dada la abundancia de caudal disponible en el río Guadalquivir, el caudal ecológico lo pueden imponer los técnicos de la Administración, sin embargo este nunca será inferior a $6 \text{ m}^3/\text{s}$, como se apreció en la parte de cálculos en la cual queda reflejada en la gráfica de caudales clasificados.

52.1.4 Procesos Físicos

En la zona, es normal la aparición de crecidas, que suelen provocar problemas de desbordamientos e inundaciones a las zonas colindantes del río, produciéndose grandes pérdidas a nivel económico.

52.2 Factores Biológicos

52.2.1 Fauna

Área utilizada ocasionalmente por algunas aves acuáticas procedentes, en su mayor parte, de los cercanos Sotos de La Albolafia. La ausencia de arbolado en las márgenes impide la presencia de elementos característicos de estos medio. Se trata, en general, de una zona de escaso interés para vertebrados terrestres.

En el tramo urbano del río Guadalquivir han sido citadas las siguientes especies de peces: Anguilla Anguilla, Esox lucius, Barbus sclateri, Chondrostoma willkommii, Cyprinus carpio, Squalis alburnoides, Gambusia holbrooki, Lepomis gibbosus y Micropterus salmoides.

52.2.2 Vegetación y flora

La reciente canalización del río Guadalquivir ha eliminado en su totalidad los pequeños restos de vegetación riparia existentes en este tramo antes de la ejecución de las citadas obras. En la actualidad, las márgenes de la orilla aluvial están ocupadas por diversas comunidades primocolinizadoras o características de medios alterados; entre otras, Cardizales *Silybum marianun*, Cardizales de *Carduus* spp., Herbazales de *Cardaria draba*, Herbazales de *Hordeum murinum* subsp. *leporinum*. En el entorno de la zona de actuación existen pies dispersos de algunos elementos riparios, de talla arbustiva y subarbustiva, principalmente *Populus alba*, *Salix alba*, *Tamarix gallica* y *Tamarix africana*.

53 Posibles afecciones al medio ambiente

53.1 Por la existencia del proyecto

El efecto ambiental derivado de la existencia del proyecto se estima como:

- Rehabilitación de las fábricas de luz:
 - Efecto mínimo, porque no se manifiesta como una modificación del medio ambiente, de los recursos naturales, o de sus procesos fundamentales de funcionamiento, que produzca o pueda producir en el futuro repercusiones apreciables en los mismos.
 - Efecto temporal, porque supone una alteración no permanente en el tiempo, con un plazo temporal de manifestación que puede estimarse o desestimarse. Así es, los efectos más importantes vienen derivados
 - Efecto recuperable, porque la alteración que supone puede eliminarse, bien por acción natural, bien por acción humana, y asimismo, la alteración que supone puede ser reemplazable. Así, una vez concluidas las obras desaparecerán los mayores impactos derivados del proyecto.
 - Efecto discontinuo, ya que se manifiesta a través de alteraciones irregulares o intermitentes en su permanencia. En efecto, la principal alteración en fase de explotación es la afluencia de turistas al museo en vehículo privado. Se entiende que su presencia sufrirá oscilaciones en función del día de la semana y mes del año, por tanto, se presentará de manera discontinua.

- Minicentral:
 - Efecto mínimo, porque no se manifiesta como una modificación del medio ambiente, de los recursos naturales, o de sus procesos fundamentales de funcionamiento, que produzca o pueda producir en el futuro repercusiones apreciables en los mismos. Esto es así porque las mayores modificaciones de las condiciones dinámicas del río vienen de mano del azud, obra que ya existe.
 - Efecto permanente, porque supone una alteración indefinida en el tiempo.
 - Efecto irreversible, ya que supone la imposibilidad o la dificultad extrema de retornar a la situación anterior a la acción que lo produce.
 - Efecto continuo, ya que se manifiesta con una alteración constante en el tiempo, en este caso no acumulada.

53.2 Por la utilización de recursos naturales

Los recursos naturales que utilizará el proyecto se limitan básicamente a un caudal de agua circulante que se turbinará en la minicentral. Sin embargo, esa agua se retornará a su cauce natural tras su turbinado. No se estima la utilización de otros recursos naturales a destacar.

53.3 Por emisión de contaminantes

El riesgo de emisión de contaminantes se limita a la fase de construcción y en todo caso sería debido a un accidente de vertido de aceite o de aguas turbias procedentes de la obra. En este sentido, deberán tomarse las medidas oportunas para evitar dichas fugas. Así, no se estima probable la emisión de contaminantes ni en fase de explotación ni en fase de construcción.

53.4 Por incidencia social

La minicentral que se plantea viene a sustituir a las antiguas instalaciones eléctricas que estuvieron en uso hasta los años 60 y cuyo azud se ha reconstruido recientemente sin que esto haya suscitado ninguna respuesta social en contra. Por todo ello, no se cree que la instalación de la minicentral en este ámbito industrial de las riberas de Córdoba vaya a tener ninguna repercusión social negativa.

Por su parte, la creación de un espacio museístico en las antiguas fábricas de luz será sin duda un proyecto bien recibido por la sociedad local, puesto que el estado actual de las construcciones es de avanzado deterioro.

54 Medidas Correctoras

54.1 Descripción de Medidas Correctoras adoptadas

Las medidas correctoras que se estiman necesarias en el Proyecto de rehabilitación del Salto de Casillas se dirigen a integrar la obra en el medio en el que se ubica, minimizando o eliminando posibles impactos. Dichas medidas se detallan a continuación:

- En la medida en que fuese viable (si las condiciones de seguridad y maniobrabilidad de maquinaria lo permiten), la ataguía que dejará en seco las obras deberá anexarse a la escala de peces existente en el azud, de modo que se permita que las especies piscícolas presentes en el tramo remonten el río.
- El talud de escolleras realizado inmediatamente aguas abajo de las compuertas de las fábricas de luz es sin duda un elemento de degradación ambiental y paisajística del entorno de la futura central. Además, como se plantea una pasarela de entrada al edificio precisamente desde la coronación de dicho talud, este queda muy expuesto a las vistas de los visitantes. Por ello, se recomienda como medida correctora la plantación de especies de ribera de porte arbustivo o arborescente al pie del talud.
- Las aguas negras que se puedan producir en la futura instalación serán conducidas a colector; si ello no fuera posible serán almacenadas en una fosa séptica que incorpore un tanque de decantación y los efluentes líquidos serán utilizados para el riego o incorporados al cauce, si así lo considera el órgano ambiental competente.
- La nueva minicentral exportará la energía producida mediante conducción subterránea siempre que los condicionantes físicos y de seguridad lo permitan. Esta medida evita la incorporación de nuevos elementos impactantes en el paisaje y la minimización de riesgos por colisión y electrocución de aves.
- Se instalarán unas mallas metálicas de trenzado suficiente para impedir el paso de peces a las salas de turbinado, eliminando el riesgo de mortandad que ello supone.

54.2 Valoración de las medidas correctoras y presupuesto

Las medidas correctoras planteadas en este documento son susceptibles de ser modificadas, aunque no esencialmente, para adecuarse a las particularidades del proyecto, una vez esté más definido. Por otra parte, podrían incorporarse nuevas medidas correctoras conforme el proyecto vaya avanzando.

A continuación se realiza una valoración económica aproximada de las medidas planteadas:

- Ataguía para dejar en seco la zona de las obras de restauración. En realidad, la medida correctora indica tan sólo la situación que debería adoptar esta ataguía para dejar operativa la escala de peces durante las obras, por tanto, no supone un coste adicional al que contemplará el propio proyecto para la construcción de la ataguía. Así, el coste de esta medida es nulo.
- Revegetación del pie de la escollera. La superficie estimada de revegetación es 800 m² y el coste por m² estimado para la plantación de especies riparias de bajo porte, preparación del terreno, etc. es de 3 €/m². Por tanto, el coste de esta medida correctora es de 2.400 € aproximadamente.
- La conducción de aguas negras no puede ser calculada con rigor sin conocer previamente la ubicación del colector de aguas residuales más próximo. No obstante, puede calcularse la situación pésima de conectar dichos efluentes con el sistema de aguas residuales de la cercana urbanización de Casillas. Así, suponiendo una conducción de 1,5 km y la necesidad de hacer 1 acometida, al menos dos pozos de registro y la conducción enterrada de un tubo de pvc de sección inferior a 200 mm, tendríamos un presupuesto estimado de 55.000 €.
- El soterramiento de la línea de evacuación de energía se estima en un coste global de unos 150 €/m. Así, si ésta se realiza hasta el cercano centro de transformación, situado en las inmediaciones del polígono industrial, a algo menos de un kilómetro de la futura minicentral, el coste final ascendería a 150.000 €.
- La instalación de mallas se calcula en 2.000 € aproximadamente.

55 Programa de vigilancia ambiental

Se elaborará un Programa de Vigilancia Ambiental (en lo sucesivo PVA), que tiene como objetivo establecer un sistema que garantice el cumplimiento de una serie de medidas preventivas y correctoras. Para ello se define el modo de seguimiento de las actuaciones y se describe el tipo de informes, la frecuencia y el periodo de emisión.

Se pretende conseguir, en la medida de lo posible, evitar o corregir todo aquel inconveniente que pueda surgir tanto en aspectos ambientales como en la aplicación de las medidas correctoras. Además, el PVA tiene otras funciones:

- Permitir el control de la dimensión de ciertos impactos cuya predicción resulta difícil de realizar durante la fase de proyecto, introduciendo nuevas medidas correctoras en el caso en el que las existentes no fuesen suficientes.

- Permitir la detección de impactos que, en un principio, no se hayan previsto, pudiendo implantar a tiempo las medidas correctoras que permitan atenuarlos.



ANEJO FOTOGRAFICO

Anejo Fotográfico



Figura 0.1 Fotografía aérea de la central



Figura 0.2 Fotografía frontal del molino



Figura 0.3 Fotografía Lateral del molino



Figura 0.4 Fotografía desde el otro lateral del molino



Figura 0.5 Fotografía del molino desde camino de acceso



Figura 0.6 Fotografía entrada al molino desde camino



Figura 0.7 Aliviaderos del molino



Figura 0.8 Aliviaderos y desagüe del molino



Figura 0.9 Cámara de carga



Figura 0.10 Fachada lateral del molino



Figura 0.11 Desagüe desde parte superior



Figura 0.12 Fachada de acceso cerrada



Figura 0.13 Deterioro de fachada exterior lateral



Figura 0.14 Desagüe y aliviaderos desde el lateral opuesto



Figura 0.15 Otro lateral del molino



Figura 0.17 Deterioro de fachada posterior

Figura 0.16 Escaleras posteriores y entrada al piso superior del molino



Figura 0.18 Pequeña estancia del segundo piso



Figura 0.19 Parte lateral interior del molino



Figura 0.20 Lateral interior del molino desde otro ángulo



Figura 0.21 Interior del tercer piso



Figura 0.22 Tercer piso la otra ala del molino



Figura 0.23 Escaleras parte superior del molino



Figura 0.24 Agujero en tercer piso del molino



Figura 0.25 Aliviaderos y desagüe vistos desde tercer piso



Figura 0.26 Escultura dedicada a Abbás Ibn Firnás cercana al molino



Figura 0.27 Azud y molino desde puente Abbás Ibn Firnás

Lista de referencias

- [1] Los Molinos Hidráulicos del Guadalquivir en la ciudad de Córdoba. Estudio histórico y arquitectónico. Varios Autores.
- [2] Proyecto sobre la viabilidad del traspaso de antiguos aprovechamientos hidráulicos a minicentrales hidroeléctricas. Juan Rafael Cabello García y José Ignacio Fernández Castilla.
- [3] Artículos históricos sobre la antigua central hidroeléctrica de Casillas. Varios Autores.
- [4] www.cedex.es (Para estación de aforo CEDEX 5070)
- [5] Programa RETScreen International del Natural Resources Canadá.
- [6] Páginas de proyectos y artículos como:
- <file:///C:/Users/Miguel/Downloads/Gema%20Fernandez%20Saiz.%20Sept.2012%20Memoria+Anejos.pdf>
 - <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0226-01/capitulo3.html>
 - http://www.ingenieria.unam.mx/~deptohidraulica/publicaciones/pdf_publicaciones/SELECYDIMENSIONAMIENTOdeTURBINAS.pdf
 - http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/maquinashidraulicas/sel_turbinas/fondos/criterios.htm
- [7] Wikipedia (para buscar información sobre la ciudad de Córdoba y sobre el Guadalquivir)
- [8] Temario de los cursos 3º y 4º de ingeniería de la energía:
- Subestaciones Eléctricas (Temas 6, 7 y 8).
 - Oficina Técnica y proyectos (Repaso de algunos temas).
 - Seguridad y salud.
 - Centrales Hidroeléctricas.
- [9] Otros proyectos recogidos de <https://buleria.unileon.es/>
- [10] Páginas para consultar precios de turbinas y generadores, así como otros elementos hidráulicos:
- <http://spanish.alibaba.com/Favorite/turbinas-francis-precios.html>
 - <http://www.ossberger.de/cms/es/hydro/calculo-de-precios-turbina-hidraulica/>
 - <http://www.savoipower.com/mhidro.html>
- [11] Páginas para precios de materiales de construcción:
- <http://www.bricodepot.es/productos/patio/materiales-de-construccion>
 - <http://www.leroymerlin.es/productos/construccion.html>
 - <http://www.materialesdeconstruccionmadrid.com/>