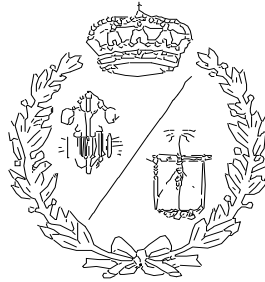


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE RASINES
(Hydroelectric power plant of Rasines)

Para acceder al Título de

**GRADUADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

Autor: Javier Fernández Fernández

Septiembre - 2016

TÍTULO	Central hidroeléctrica de Rasines		
AUTOR	Javier Fernández Fernández		
DIRECTOR / PONENTE	José Ramón Aranda Sierra		
TITULACIÓN	Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	FECHA	28/09/2016

PLABRAS CLAVE

Minihidroeléctrica

Renovables

Turbina

Generador

Kaplan

Síncrono

Estudio hidrológico

Caudal

Salto

Cortina de burbujas

Azud

Canal

Planta

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años, en España, se han registrado valores de consumo de energía por unidad de producto interior bruto superiores a la media europea, además, la elevada dependencia energética del exterior y las elevadas emisiones de gases efecto invernadero han tomado un carácter de importancia y suponen un reto que se debe afrontar.

Por otra parte, el entorno energético español ha conducido sus esfuerzos en favor del desarrollo de infraestructuras energéticas, y de incentivar el ahorro y la eficiencia energética.

Las energías renovables en nuestro país son un recurso eficaz y viable, con las que es posible conseguir beneficios gracias a la abundancia de este tipo de fuentes de energía.

El proyecto que se presenta se hace con la intención de aprovechar este tipo de fuentes, en este caso, fuente hidráulica, tomando parte del caudal del río Asón en su paso por la localidad de Rasines para turbinar dicho caudal y producir energía eléctrica limpia y sostenible.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Con esta idea se pretende diseñar, construir y poner en marcha una central de pequeña potencia, inferior a 10 MW, con la que generar energía de una forma viable económicamente y con el mínimo impacto para el medio ambiente.

En el proyecto se estudiarán las distintas opciones que se han tenido en cuenta a la hora de escoger la solución final, la más viable tanto económica como ambientalmente. Además se ha valorado el recurso hídrico haciendo un estudio temporal del comportamiento de éste.

Se han analizado las opciones del grupo turbo-generator, se han diseñado los planos con el fin de clarificar y plasmar la idea de la central y por último se han analizado los datos económicos, es decir, el presupuesto que conllevaría este proyecto.

CONCLUSIONES / PRESUPUESTO

Como conclusión, se puede confirmar que la centra es viable y se puede rentabilizar su inversión en unos 7 años, tras los cuales proporcionará unos ingresos anuales brutos del orden de 250.000 €.

También se muestra que el impacto ambiental que deviene del proyecto es mínimo y se ha procurado hacer reflejo de esto en todas las tomas de decisiones que ha habido.

El presupuesto de ejecución material se ha valorado en 1.164.934,76 €, el presupuesto ejecución por contrata en 1.677.389,56 € y el presupuesto para conocimiento de la administración asciende a la cifra de 1.704.671,29 €

BIBLIOGRAFÍA

www.omie.es

www.idae.es

hercules.cedex.es

www.boe.es

http://boc.cantabria.es

www.ign.es

http://cartografia.cantabria.es

http://mapas.cantabria.es/

www.apie.com.ar

www.chcantabrico.es

www.buc.unican.es

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO N°1: MEMORIA

DOCUMENTO N°2: ANEXOS

DOCUMENTO N°3: PLANOS

DOCUMENTO N°4: PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO N°5: MEDICIONES

DOCUMENTO N°6: PRESUPUESTO

DOCUMENTO N°1:
MEMORIA

DOCUMENTO N°1: MEMORIA

1.	OBJETO DEL PROYECTO	3
2.	ALCANCE DEL PROYECTO	3
3.	ANTECEDENTES	4
3.1.	INTRODUCCIÓN	4
3.2.	PLAN DE ENERGÍAS RENOVABLES	5
3.3.	ANTECEDENTES RELATIVOS AL PROYECTO.....	6
4.	FUNCIONAMIENTO DE LA CENTRAL.....	7
5.	NORMATIVA Y REFERENCIAS	8
5.1.	NORMATIVA APLICADA	8
5.1.1.	Relativas al proyecto	8
5.1.2.	Relativas a electricidad.....	8
5.1.3.	Otros.....	9
5.2.	SOFTWARE UTILIZADO	9
5.3.	BIBLIOGRAFÍA	9
5.3.1.	Cartografías:.....	9
5.3.2.	Estudios Hidrológicos:	10
5.3.3.	Otras referencias:	10
5.4.	METODOLOGÍA	10
6.	EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO.....	11
7.	INFORMACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA VERTIENTE	13
7.1.	Características generales de la cuenca	13
7.2.	Ríos de la cuenca	14
7.3.	Características de las subcuencas.....	15
8.	REQUISITOS DE DISEÑO	16
9.	ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....	17

10.	RESULTADOS FINALES	17
10.1.	AZUD	17
10.1.1.	Escala de peces	18
10.2.	TOMA DE AGUA	18
10.2.1.	Reja.....	19
10.2.2.	Cortina de burbujas para la repulsión de peces	20
10.3.	CANAL DE DERIVACIÓN.....	20
10.3.1.	Aliviaderos.....	22
10.3.2.	Compuerta de entrada al canal de derivación	22
10.3.3.	Compuerta al final del canal de conducción	23
10.4.	CÁMARA DE CARGA.....	23
10.4.1.	Reja de entrada a la cámara de carga	24
10.4.2.	Aliviadero.....	24
10.5.	CONDUCCIÓN FORZADA	25
10.6.	CANAL DE DESAGÜE.....	25
10.6.1.	Reja del canal de desagüe	25
10.6.2.	Cortina de burbujas del canal.....	25
10.7.	EDIFICIO DE LA CENTRAL	25
10.8.	CIRCUITO ELECTRO-MECÁNICO	26
10.8.1.	TURBINA.....	26
10.8.2.	GENERADOR	27
11.	FUNCIONAMIENTO	27
12.	PRESUPUESTOS	28
13.	ORDEN DE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS.....	28

1. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto es el de aprovechar la energía potencial del agua al fluir por el cauce de un río transformándola en energía eléctrica para su posterior venta. Para ello se pretende diseñar una central hidráulica de pequeña potencia que cumpla con las condiciones de viabilidad técnica y económica.

Por otro lado, esta iniciativa comparte objetivo con un desarrollo energético sostenible y más limpio cumpliendo con el Plan de Energías Renovables en España.

2. ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance del proyecto contempla el diseño y desarrollo de una central de pequeña potencia ubicada en el Término municipal de Rasines (Cantabria).

La potencia a desarrollar por la central será inferior a 10 MW y su finalidad es la de vender el 100% de la energía generada. Esta actividad se desarrollará a orillas del río Asón en su paso por Rasines.

Cabe mencionar que existe una antigua central hidroeléctrica en el mismo emplazamiento que la supuesta en el proyecto, pero está en desuso y en un estado deficiente, por lo que la mayor parte de los elementos considerados son reemplazados por completo, y una parte mínima de éstos, adaptados o modificados para la nueva central.

Durante el estudio y planificación del documento se consideran diversos aspectos como son:

- El análisis del recurso hídrico disponible y el salto del aprovechamiento para determinar el modo de funcionamiento más adecuado, así como el equipamiento de la turbina y su caudal de funcionamiento.
- La evaluación de la producción eléctrica y su rentabilidad económica.
- Dimensionamiento de equipos generadores, elección de los elementos electromecánicos y evaluación de los automatismos necesarios.
- Valoración del impacto ambiental de la central hidráulica así como el estudio del proceso administrativo necesario para la ejecución del proyecto.

- Se dará una solución constructiva aproximada, sin entrar en detalles de cálculo, para dar una imagen más completa del proyecto.

3. ANTECEDENTES

3.1. INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de la energía ha sido siempre esencial para la humanidad que cada vez demanda más recursos energéticos para cubrir sus necesidades de consumo y bienestar. Las energías renovables son una de las piezas clave en la construcción de un sistema de desarrollo sostenible.

Existe una concienciación cada vez mayor sobre los efectos medioambientales que conlleva el actual sistema de desarrollo económico, como el cambio climático, la lluvia ácida o el agujero de la capa de ozono. Las sociedades modernas sustentan su crecimiento en un sistema energético basado principalmente en la obtención de energía a través de combustibles fósiles, pero cada vez se inclinan más hacia la adopción de medidas que protejan nuestro planeta.

Las actuales políticas nacionales y los acuerdos y tratados internacionales incluyen como objetivo prioritario un desarrollo sostenible que no comprometa los recursos naturales de las futuras generaciones.

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

Se define como Central Hidroeléctrica, a aquellas instalaciones que se benefician de la energía potencial del agua para transformarla en energía eléctrica. Dentro del grupo de las centrales hidroeléctricas se pueden diferenciar en pequeñas centrales y grandes centrales. Actualmente, en España el límite está en 10.000 kW de potencia. Es decir, se denominan minicentrales hidroeléctricas a aquellas instalaciones de potencia instalada inferior a 10 MW.

Hoy en día las energías renovables representan un sector importante de la industria y la economía española. Además es el sector que mayor número de nuevas empresas crea al año en España.

3.2. PLAN DE ENERGÍAS RENOVABLES

Atendiendo al mandato establecido en la legislación vigente, el Gobierno de España elaboró un nuevo Plan de Energías Renovables para el periodo 2011-2020 (habiéndose finalizado el periodo del anterior Plan, PER 2005-2010). Este Plan incluye el diseño de nuevos escenarios energéticos y la incorporación de objetivos acordes con la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, la cual establece objetivos mínimos vinculantes para el conjunto de la Unión Europea y para cada uno de los Estados miembros. Concretamente, la Directiva establece como objetivo conseguir una cuota mínima del 20% de energía procedente de fuentes renovables en el consumo final bruto de energía de la Unión Europea, el mismo objetivo establecido para España, y una cuota mínima del 10% de energía procedente de fuentes renovables en el consumo de energía en el sector del transporte en cada Estado miembro para el año 2020.

La Secretaría de Estado de Energía del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, a través del IDAE, elaboró el PER 2011-2020, que incluye los elementos esenciales del PANER (Plan de Acción Nacional de Energías Renovables) así como análisis adicionales no contemplados en el mismo y un detallado análisis sectorial que contiene, entre otros aspectos, las perspectivas de evolución tecnológica y la evolución esperada de costes. IDAE se constituye como Oficina del Plan responsable de su seguimiento.

Tras la elaboración del PANER, la Comisión de Industria, Turismo y Comercio del Congreso de la Diputados, aprobó un documento con el apoyo de la mayoría de los grupos parlamentarios, en el que se recomendaba que la participación de las energías renovables fuera del 20,8% en el año 2020.

Este es el objetivo global que se recoge en el PER 2011-2020, que da respuesta, a su vez, al artículo 78 de la Ley 2/2011, de Economía Sostenible, que fija los mismos objetivos de la Directiva 2009/28/CE como los objetivos

nacionales mínimos de energías renovables en 2020, estableciendo además que el Gobierno aprobará planes de energías renovables que hagan posible el cumplimiento de los objetivos fijados y que permitan la posibilidad efectiva de desarrollo de las energías renovables en todas las Comunidades Autónomas.

La Directiva 2009/28/CE es parte del denominado Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático, que establece las bases para que la UE logre sus objetivos para 2020: un 20% de mejora de la eficiencia energética, una contribución de las energías renovables del 20% y una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del 20%.

Las fuentes de energía renovables a las que se refiere el Plan son: biocarburantes y biolíquidos, biogás, biomasa, energías del mar, eólica, geotermia y otras energías del ambiente, hidroeléctrica, residuos (municipales, industriales y lodos de EDAR) y solar (fotovoltaica, térmica y termoeléctrica).

3.3. ANTECEDENTES RELATIVOS AL PROYECTO

Dada la necesidad de disposición de la energía eléctrica, las sociedades buscan vías para generar cada vez más energía para abastecer a la población. Continuamente se demanda más energía y se busca que ésta sea de calidad. Por otro lado, existe una mayor concienciación para evitar al máximo el impacto ambiental, en el mundo de las energías, aquellas que dañan el medio ambiente y la atmósfera, en otras palabras, se trata de evitar formas de generación de energía que contaminen.

Es por ello que se buscan alternativas. Aquellas formas de generación de energía que sean respetuosas con el medio ambiente y minimicen el impacto que esta actividad pudiera hacer a la naturaleza.

Las energías “limpias” son aquellas que no contaminan (o mínimamente), y utilizan para su funcionamiento un recurso que es natural y, a priori, ilimitado.

El presente proyecto se realiza en favor de esta idea, una forma de generación de energía limpia, que utiliza la fuerza del agua de los ríos como fuente de energía de forma responsable y respetuosa con el medio ambiente.

4. FUNCIONAMIENTO DE LA CENTRAL

La masa de agua que circula por el río posee cierta energía potencial debido a la gravedad. Una central hidroeléctrica de tipo fluyente como la del proyecto, recoge parte de ese caudal y lo conduce hacia el grupo electromecánico.

Para ello, el azud eleva la altura de la lámina de agua, añadiendo energía potencial a la masa de agua. Este caudal es transportador por el canal de derivación hasta la cámara de carga donde se obliga a pasar por la tubería forzada. Ésta eleva la velocidad del fluido añadiendo energía al agua y consiguiendo el caudal necesario para hacer mover los álabes de la turbina.

Con el movimiento de la turbina se hace rotar el alternador que gira solidario a la primera. En este movimiento de rotación se genera la energía eléctrica. Por lo tanto la energía eléctrica que se produzca dependerá del caudal de agua que haga mover la turbina y la energía potencial y cinética que lleve. Lo que se traduce en que un mayor caudal y un mayor salto, darán una mayor generación de energía.

Esto no es del todo cierto dado que con el aumento de salto y de caudal también aumentan las pérdidas, y todo ello debe ser tenido en cuenta.

Cuando el caudal a la entrada de la cámara de carga no sea el mínimo, se cerrarán las compuertas, consiguiendo que se llene lentamente el canal de derivación. Si la situación persiste, cuando el canal de derivación tenga el volumen de agua suficiente, ésta puede hacerse pasar por el grupo mecánico obteniendo una cierta energía eléctrica durante un tiempo determinado.

El caudal máximo que deba pasar por la turbina lo marcará el caudal para el cual fue diseñada, y el caudal mínimo se dictamina en función de su tabla de funcionamiento. En el caso de una turbina Kaplan es del orden del 25% del caudal de diseño.

Una vez obtenida la energía del agua y transformada en energía eléctrica, ésta es devuelta al cauce natural del río por el canal de descarga. En este tipo de centrales toda el agua utilizada para este fin es devuelta por lo que se mantiene el caudal en el río.

5. NORMATIVA Y REFERENCIAS

5.1. NORMATIVA APLICADA

5.1.1. Relativas al proyecto

- Normas UNE. UNE 157001:2002: Criterios generales para la elaboración de proyectos.

5.1.2. Relativas a electricidad

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico de Baja Tensión.
- Real Decreto 3275/1982, de 12 de noviembre, sobre Condiciones Técnicas y Garantías en Centrales Eléctricas y Centros de Transformación.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 1747/2003, de 19 de diciembre, por el que se regulan los sistemas eléctricos insulares y extrapeninsulares.
- Real Decreto 1432/2002, de 27 de diciembre, por el que se establece la metodología para la aprobación o modificación de la tarifa eléctrica media o de referencia.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 916/1985, de 25 de mayo, que establece el procedimiento de tramitación de concesiones y autorizaciones administrativas para la instalación, ampliación o adaptación de aprovechamientos hidroeléctricos con potencia nominal no superior a 5.000 kVA.

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. Real Decreto 249/1988, de marzo, por el que se modifican los artículos 2º, 9º y 14º del Real Decreto 916/1985, de 25 de mayo, que estableció un procedimiento abreviado de tramitación de concesiones y autorizaciones administrativas para la instalación, ampliación o adaptación de aprovechamientos hidroeléctricos con potencia nominal no superior a 5.000 kVA.
- Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico.

5.1.3. Otros

- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.

5.2. SOFTWARE UTILIZADO

Microsoft Excel 2013

Matlab R2009a

Autodesk AutoCAD 2017

Autodesk Civil 3D 2015

5.3. BIBLIOGRAFÍA

5.3.1. Cartografías:

- <http://www.ign.es>
- <https://maps.google.es>
- <http://mapas.cantabria.es>
- <http://cartografia.cantabria.es>
- <http://info.igme.es/visorweb/>

5.3.2. Estudios Hidrológicos:

- <http://ceh-flumen64.cedex.es/>
- www.chcantabrico.es
- <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/planificacion-hidrologica/planes-cuenca/>
- <http://dma.medioambientecantabria.es/>

5.3.3. Otras referencias:

- Apuntes de Centrales de Generación de Energía Eléctrica. Universidad de Cantabria.
- Manuales de energías renovables 6: Minicentrales hidroeléctricas. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE).
- Guía para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica. European Small Hydropower Association (ESHA).
- Guía metodológica de evaluaciones de impacto ambiental en pequeñas centrales hidroeléctrica. IDAE.
- Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Claudio Mataix.
- Manual para la evaluación de la demanda, recursos hídricos, diseño e instalaciones de microcentrales hidroeléctricas. Lima: Soluciones Prácticas, 2010.
- www.boe.es
- <http://boc.cantabria.es>
- <http://www.buc.unican.es>
- <http://www.globalkfp.es/>

5.4. METODOLOGÍA

El estudio de un aprovechamiento eléctrico es una actividad compleja. Trata de conseguir la unión entre viabilidad técnica y económica con el menor impacto ambiental.

Las posibles soluciones vienen condicionadas por aspectos como la topografía y la sensibilidad ambiental de la zona.

Por lo tanto, estos son algunos de los pasos que hay que seguir para proceder a un estudio de factibilidad.

- Identificación del lugar apropiado.
- Evaluación de los recursos hidrológicos para evaluar la producción.
- Evaluación preliminar del coste del aprovechamiento.
- Evaluación del impacto ambiental y medidas correctoras a aplicar para minimizarlo.
- Estudio económico del aprovechamiento.

6. EMPLAZAMIENTO DEL PROYECTO

La central se situará en el margen derecho del río Asón, en el término municipal de Rasines (Cantabria), estando el azud de captación en el lugar denominado “Pozo de los Mártires”.

El núcleo urbano más próximo es el pueblo de Udalla, a 1,5 km en el Término municipal de Rasines.

Las líneas de comunicación son la carretera comarcal CA-685 de Burgos a Santoña y la local de Gibaja a Laredo, con posterior desvío por la anterior. Asimismo, la línea de ferrocarril Santander-Bilbao, con estaciones próximas en Udalla y Gibaja. La cual transcurre paralela al río en ese tramo.

Las líneas eléctricas importantes más próximas son la de Marrón-Ramales, de 12 kV, situada a 1,5 km en Rasines y a 2,5 km en Gibaja, y la de Marrón-Udalla de 12 kV a 1,2 km en Udalla.

La situación de la central dispone de acceso desde la carretera comarcal antes mencionada. También ofrece un desnivel suficiente para garantizar la potencia.

Al edificio de la central se accede por una pista de unos 300 metros de longitud, con una pendiente aproximada del 20%. La localización de la casa de máquinas está situada al margen derecho del río cuyo emplazamiento geográfico exacto será:

43°18'20.2"N, 3°26'55.8"W - (Grados decimales: 43.305622, -3.448827)

CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE RASINES



Figura 6-1: Vista aérea de Rasines y alrededores. <https://maps.google.es>

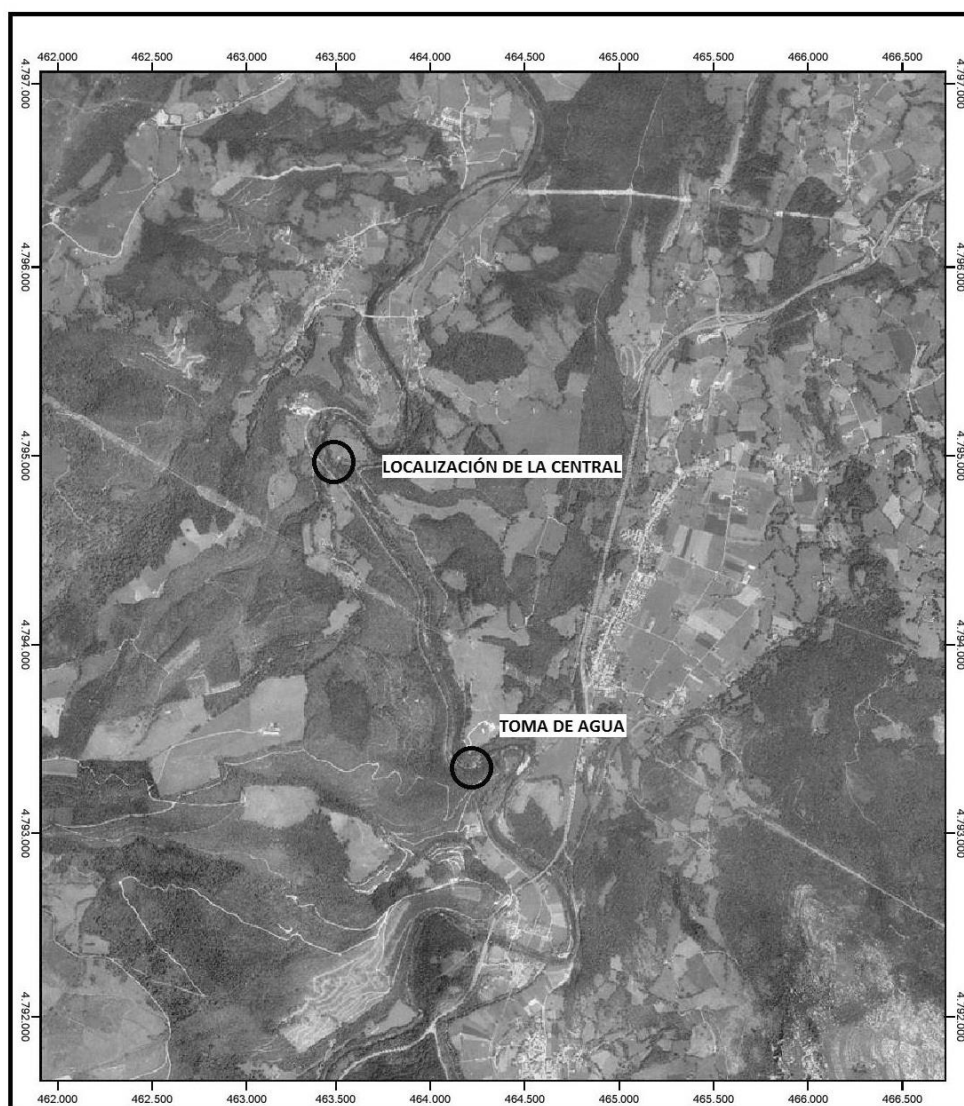


Figura 6-2: Tramo del río Asón donde se ubica la central. <http://sigpac.magrama.es/>

7. INFORMACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA VERTIENTE

7.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CUENCA

La cuenca hidrográfica del río Asón abarca una superficie de 562 km² extendiéndose por el territorio de las comunidades autónomas de Cantabria y del País Vasco, representando la parte correspondiente a Cantabria un 75% de la superficie total de la cuenca (423 km²).

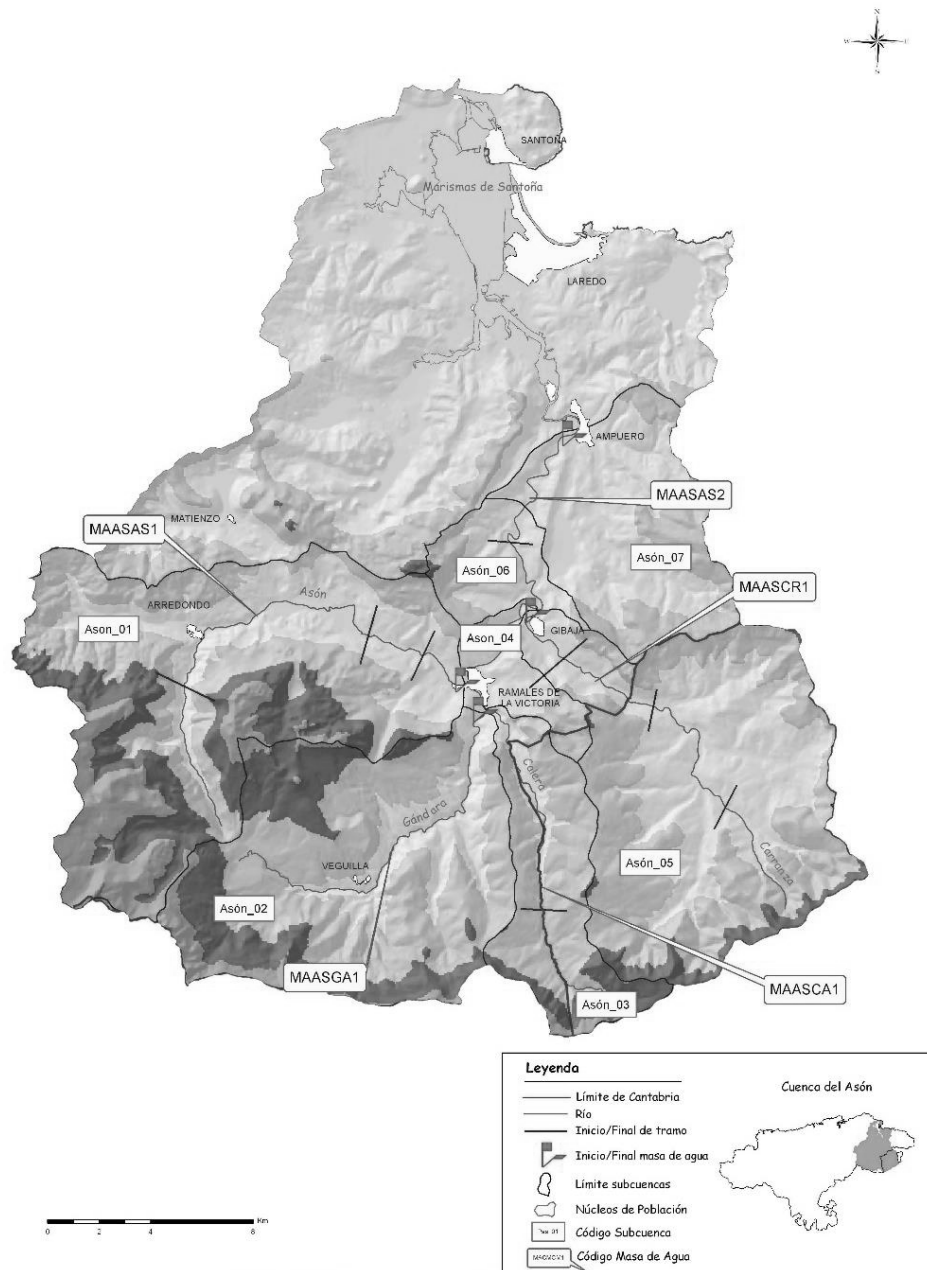


Figura 7-1: Distribución de la cuenca del río Asón. (ANEJO IX. Cuenca del Asón)

- Superficie (km²): 524.5
- Longitud de la red (km): 156.3
- Densidad de drenaje: 0.30
- Longitud del curso principal (km): 50.4
- Altitud media (m): 545.9
- Índice de compacidad: 1.40
- Geología (%):
 - o Calizas y margas: 53.62
 - o Detríticas: 40.15
 - o Aluviones y derribos: 6.23
 - o Ígneas: 0.00
- Precipitación media (mm): 1423.5
- Coeficiente de escorrentía: 0.67
- Régimen de caudales (m³/s)
 - o Caudal medio: 16.02
 - o Caudal máximo: 240.52
 - o Caudal mínimo: 1.11

7.2. RÍOS DE LA CUENCA

Río	Longitud (m)	Superficie subcuenca (km ²)	Pendiente (°)	Orden
<i>Argumedo</i>	1.978	-	0.9	1
<i>Bustablado</i>	7.220	-	3.7	1
<i>Calera</i>	16.178	41.3	5.8	1
<i>Callejo</i>	6.187	-	3.2	1
<i>Carranza</i>	18.673	124.0	2.6	2
<i>Cerrios</i>	3.663	-	11.0	1
<i>Gándara</i>	18.514	121.5	2.8	2
<i>Presa</i>	5.062	-	7.9	1
<i>Rovente</i>	6.221	-	9.8	1
<i>Ruahermosa</i>	10.511	-	3.0	1
<i>Seco</i>	5.520	-	7.8	1
<i>Toberas</i>	6.222	-	6.1	2
<i>Asón</i>	50.364	524.5	0.9	3

Tabla 7-1

7.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS SUBCUENCAS

Variables	Subcuencas						
	As 01	As 02	As 03	As 04	As 05	As 06	As 07
$Q_{Med} (m^3/s)$	5,107	3,139	1,227	9,879	3,836	14,303	16,023
$Q_{90} (m^3/s)$	1,067	0,810	0,294	2,500	0,545	3,577	4,174
$Q_{Esp} (l/s \cdot km^2)$	34,570	25,830	29,690	30,410	31,160	30,620	30,550
$Q_{EstEsp} (l/s \cdot km^2)$	7,220	6,668	7,109	7,695	4,396	7,654	7,957
$Q_{amp} (\%)$	79,114	74,186	76,060	74,694	85,794	74,995	73,952
$A (km^2)$	147,74	121,52	41,32	324,88	123,96	467,30	524,50
$Alt (m)$	670,1	675,4	626,5	298,4	434,8	282,8	279,6
$P (\%)$	37,11	31,84	36,24	26,44	36,83	27,56	25,17
I_c	1,53	1,39	1,65	1,56	1,35	1,36	1,29
$Orden$	3	3	1	4	3	4	4
$T^a (^\circ C)$	10,3	10,4	10,8	12,7	12,4	11,4	12,9
$Precip (mm)$	1596,8	1219,7	1392,2	1323,1	1419,8	1454,8	1454,8
C_{Esc}	0,68	0,67	0,67	0,68	0,69	0,68	0,65
$Aluviones y derrubios (\%)$	6,00	9,60	1,64	7,24	5,16	6,79	6,23
$Margas y calizas (\%)$	80,16	33,68	34,92	58,12	50,99	55,56	53,62
$Detríticas (\%)$	13,84	56,72	63,44	34,64	43,85	37,65	40,15
$Ígneas (\%)$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabla 7-2

La subcuenca que corresponde con el emplazamiento del proyecto es la del tramo ASAS06. Posee un área de cuenca vertiente de **467,30 km²**.

TRAMO ASAS06			
<u>Coordenadas</u>		<u>Características generales</u>	<u>Geología</u>
Punto inicial	Punto final	Longitud (km): 3.6 Pendiente (%):0.56 Distancia al origen (km): 24.6	Detríticas
UTM-X: 30464675 UTM-Y: 4792530 UTM-Z: 60	UTM-X: 30463590 UTM-Y: 4795149 UTM-Z: 40		<u>Usos del suelo</u> Primario: Forestal Secundario: Cultivos

Discurre desde Gibaja hasta Udalla. En los primeros metros es donde tiene lugar la incorporación del río Carranza al Asón. Es un tramo accesible gracias a varios caminos que comunican la carretera (paralela en la mayor parte del recorrido) con el río.

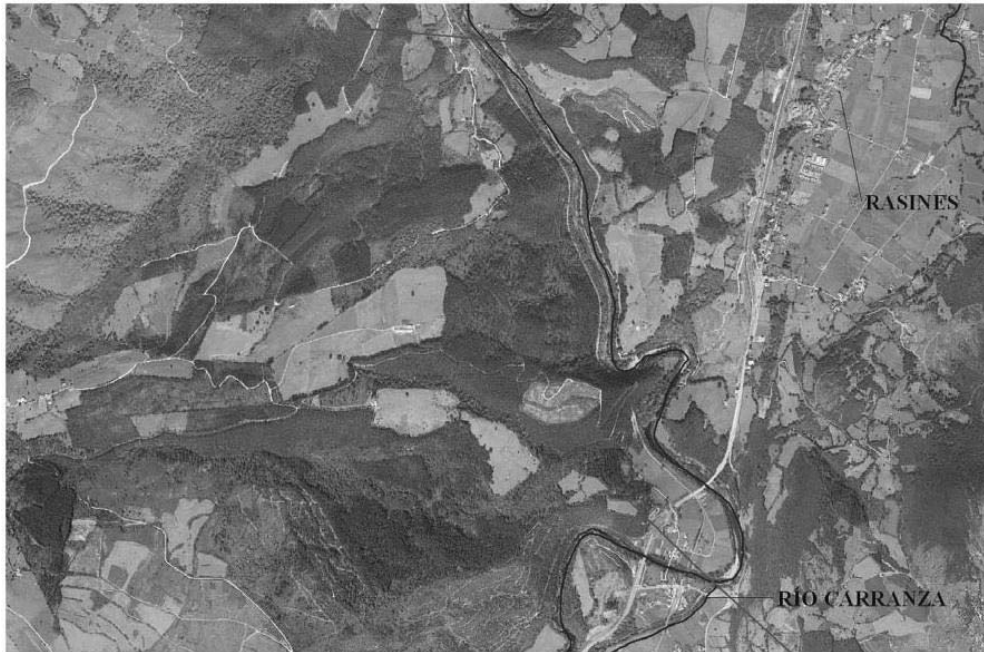


Figura 7-2: Morfología del cauce. ASAS06

8. REQUISITOS DE DISEÑO

La finalidad del proyecto es la de construir una central que sea viable económicamente y que proporcione beneficios a lo largo de su vida de funcionamiento con la venta de la energía generada.

Además se marca como objetivo la minimizar el impacto ambiental, por lo que se escogió un emplazamiento que ya había sido aprovechado para un fin similar. Reduciendo así tanto la alteración del terreno como el impacto visual.

Por último, según los datos recogidos por la Confederación Hidrográfica del Cantábrico el caudal medio anual en el tramo del río considerado es de 21,969 m³/s con un caudal mínimo anual de 12,17 m³/s y un máximo de 38,15 m³/s. Con el correspondiente estudio que aparece en el ANEXO 3: ESTUDIO HIDROLÓGICO y el ANEXO 4: CAUDAL DE EQUIPAMIENTO, y el análisis del ANEXO 5: ESTUDIO VIABILIDAD-PRODUCCIÓN se ha calculado un caudal de diseño de 8 m³/s con el que se asegura un rendimiento de funcionamiento amplio, con unos beneficios suficientes para hacer rentable el proyecto.

9. ANALISIS DE SOLUCIONES

Una vez fijadas las condiciones del proyecto, se realizó un estudio de las tecnologías disponibles en la producción de energía hidroeléctrica siendo elegida la tecnología de central de agua fluyente como la más idónea para llevar a cabo por la localización del proyecto y por ser la que más se ajusta a los objetivos tanto en rentabilidad como en reducción de impacto ambiental.

Por este motivo se proyecta la construcción de una central hidroeléctrica que dispone de un grupo electromecánico compuesto por una turbina Kaplan acoplada a un generador, capaz de generar una potencia de hasta 641,95 kW. La elección de estos equipos se realiza bajo el análisis de las condiciones de viabilidad técnica y económica.

La central está equipada con un azud de 40 metros de largo que atraviesa el río, una toma de agua, un canal de 1.742 metros que va a dar a la cámara de carga, y ésta suministra, a través de la tubería forzada, el agua hasta la turbina, que junto con el generador producen la energía eléctrica que será suministrada a la línea de distribución.

10. RESULTADOS FINALES

INSTALACIONES

Algunos de los elementos involucrados en el presente proyecto ya están diseñados y lo único que he hecho falta ha sido adaptarlos. El resto se han tenido que diseñar y ajustar al caso concreto.

10.1. AZUD

El azud es un elemento que se sitúa transversal a la corriente y que se encarga de la retención de agua mediante un efecto barrera sin producir una elevación notable de nivel. Su función es provocar un remanso en el río para desviar parte del caudal hacia la toma de la central mientras el resto sigue su paso por el aliviadero y se reincorpora a la corriente normal. Otro de sus efectos es el de elevar notablemente el salto del aprovechamiento, ganando energía potencial.

Valoraciones previas

El estado del azud existente, en general, es bueno y no necesita acción alguna. Se ha valorado el hecho de que el actual azud posea dos escalas salmoneras aptas. Además, ejecutar una obra de sustitución sobre el actual azud se consideraría muy costosa y con un fuerte impacto ambiental, cosa que se pretende evitar. Por lo que se decide mantener el que está.

Solución

El azud del proyecto está formado por un cuerpo de presa de sección trapezoidal de unos 40 m. de longitud, con unas bases de 4 y 2 m. construido en hormigón ciclópeo, poseyendo dos escalas salmoneras que además aseguran un caudal mínimo en caso de que éste no sobrepase el azud. Una está situado en el extremo opuesto a la toma y el otro en la zona intermedia del azud.

10.1.1. Escala de peces

Tal y como sucede con el azud, existen dos escalas de peces, hechas de hormigón. Su estado de conservación es bueno y no necesita acción alguna. Uno se encuentra en lado izquierdo del azud, en el lado opuesto a la toma de agua y el otro en la zona intermedia de éste.

10.2. TOMA DE AGUA

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

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

Valoraciones previas

La toma actual se encuentra en un estado aceptable y únicamente habría que reparar algunos desperfectos, sin la necesidad de sustituirlo por completo.

Es necesario sustituir la reja a la entrada de la toma para evitar agentes indeseados en el canal, además de un sistema de repulsión de peces.

Solución

Las obras a realizar para este apartado serían:

- Reparación de la coronación de la estructura mediante hormigón hidrófugo.
- Reparación de la cobertura de la toma con hormigón. Ésta descansa sobre vigas metálicas.
- Instalación de una reja de seguridad.
- Instalación de un sistema de repulsión de peces a base de una cortina de burbujas.

La obra de toma está formada por una estructura de piedra de sillería. Ésta tiene forma trapezoidal teniendo unas medidas aproximadas de 9,5 metros en su parte más larga, la que da al río. 6,2 metros en el lado opuesto. 5 metros en la unión con el canal y 4,4 metros en el lado opuesto a éste. Ver planos.

La entrada forma un ángulo de unos 30° con la dirección de la corriente del río y hay unos 60° entre la entrada de la toma y la unión con el canal de derivación.

10.2.1. Reja

A la entrada del cuerpo de toma es necesario instalar una reja metálica. Ésta tendrá unas medidas de 9 m. de largo por 3 m. de profundidad e irá empotrada en el fondo, formando un ángulo de 80° con la horizontal y apoyada sobre la coronación de la obra de toma. Lleva incorporado un sistema de limpia rejas automático con expulsión por chorro de hojas. Los datos concretos y cálculos de la reja de entrada se encuentran en el ANEXO 6: ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS.

10.2.2. Cortina de burbujas para la repulsión de peces

Con el fin de evitar que se acerquen la fauna piscícola a la obra de toma se instalará un sistema de cortina de burbujas.

Este sistema consiste en una tubería PBT Polyplumb de 22 mm de diámetro externo, dotada de agujeros de 10 mm de diámetro con una separación entre ellos de 10 mm. El tubo estará cerrado por uno de los extremos y conectado a una manguera flexible para la conducción de aire comprimido. El aire comprimido será proporcionado mediante un compresor de aire de 2 CV al que se le alimentará eléctricamente mediante paneles solares fotovoltaicos.

10.3. CANAL DE DERIVACIÓN

En las centrales en derivación el agua tiene que hacer un recorrido largo: primero desde la toma a la cámara de carga, y después hasta la turbina. El primer tramo que recorre el agua se realiza a través de canales, túneles o tuberías. En el segundo tramo hasta la turbina, se utilizan siempre tuberías.

Los canales que transportan el agua de la toma a la cámara de carga pueden realizarse a cielo abierto, enterrados o en conducción a presión. Las conducciones superficiales pueden realizarse excavando el terreno, sobre la propia ladera o mediante estructura de hormigón. Normalmente se construyen sobre la propia ladera, con muy poca pendiente, ya que el agua debe circular a baja velocidad para evitar al máximo las pérdidas de carga. Estas conducciones tienen una pendiente de aproximadamente el 5 por mil. Al realizar estos trazados hay que procurar que el movimiento de tierras sea el mínimo posible, adaptándose al terreno.

Valoraciones previas

En el proyecto consta un canal de conducción a cielo abierto de 1.742 metros de longitud que discurre paralelo al río por su margen derecha. Este canal está dividido en 2 secciones, un primer tramo de 726 metros contruidos mediante excavación en piedra y un segundo tramo de 1.016 metros fabricado sobre un muro de piedra de sillería con grandes estribos de piedra.

El canal posee una sección trapezoidal con bases de 4 y 2,65 metros, con un lado recto y el otro formando un cierto ángulo. Tiene una profundidad de 2,5 metros, resultando una sección de 8,3 metros cuadrados.

Ver detalle del canal en el ANEXO 6: ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS y en el documento N°3 PLANOS.

Solución

Finalmente se optó por mantener el canal que existe actualmente pero realizando una serie de obras.

Su estado general es bueno y únicamente será necesario proceder a la limpieza del mismo, por encontrarse aterrado con piedras y arenas, e incluso vegetación. Asimismo, habrá que reparar grietas y desconchados y la superficie superior de una de las paredes laterales en un tramo de 20 m., además de las bases de algunos de los estribos.

La limpieza del canal, dadas las dimensiones del mismo, será una operación costosa, debido a las dificultades que presenta la utilización de maquinaria en el interior de éste.

Puesto que se aprovecha la forma del actual canal, su sección es de 8,3 m² con capacidad para transportar un caudal de 8 m³/s. Además la pendiente media de éste será del 0,05 %.

Para garantizar las mínimas pérdidas en el canal, se instalará una geomembrana de Polietileno de alta densidad (HDPE) a lo largo de todo el recorrido para garantizar un rozamiento mínimo y unas filtraciones nulas.

Por último, se instalará a lo largo del canal un vallado perimetral de seguridad para animales y personas.

Otras soluciones estudiadas y desestimadas

Entre las alternativas estudiadas se analizaron las siguientes:

- Ampliación del canal a una sección rectangular de 4 por 2,5 metros. Se desestimó dado que la obra requería una inversión muy alta y un impacto ambiental fuerte, y no compensaba respecto a la mejora en la producción.

- Ampliar el canal con una sección trapezoidal de bases de 4 y 3 metros y una profundidad de 3 metros, lo que supondría una sección de $10,5 \text{ m}^2$. Se desestimó al hacerse notar la dificultad que tendría rebajar el suelo del canal. Al tratarse de roca y piedra de sillería existe la posibilidad de que las paredes se desmoronen, además se añade la dificultad que presenta dar ángulo a las paredes de ambos lados.

10.3.1. Aliviaderos

A lo largo de un canal de conducción debe haber una serie de aliviaderos que permitan un vaciado rápido y escalonado del mismo. Estos aliviaderos permitirán labores de limpieza y mantenimiento del canal, así como desagüe del mismo en caso de fallo de la compuerta de entrada al canal de conducción.

Solución

Posee 2 aliviaderos instalados al principio y al final del canal. Se mantienen como están dado que su estado es aceptable.

Se compondrán de una compuerta deslizante de chapa de acero inoxidable y su funcionamiento será manual, con palanca y tornillo sin-fín.

10.3.2. Compuerta de entrada al canal de derivación

Con el fin de evitar la entrada de broza, o grandes caudales en épocas de fuertes crecida, así como barro o maleza arrastrada por el río, se instalará una compuerta a la entrada del canal de derivación que impida el paso de tales agentes a dicho canal. Esto impedirá que se ensucie o dañe el canal, lo que aumentaría las pérdidas de carga posteriormente. Además servirá para aislar el canal en caso de limpieza o reparación.

Solución

Se instalarán dos compuertas verticales de chapa de acero inoxidable y funcionamiento automático, con accionamiento hidráulico, comandadas desde la central.

Las dimensiones serán de unos 2,2 metros de ancho por 4 metros de alto para cada compuerta.

10.3.3. Compuerta al final del canal de conducción

Una compuerta al final del canal de conducción permite aislar éste de la cámara de carga. Esto será posible en caso de ser necesario el vaciado de la cámara de carga o el aislamiento de la turbina, para labores de mantenimiento y limpieza. El agua sobrante será evacuada por el canal de desagüe.

Solución

Se construirá una compuerta al final del canal de conducción, ésta será deslizante, metálica y con accionamiento manual por piñón.

Las dimensiones finales se determinarán según especificaciones del fabricante.

10.4. CÁMARA DE CARGA

Las cámaras de carga son utilizadas en los sistemas hidroeléctricos como estructuras de transición entre el canal de derivación y la tubería de conducción forzada. Su función es la de amortiguar las sobrepresiones que puedan venir del canal de conducción y que repercuten en la conducción forzada. Además, un volumen adecuado en la cámara amortiguaría también las ondas de presión causadas por el cierre brusco de las turbinas, haciendo que se restablezca rápidamente la estabilidad y evitando posibles golpes de ariete.

Por otro lado, una cámara de carga tiene la función de suministrar el volumen necesario de agua que entra a la turbina en todo momento. En la puesta en marcha, y en el caso de que existan diferencias de caudal entre el canal y la tubería forzada, se podrían dar situaciones de entrada de aire a la tubería forzada, lo que causaría daños a la turbina (cavitación).

Con una cámara de carga se evitan estos efectos, al obligar siempre a tener un volumen de agua disponible para turbinar. Y en el caso de que éste no exista, parar la turbina.

Para finalizar, en caso de mantenimiento o reparación de las turbinas, se instala un vertedero de descarga lateral para desviar el flujo de agua se desvía el flujo de agua a través de un vertedero de descarga lateral con capacidad para verter el caudal de entrada por el canal de conducción.

Valoraciones previas

Actualmente no existe cámara de carga y será necesaria la obra de construcción de este elemento.

Solución

Se construirá la estructura al final del canal, a un lateral de la casa de máquinas.

Ésta tendrá unas dimensiones máximas aproximadas de 22 metros de largo por 7,5 metros de ancho. Ver planos.

10.4.1. Reja de entrada a la cámara de carga

Será necesario instalar una reja antes de la entrada a la cámara de carga. Esta reja servirá para filtrar el agua de entrada a la cámara de carga, evitando el paso a la turbina de hojas, peces, etc. que pudieran haber entrado al canal.

Solución

Tendrá una longitud de 4 m. y una profundidad de 3 m. Estará formada por barrotes verticales de pletina de acero de 40 x 20 mm. Con una separación entre los mismos de 50 mm. Además formarán un ángulo de 45° con la horizontal.

La reja irá equipada con un limpiador de rejas automático de acero inoxidable, que por medio de un detector de nivel, se pondrá en funcionamiento cuando el nivel del agua en el interior de la cámara de carga descienda por debajo de un cierto valor, y de este modo, mantendrá limpia en todo momento la entrada del agua a la cámara, depositando los sólidos en un canal sobre la placa de la citada cámara y que serán posteriormente evacuados.

10.4.2. Aliviadero

En ocasiones puede darse que por el canal entre más caudal del que éste es capaz de transportar. Para evitar que el exceso de agua rebose por cualquier punto de la conducción se instalará un reborde en la cámara para evacuar el agua sobrante y se canalizará de nuevo al río. Ver planos

10.5. CONDUCCIÓN FORZADA

La conducción forzada constituye la entrada a la turbina desde la cámara de carga, está fabricada de acero galvanizado. A su entrada se coloca una compuerta, con la reja anteriormente citada, que permite el cierre del paso de agua a la turbina en caso de necesidad.

Solución

La tubería de presión será de acero con un diámetro exterior de 1,52 metros y parte de la cámara de carga, formando un ángulo de 45° respecto a la dirección del canal y tiene una pendiente de 60° hasta el eje de la turbina, a partir del cual desciende verticalmente hasta enlazar con el tubo de aspiración.

10.6. CANAL DE DESAGÜE

El agua turbinada es devuelta al flujo natural del río por medio del canal de desagüe. Mediante una conducción de una sección grande, se conducirá el agua de vuelta al río con una velocidad mínima.

10.6.1. Reja del canal de desagüe

Con el fin de evitar que entre fauna acuática y broza por el canal de desagüe, a la salida de éste se instalará una reja de dimensiones acordes al canal.

10.6.2. Cortina de burbujas del canal

Se instalará además a la salida del canal un sistema de cortina de burbujas idéntico al de la toma de agua. El tubo tendrá la misma anchura que el canal de desagüe.

10.7. EDIFICIO DE LA CENTRAL

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

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

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

Solución

Se aprovechará el edificio actual en donde se instalarán todos los elementos correspondientes.

10.8. CIRCUITO ELECTRO-MECÁNICO

El circuito electro-mecánico está formado por la turbina y el generador.

10.8.1. TURBINA

La turbina elegida es una turbina Kaplan de cuatro álabes con las siguientes características:

- Potencia (kW): 664
- Caudal de equipamiento (m^3/s): 8
- Diámetro del rodete (m): 1,25
- Velocidad de giro (rpm): 766

10.8.2. GENERADOR

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

Se instalará un generador síncrono con las siguientes características:

- Tipo: Síncrono
- Disposición: Vertical
- Potencia aparente (kVA): 830
- Potencia nominal (kW): 664
- Tensión nominal (V): 380
- Velocidad síncrona (rpm): 766
- Pares de polos: 7
- Frecuencia (Hz): 50

11. FUNCIONAMIENTO

El nivel de agua del río asciende en la toma de entrada mediante la acción del azud. La compuerta a la entrada del canal se mantiene abierta durante el funcionamiento de la central. El agua entra en el canal de derivación y discurre por hacia la cámara de carga a una velocidad de 1 m/s. En el caso de que exista exceso de agua en el canal, éste se redirecciona al río a través de los aliviaderos situados a lo largo del canal de derivación. Al término del canal, se encuentra la cámara de carga, que hace de conexión con la conducción forzada entrando en esta última de forma suave y se canaliza de forma adecuada, sin burbujas de aire. El agua pasa por la conducción forzada y sale con una velocidad de 5,2 m/s aproximadamente. La energía del agua mueve la turbina Kaplan a 766 rpm y ésta se conecta al generador. Una vez que el agua atraviesa el rodete de la turbina es devuelta al río por el canal de desagüe.

Cuando en el río no se diesen las condiciones para turbinar el mínimo técnico de agua, 2 m³/s, o existiera un exceso que redujera el salto notablemente, como ocurre los días de crecida, el grupo permanecerá parado.

12. PRESUPUESTOS

Presupuesto de ejecución material: **1.164.934,76 €**

Presupuesto ejecución por contrata: **1.677.389,56 €**

Presupuesto para conocimiento de la administración: **1.704.671,29 €**

El presente presupuesto de ejecución material asciende a la cantidad de
UN MILLÓN CIENTO SESENTA Y CUATRO MIL NOVECIENTOS TREINTA Y
CUATRO EUROS CON SETENTA Y SEIS CÉNTIMOS.

El presente presupuesto de ejecución por contrata asciende a la cantidad de
UN MILLÓN SEISCIENTOS SETENTA Y SIETE MIL TRESCIENTOS OCHENTA
Y NUEVES EUROS CON CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS.

El presupuesto para conocimiento de la administración asciende a la cantidad de
UN MILLÓN SETECIENTOS CUATRO MIL SEISCIENTOS SETENTA Y UN
EUROS CON VEINTINUEVE CÉNTIMOS.

13. ORDEN DE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS

1. Memoria.
2. Anexos
3. Planos.
4. Pliego de condiciones.
5. Mediciones.
6. Presupuesto.

Santander a Septiembre, 2.016



El ingeniero:

Javier Fernández Fernández

DOCUMENTO N°2:
ANEXOS

DOCUMENTO N°2: ANEXOS

ANEXO N°1: CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL
PROYECTO

ANEXO N°2: FUNDAMENTOS Y OBJETIVOS

ANEXO N°3: ESTUDIO HIDROLÓGICO

ANEXO N°4: CAUDAL DE EQUIPAMIENTO

ANEXO N°5: ESTUDIO DE VIABILIDAD Y PRODUCCIÓN

ANEXO N°6: ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS

ANEXO N°7: EQUIPAMIENTO DE LA TURBINA

ANEXO N°8: ESTUDIO DEL GENERADOR

ANEXO N°9: ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

ANEXO N°10: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

ANEXO N°11: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

ANEXO N°1:
CARACTERÍSTICAS GENERALES
DEL PROYECTO

ANEXO 1: CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.....	2

1. INTRODUCCIÓN

En el presente Anexo se pretende mostrar, de formas resumida el resultado obtenido en cuanto a las dimensiones y características del proyecto “Central hidroeléctrica de Rasines”.

2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

<i>Salto bruto (m)</i>	10,62		
<i>Caudal de equipamiento (m³/s)</i>	10		
<i>Caudal mínimo turbinable (m³/s)</i>	2,5		
<i>Caudal ecológico (m³/s)</i>	Altas	Medias	Bajas
	2,17	1,49	0,95
<i>Tipo de turbina</i>	Kaplan vertical		
<i>Velocidad de giro de la turbina (rpm)</i>	766		
<i>Rendimiento de la turbina (%)</i>	0,85		
<i>Diámetro del rodete (m)</i>	1,25		
<i>Tipo de generador</i>	Síncrono		
<i>Potencia (kVA)</i>	830		
<i>Velocidad de sincronismo del generador (rpm)</i>	428,57		
<i>Tensión de trabajo (V)</i>	380		
<i>Pares de polos</i>	7		
<i>Producción anual (MWh)</i>	251.633,06		
<i>Precio de venta (€/MWh)</i>	0,65		

ANEXO N°2:
FUNDAMENTOS Y OBJETIVOS

ANEXO 2: FUNDAMENTOS Y OBJETIVOS

1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. CONTEXTO ENERGÉTICO ACTUAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN ESPAÑA	2
1.2. SECTOR HIDROELÉCTRICO EN ESPAÑA.....	4
1.2.1. Descripción del sector	4
1.3. EVALUACIÓN DEL POTENCIAL	9
1.4. OBJETIVOS	10
2. TIPOS DE MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS	12
2.1. CENTRALES DE AGUA FLUYENTE.....	12
2.2. CENTRALES A PIE DE PRESA.	13
2.3. CENTRAL HIDROELÉCTRICA EN CANAL DE RIEGO.....	14

1. INTRODUCCIÓN

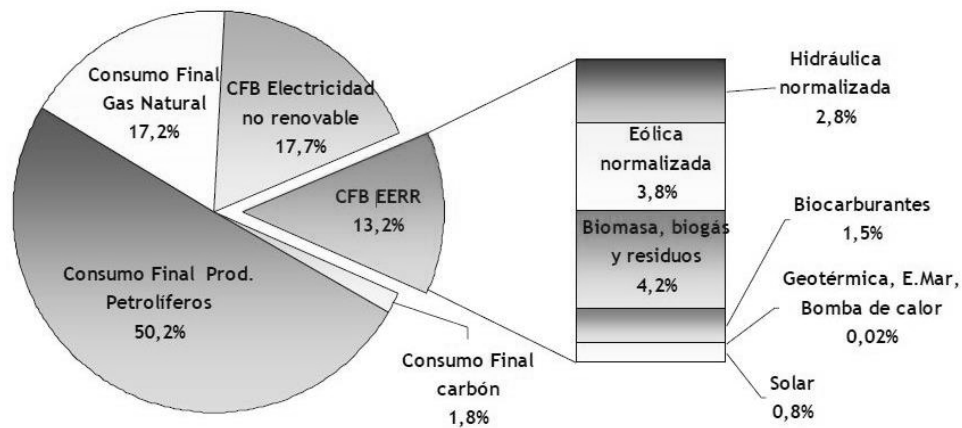
1.1. CONTEXTO ENERGÉTICO ACTUAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN ESPAÑA

Durante los últimos años, la respuesta al reto energético español se ha centrado en liberar y fomentar la transparencia en los mercados, desarrollar infraestructuras energéticas y promocionar el ahorro y la eficiencia energética, además de las energías renovables. Respecto a estas últimas, sus beneficios para nuestro país son grandes con relación a sus costes que además tienden a bajar con el tiempo, a medida que progresa la tecnología.

Como resultado de la política de apoyo a las energías renovables, en el marco del Plan de Energías Renovables 2005-2010, su crecimiento en los últimos años ha sido notable, y en términos de consumo de energía primaria, han pasado de cubrir una cuota del 6,3% en 2004 a alcanzar el 11,3% en 2010.

Este porcentaje correspondiente al año 2010 se eleva al 13,2% si se calcula la contribución de las energías renovables sobre el consumo final bruto de energía, de acuerdo con la metodología establecida en la Directiva 2009/28/CE. El gráfico siguiente muestra la estructura de este consumo.

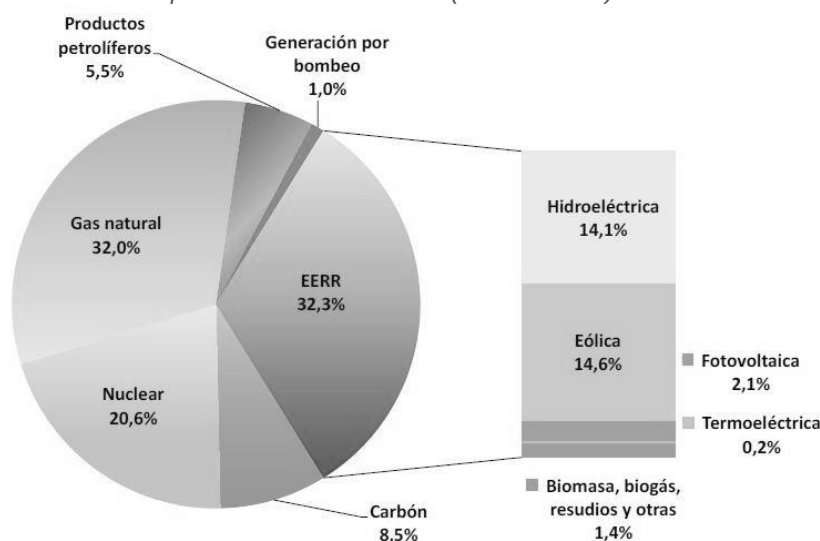
Figura 1-1: Consumo final bruto de energía en 2010 (www.IDAE.es)



Las energías renovables en su contribución al consumo final bruto de electricidad han pasado del 18,5% en 2004 al 29,2% en 2010. Estos datos corresponden a un año normalizado, pues los datos reales indican un crecimiento desde el 17,9% en 2004 hasta el 33,3% en 2010.

Por otro lado, la contribución de la electricidad renovable a la producción bruta de electricidad en España en 2010 fue de un 32,3% y su distribución por fuentes se puede observar en la siguiente figura. En relación a la contribución de electricidad renovable del 33,3% en 2010 que se menciona en el párrafo anterior, es conveniente aclarar que dicha contribución ha sido calculada de acuerdo a la metodología de establecimiento de objetivos del PER 2005-2010, esto es, sobre el consumo bruto de electricidad, el cual se calcula restando las exportaciones y sumando las importaciones de electricidad a la producción bruta.

Figura 1-2: Estructura de producción eléctrica 2010 (www.IDAE.es)



1.2. SECTOR HIDROELÉCTRICO EN ESPAÑA

1.2.1. Descripción del sector

La energía hidroeléctrica es aquella que se obtiene de aprovechar la energía potencial de una masa de agua situada en el cauce del río para convertirla primero en energía mecánica y posteriormente en energía eléctrica. Por tanto, una central hidroeléctrica está constituida por el conjunto de instalaciones y equipos necesarios para transformar la energía potencial de un curso de agua en energía eléctrica disponible.

Existen dos tipologías básicas de aprovechamientos hidroeléctricos:

Centrales de agua fluyente: son los aprovechamientos que, mediante una obra de toma, captan una parte del caudal circulante por el río y lo conducen hacia la central para ser turbinado y posteriormente restituido al río. Este tipo de centrales se mueve en rangos de potencia bajos (normalmente inferiores a 5 MW) y tiene una cuota del 75% del mercado.

En este tipo se incluirían también las **centrales en canal de riego**, que utilizan el desnivel del agua en los canales de riego para producir electricidad. El rango de potencia de las centrales utilizadas es de entre 1 y 5 MW y pueden suponer el 5% del mercado en España.

Centrales de pie de presa: son los aprovechamientos que, mediante la construcción de una presa o utilización de una existente pueden regular los caudales a turbinar en el momento preciso. Estas centrales suelen tener unos niveles de potencia superiores a los 5 MW y suponen aproximadamente el 20% del mercado en España.

Dentro de esta tipología, cabe destacar, las **centrales de bombeo o reversibles** que son plantas que, además de funcionar como una central convencional generando energía (modo turbina), tienen la capacidad de elevar el agua a un embalse o depósito consumiendo energía eléctrica (modo bombeo). Se pueden clasificar en dos tipos: *las de bombeo puro y las de bombeo mixto*.

Tipos de Centrales Hidroeléctricas

**Central de agua
fluyente**

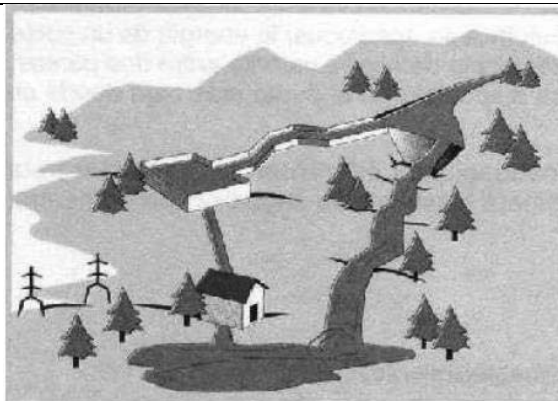


Figura 1-3: <http://fuentesdeenergiavelez.wikispaces.com/energiyahidraulica>

**Central a pie de
presa**

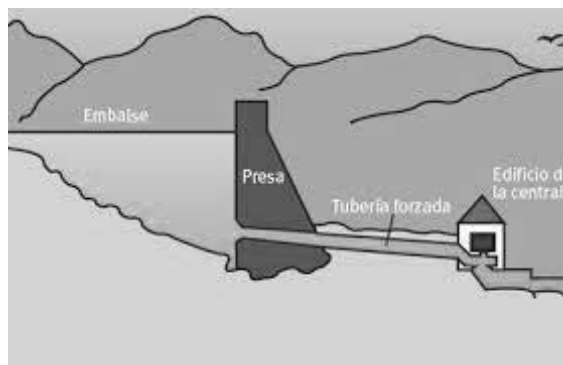


Figura 1-4: <http://cef.uca.edu.sv/>

**Central en canal
de riego**



Figura 1-5: <http://www1.dconstruccion.cl/?tag=embalses>

**Central
reversible**

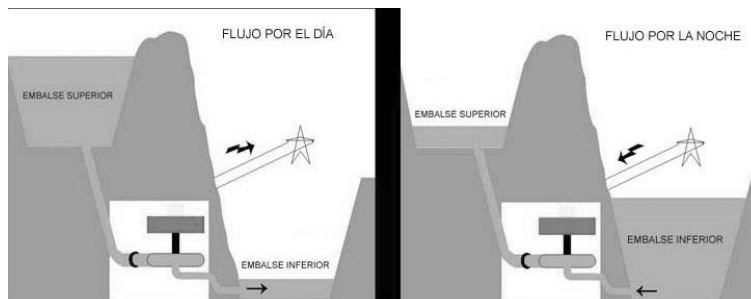


Figura 1-6: <http://cinabrio.over-blog.es/articulo-hidroelectricas-de-bombeo-y-de-bombeo-puro-innovacion-hidroenergetica-122108589.html>

Hoy por hoy, la energía hidroeléctrica es uno de los recursos cuantitativamente más importante dentro de la estructura de las energías renovables y se caracteriza por ser una fuente energética limpia y autóctona. La producción mundial de esta energía alcanza anualmente los 3.000 TWh, lo que representa el 20% de la producción mundial de electricidad y en los países en desarrollo este porcentaje se eleva hasta el 33%, lo que la convierte en la renovable más utilizada en todo el mundo.

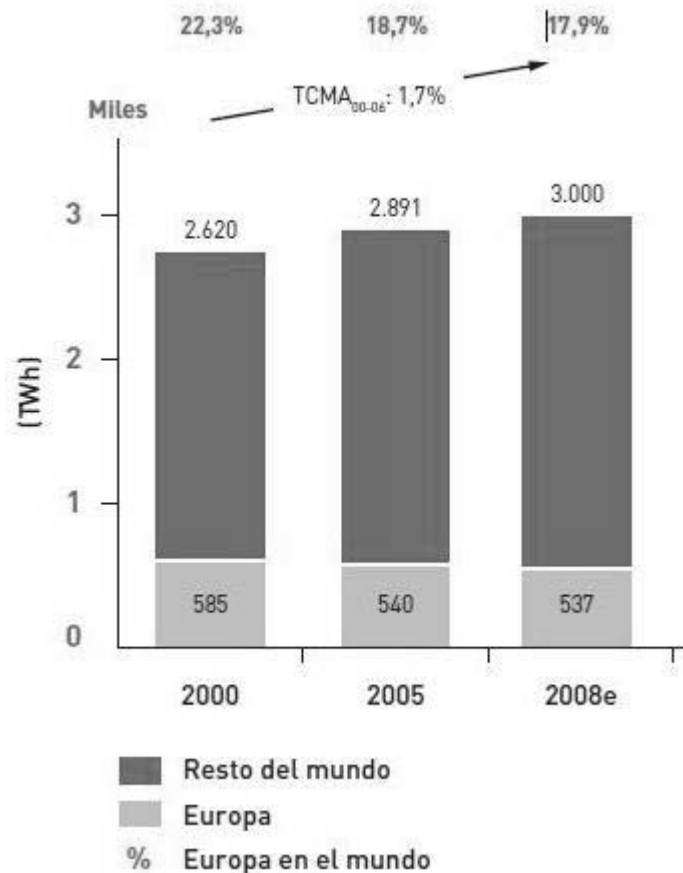


Gráfico 1-1: Evolución de la producción de energía hidráulica en el mundo (IDAE-BCG)

A nivel europeo, la energía hidroeléctrica se encuentra en fase de desarrollo y promoción, y se fomenta la electricidad generada a partir de fuentes de energías renovables. Persiguen un triple objetivo: reducir las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, reducir el consumo energético y aliviar la dependencia energética del exterior, especialmente en lo que se refiere a combustibles fósiles. Para alcanzar estos retos, la política energética se ha desarrollado alrededor de tres ejes: el incremento de la seguridad de suministro, la mejora de la competitividad económica y la garantía económica, social y medioambiental de un desarrollo sostenible.

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

Gráfico 1-2: Potencia total instalada en la UE a finales del 2008 en centrales menores de 10 MW (EurObserv'ER 2009)

País	Potencia (MW)	Producción (GWh)
<i>Italia</i>	2.605	9.159
<i>Francia</i>	2.049	6.924
<i>España</i>	1.872	3.031
<i>Alemania</i>	1.403	7.002
<i>Austria</i>	1.179	4.816
<i>Suecia</i>	916	5.033
<i>Rumanía</i>	353	508
<i>Portugal</i>	335	520
<i>Finlandia</i>	316	1.616
<i>República Checa</i>	292	966
<i>Polonia</i>	247	895
<i>Bulgaria</i>	225	688
<i>Reino Unido</i>	173	576
<i>Grecia</i>	158	325
<i>Eslovenia</i>	155	457
<i>Bélgica</i>	103	386
<i>Eslovaquia</i>	90	166
<i>Resto UE</i>	145	473
Total	12.618	43.545

España cuenta con un importante y consolidado sistema de generación hidroeléctrica, como resultado de una larga tradición histórica en el desarrollo de aprovechamientos hidroeléctricos, debido a la orografía del país y a la existencia de un gran número de presas, con una capacidad total de embalses de 55.000 Hm³, de los cuales el 40% de esa capacidad embalsable corresponde a embalses hidroeléctricos, que es una de las proporciones más altas de Europa y del mundo.

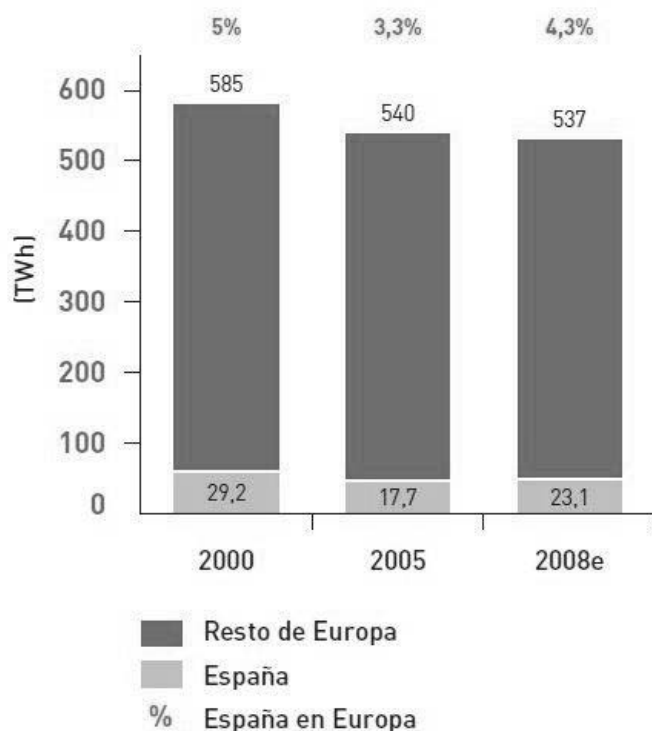


Gráfico 1-3: Evolución de la producción de energía minihidráulica en España y en Europa (IDAE-BCG)

Aunque la evolución de la energía hidroeléctrica en España ha sido creciente, en los últimos años ha experimentado una importante disminución en la aportación de esta energía a la producción total de la electricidad, en favor de otras energías renovables. No obstante, continúa siendo una de las renovables más productivas junto con la energía eólica, sobre todo por las grandes centrales hidroeléctricas, que representan el 90% de la potencia hidroeléctrica total instalada. En el año 2010, la contribución de la energía hidroeléctrica en la estructura de producción eléctrica nacional ha representado el 14,5%, muy superior a los años anteriores, como resultado de un potencial hidráulico muy por encima de la media histórica de los últimos años.

Dentro del período del Plan de Energías Renovables 2005-2010, a finales de 2010 se han instalado 365 nuevos MW en el sector hidroeléctrico, de los cuales 173 MW corresponden al área de centrales de potencia menor de 10 MW y 192 MW al grupo de centrales de potencia comprendida entre 10 y 50 MW. El grado de cumplimiento en esta área ha sido de casi el 50% frente a los objetivos previstos al 2010.

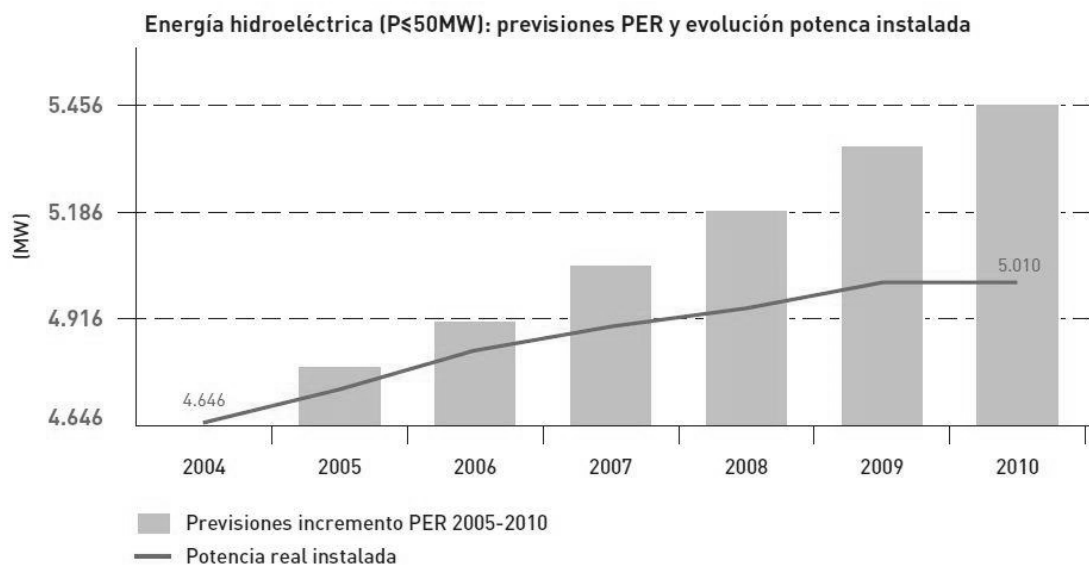


Gráfico 1-4: Evolución de la potencia hidroeléctrica instalada menor de 50 MW en el marco del PER 2005-2010 (IDAE)

A finales de 2010, la potencia acumulada total en España para potencias inferiores a 50 MW fue de 5.010 MW, distribuida en 1.915 MW para el grupo de centrales menores de 10 MW y 3.095 MW para el área hidráulica de potencia entre 10 y 50 MW.

Cataluña, Galicia y Castilla y León son las comunidades autónomas que cuentan con la mayor potencia instalada en el sector hidroeléctrico de potencia inferior a 50 MW, por ser los territorios que cuentan con mayores recursos hidroeléctricos dentro de España.

1.3. EVALUACIÓN DEL POTENCIAL

España tiene un elevado potencial hidroeléctrico, gran parte del cual ha sido ya desarrollado a lo largo de más de un siglo, dando como resultado un importante y consolidado sistema de generación hidroeléctrica altamente eficiente.

La última evaluación de los recursos hidráulicos nacionales fue realizada en el año 1980 en un estudio sobre el aprovechamiento del potencial hidroeléctrico con centrales de pequeña potencia.

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

Tabla 1-1: Distribución del potencial hidroeléctrico en España por cuencas. INTECSA-IDAE (1980)

Potencial hidroeléctrico en España (GWh/año)						
Cuenca	Potencial actualmente desarrollado	Potencial de futura utilización			Total potencial técnicamente desarrollable	Potencial fluvial bruto
		Aprovecham. medianos y grandes	Aprovecham. pequeños	Total		
Norte	10.600	9.300	2.700	12.000	22.600	34.280
Duero	6.700	4.200	600	4.800	11.500	29.400
Tajo	3.900	4.200	600	4.800	8.700	16.540
Guadiana	300	300	–	300	600	3.830
Guadalquivir	400	500	300	800	1.200	10.410
Sur de España	200	100	300	400	600	2.740
Segura	100	600	100	700	800	2.090
Júcar	1.200	1.000	400	1.400	2.600	7.490
Ebro	7.600	7.000	1.400	8.400	16.000	40.060
Pirineo Oriental	600	100	300	400	1.000	3.520
Total cuencas	31.600	27.300	6.700	34.000	65.600	150.360

1.4. OBJETIVOS

Para la evolución prevista al 2020, se ha tenido en cuenta la evaluación de potencial analizada, el conocimiento de los proyectos en fase de tramitación administrativa, el potencial resultante de los estudios realizados para implantar aprovechamientos hidroeléctricos en infraestructuras de titularidad estatal (Convenio IDAE-MARM de fecha 10/12/2007), así como la potencia que se viene instalando actualmente desde los últimos 10 años, con una media anual entre 40-60 MW en el área de centrales hidroeléctricas de potencia menor de 50 MW.

El crecimiento anual previsto se estima que siga la tendencia actual, si no hay ningún cambio en la legislación vigente actual, con incrementos de potencia anuales de 40 MW en los primeros años del período, llegando a alcanzar al final del mismo los 70 W anuales.

Para el actual Plan de Energías Renovables, se ha revisado el escenario energético en el horizonte del año 2020, actualizando los datos a cierre del 2010 y de forma que las energías renovables cubran en el año 2020 como mínimo el 20% del consumo final bruto de energía en línea con los objetivos marcados por la Directiva 2009/28/CE. Por tanto, los objetivos globales del presente plan propuestos para el área hidroeléctrica, en términos de incremento de potencia instalada durante el período 2011-2020, son los siguientes:

Tabla 1-2: Trayectoria de la capacidad a instalar en el sector hidroeléctrico al 2020 en el marco del PER 2011-2020 (IDAE)

	2010		2011		2012		2013		2014	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
Energía hidroeléctrica (sin bombeo)	13.226	42.215	13.368	37.149	13.408	32.966	13.448	32.547	13.498	32.543
<1MW (sin bombeo)	242	802	244	804	247	748	249	791	251	779
1-10 MW (sin bombeo)	1.680	5.432	1.687	5.118	1.695	6.197	1.703	5.075	1.731	5.007
>10 MW (sin bombeo)	11.304	35.981	11.437	31.227	11.466	26.021	11.496	26.681	11.516	26.757
por bombeo	5.347	3.106	5.347	2.485	5.358	5.146	5.358	6.592	5.998	6.592

	2015		2016		2017		2018		2019		2020	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
Energía hidroeléctrica (sin bombeo)	13.548	32.538	13.608	32.626	13.668	32.754	13.728	32.882	13.788	33.012	13.861	33.140
<1MW (sin bombeo)	253	772	256	839	259	821	262	803	265	887	268	843
1-10 MW (sin bombeo)	1.764	4.982	1.796	4.857	1.828	5.058	1.855	5.249	1.882	5.441	1.917	5.749
>10 MW (sin bombeo)	11.531	26.784	11.556	26.930	11.581	26.875	11.611	26.830	11.641	26.684	11.676	26.548
por bombeo	6.312	6.592	7.011	8.457	7.011	8.457	8.311	8.457	8.511	8.457	8.811	8.457

En resumen, el objetivo propuesto para el sector hidroeléctrico es un incremento de potencia de 635 MW al año 2020, con la distribución que muestra la siguiente tabla.

	Incremento de potencia (MW)
Hidráulica menor de 10 MW	263
Hidráulica mayor de 10 MW	372
Total	635

Tabla 1-3: Distribución del incremento de potencia al 2020 por tamaño de instalación

2. TIPOS DE MINICENTRALES HIDROELÉCTRICAS

2.1. CENTRALES DE AGUA FLUYENTE.

Son aquellas en las que se desvía parte del agua del río mediante una toma, y a través de canales o conducciones se lleva hasta la central donde será turbinada. Una vez obtenida la energía eléctrica el agua desviada es devuelta nuevamente al cauce del río.

Algunos de los elementos más importantes en este tipo de aprovechamientos pueden ser los siguientes:

- Azud. (1)
- Toma. (2)
- Canal de derivación. (3)
- Cámara de carga. (4)
- Tubería forzada. (5)
- Edificio central y equipamiento electro-mecánico. (6)
- Canal de descarga. (7)
- Subestación y línea eléctrica.

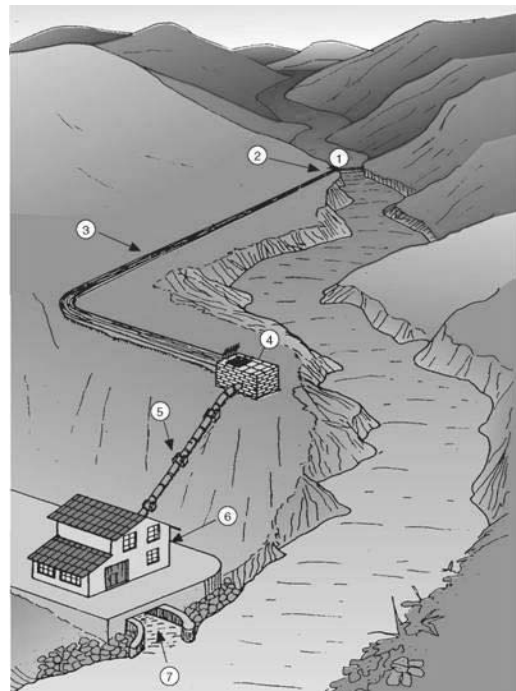


Figura 2-1: Esquema de una central de agua fluyente.
<http://juanjosegarciaegocheaga.com/tecnicatipos.html>

Dentro de este grupo hay diversas formas de realizar el proceso de generación de energía. La característica común a todas las centrales de agua fluyente es que dependen directamente de la hidrología, ya que no tienen capacidad de regulación del caudal turbinado y éste es muy variable. Estas centrales cuentan con un salto útil prácticamente constante y su potencia depende directamente del caudal que pasa por el río.

En algunos casos se construye una pequeña presa en la toma de agua para elevar el plano de ésta y facilitar su entrada al canal o tubería de derivación. El agua desviada se conduce hasta la cámara de carga, de donde sale la tubería forzada por la que pasa el agua para ser turbinada en el punto más bajo de la central.

Para que las pérdidas de carga sean pequeñas y poder mantener la altura hidráulica, los conductos por los que circula el agua desviada se construyen con pequeña pendiente, provocando que la velocidad de circulación del agua sea baja, puesto que la pérdida de carga es proporcional al cuadrado de la velocidad. Esto implica que en algunos casos la mejor solución sea optar por construir un túnel, acortando el recorrido horizontal.

Otros casos que también se incluyen en este grupo, siempre que no exista regulación del caudal turbinado, son las centrales que se sitúan en el curso de un río en el que se ha ganado altura mediante la construcción de una azud, sin necesidad de canal de derivación, cámara de carga ni tubería forzada.

2.2. CENTRALES A PIE DE PRESA.

Es aquel aprovechamiento en el que existe la posibilidad de construir un embalse en el cauce del río para almacenar las aportaciones de éste, además del agua procedente de las lluvias y del deshielo. La característica principal de este tipo de instalaciones es que cuentan con la capacidad de regulación de los caudales de salida del agua, que será turbinada en los momentos que se precise. Esta capacidad de controlar el volumen de producción se emplea en general para proporcionar energía durante las horas punta de consumo.

La toma de agua de la central se encuentra en la denominada zona útil, que contiene el total de agua que puede ser turbinada. Debajo de la toma se sitúa la denominada zona muerta, que simplemente almacena agua no útil para turbinar.

Según la capacidad de agua que tenga la zona útil la regulación puede ser horaria, diaria o semanal. En las minicentrales hidroeléctricas el volumen de almacenado suele ser pequeño, permitiendo producir energía eléctrica un número de horas durante el día, y llenándose el embalse durante la noche. Si la regulación es semanal, se garantiza la producción de electricidad durante el fin de semana, llenándose de nuevo el embalse durante el resto de la semana.

También se incluyen en este grupo aquellas centrales situadas en embalses destinados a otros usos, como riego o abastecimiento de agua en poblaciones.

Dependiendo de los fines para los que fue creada la presa, se turbinan los caudales excedentes, los caudales desembalsados para riego o abastecimientos, e incluso los caudales ecológicos.

Las obras e instalaciones necesarias para construir una minicentral al pie de una presa son:

- Adaptación o construcción de las conducciones de la presa a la minicentral.
- Toma de agua con compuerta y reja.
- Tubería forzada hasta la central.
- Edificio central y equipamiento electro-mecánico.
- Subestación y línea eléctrica.

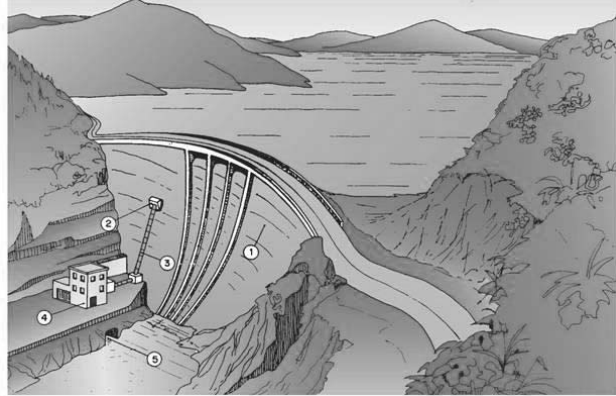


Figura 2-2: Esquema de una central a pie de presa.
<http://juanjosegarciaegocheaga.com/tecnicatipos.html>

2.3. CENTRAL HIDROELÉCTRICA EN CANAL DE RIEGO.

Se distinguen dos tipos de centrales dentro de este grupo:

- Aquellas que utilizan el desnivel existente en el propio canal.
- Aquellas que aprovechan el desnivel existente entre el canal y el curso de un río cercano.

Las obras que hay que realizar en estos tipos de centrales son las siguientes:

- Toma en el canal, con un aliviadero que habitualmente es en forma de pico de pato para aumentar así la longitud del aliviadero.
- Tubería forzada.
- Edificio de la central con el equipamiento electro-mecánico.
- Obra de incorporación al canal o al río, dependiendo del tipo de aprovechamiento.
- Subestación y línea eléctrica.

ANEXO N°3:
ESTUDIO HIDROLÓGICO

ANEXO 3: ESTUDIO HIDROLÓGICO

1.	INTRODUCCIÓN	2
2.	TIPOS DE CAUDAL	3
2.1.	CAUDAL NATURAL	3
2.2.	CAUDAL ECOLÓGICO	3
2.3.	CAUDAL DE SERVIDUMBRE	3
2.4.	CAUDAL TURBINABLE	3
2.5.	CAUDAL DE DISEÑO	4
3.	ESTACIONES DE AFORO	5
3.1.	ESTACIÓN DE AFORO DE COTERILLO – RÍO ASÓN.....	5
4.	CÁLCULOS HIDROLÓGICOS	7
5.	CAUDAL ECOLÓGICO O MÍNIMO MEDIOAMBIENTAL	10
6.	AÑO TIPO. CAUDALES CLASIFICADOS.....	11
7.	CAUDALES DE AVENIDA	18

1. INTRODUCCIÓN

El estudio hidrológico tiene como objetivo determinar el caudal de agua disponible en el tramo del río en el que se va a situar el proyecto. Con este estudio se podrá tener una base con la que prever cuál será el comportamiento del río con el fin de sacar el máximo rendimiento de éste a la hora de generar energía eléctrica.

La cantidad de agua que discurre por un río depende de diversos factores geológicos y climáticos, y por tanto, varía constantemente a lo largo del tiempo sin ser un valor fijo. Sin embargo, apoyándose en los datos históricos, se es capaz de hacer una estima de cuáles serán los resultados en un caso teórico y en cualquier momento.

Estos datos históricos pueden obtenerse de diversas maneras, bien por registros históricos procedentes de las estaciones de aforo, las cuales recogen y gestionan los datos hidrológicos y climáticos en diversos puntos de los ríos, o bien por medición directa del caudal, recogiendo información periódica del lugar de estudio durante al menos un año ya que una serie de medidas instantáneas no tendría ningún valor.

El método de medición directa supone un trabajo costoso y la necesidad de un periodo de tiempo muy largo que en la mayoría de los casos no se posee, por lo que se suele recurrir a las estaciones de aforo de los ríos. El inconveniente de éste método es que dado el tamaño de los ríos sobre los que se construyen estos aprovechamientos, no es fácil encontrar registros de caudales para el tramo en cuestión, por lo que habrá que recurrir su cálculo a partir de los factores climáticos y los fisiográficos de la cuenca de captación del tramo.

2. TIPOS DE CAUDAL

En todo caso se busca encontrar un caudal idóneo para nuestro tipo de central, que cumpla con los requisitos técnicos, ambientales y desde el punto de vista económico.

2.1. CAUDAL NATURAL

El caudal natural es el caudal medio diario que circula por el río y se analiza diariamente a lo largo de un año hidrológico. Con estos valores se construye la curva de caudales clasificados en donde se puede observar el comportamiento del río de forma gráfica a lo largo del año tipo.

2.2. CAUDAL ECOLÓGICO

El caudal ecológico es aquel mínimo necesario que debe respetarse para conservar las características físico-químicas del río, así como para que las poblaciones de fauna y flora se vean lo menos impactadas posible. El caudal ecológico es el mínimo que se mantiene en el tramo del río que discurre entre el azud y la descarga de la turbina.

2.3. CAUDAL DE SERVIDUMBRE

El caudal de servidumbre es el caudal que se ha de respetar en el tramo del río donde existan actividades comerciales y sea necesario un suministro de caudal. Será la cantidad de agua necesaria para la actividad requerida.

2.4. CAUDAL TURBINABLE

El caudal turbinable es el aquel caudal diseñado para que pase por la turbina y sea el óptimo, según el tipo de turbina, para la generación de energía eléctrica. Éste será el caudal natural del río al que se le descuenta el ecológico y el de servidumbre.

2.5. CAUDAL DE DISEÑO

El caudal de diseño es aquel utilizado para realizar el estudio. Con él se analiza el año hidrológico y el volumen de agua disponible para el funcionamiento de la central. Se suele clasificar a lo largo de un año natural de 365 días donde se muestra la frecuencia de aparición a lo largo de un día, dos días, tres días... etc.

Como estimación un buen caudal de diseño puede ser el correspondiente a 180 días, es decir, aquel que como mínimo aparecerá 180 días al año.

3. ESTACIONES DE AFORO

Los datos recogidos por las estaciones de aforo repartidas por los ríos se almacenan por organismos competentes especialmente dedicados a la recogida y gestión de datos hidrológicos y climáticos. En el caso de España los organismos responsables de dicha tarea son las Confederaciones Hidrográficas, que son entidades públicas adscritas al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. En la península Ibérica son nueve y se reparten por todo el litoral. En el caso de este proyecto, la Confederación Hidrográfica que compete es la Confederación Hidrográfica del Cantábrico y más concretamente en su demarcación Occidental.

En las estaciones de aforo se registran los caudales instantáneos que circulan por el tramo del río donde están ubicadas. A partir de éstos se determinan los máximos, mínimos y medios diarios, y se elaboran series temporales agrupadas por años hidrológicos.

3.1. ESTACIÓN DE AFORO DE COTERILLO – RÍO ASÓN.

La información utilizada en este apartado ha sido obtenida de la estación de aforo de Coterillo, situada aguas abajo de la zona de aprovechamiento del presente proyecto, al ser la estación de aforo más cercana y poseer datos hidrológicos completos sobre el río en cuestión. Es destacable el hecho de que el estudio se realice aguas abajo del emplazamiento ya que los resultados reales serán ligeramente distinto, sin embargo, al pertenecer a la misma cuenca vertiente la variación es prácticamente despreciable. Aun con todo, este factor será considerado a la hora de dimensionar los elementos.

- Estación: *Coterillo*
- Estado: *Alta*
- Inicio: *1969*
- Cota (m): *16*
- Cód. ROEA: *1196*
- Río: *Asón*
- Cuenca receptora (km²): *485*
- Sistema de explotación: *Asón*
- T. Municipal: *Ampuero*
- Provincia: *Cantabria*

- UTM X: 464.745 Y: 4.797.767 Huso: 30 Datum: *ED50*
- UTM X: 464.639 Y: 4.797.560 Huso: 30 Datum: *ETRS89*



Figura 3-1: Estación de aforo Coterillo (río Asón)

4. CÁLCULOS HIDROLÓGICOS

La potencia de una central hidroeléctrica es proporcional a la altura del salto y al caudal turbinado, de ahí su importancia a la hora de determinar estas variables para el diseño de las instalaciones y los equipos. Un aprovechamiento hidráulico necesita un caudal mínimo y un desnivel cuando se quiere generar electricidad. Para valorar el recurso hídrico hay que conocer cómo evoluciona el caudal a lo largo de un año, ya que los valores instantáneos no dan información significativa. Con los datos obtenidos de la estación de aforo a lo largo de varios años se puede plantear un año tipo que responda al comportamiento del río de una manera bastante fiable, y sea un referente a la hora de dimensionar el equipo. Cuantos más años sean tomados en el estudio más se ajustará éste al comportamiento real.

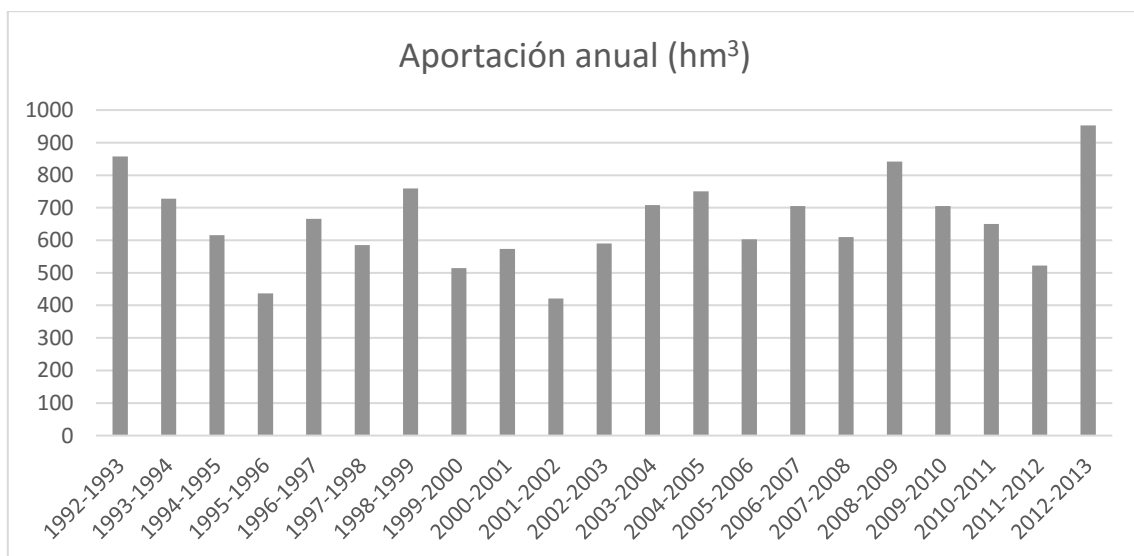
En el presente proyecto se han considerado veintiún años de estudio, entre los años 1992 y 2013, un periodo de tiempo importante como para considerarlo fiel a la actividad real. Cabe destacar que dichos años hacen referencia a años hidrológicos que son aquellos que comprenden entre el mes de Octubre de un año y el mes de Septiembre del año siguiente.

Los datos correspondientes a estos años han sido sacados de la información pública del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (Centro de Estudios y Experimentación) que coopera y asiste al órgano responsable de gestionar los recursos hídricos, el Ministerio de Medio Ambiente. En estos archivos aparece información de la estación de aforo en cuestión, su localización y otros datos de interés sobre ésta, datos sobre caudales máximos, medios y mínimos tanto diarios como anuales, además de la altura del río y sus aportaciones en volumen de agua.

Para comenzar, los años que se han utilizado para el estudio, con sus aportaciones anuales y caudales han sido los siguientes:

Año hidrológico	Aportación anual (hm ³)	Caudal medio anual (m ³ /s)	Caudal máximo diario (m ³ /s)	Caudal mínimo diario (m ³ /s)
1992-1993	857,166	27,181	514,800	1,767
1993-1994	728,111	23,088	704,667	2,208
1994-1995	615,419	19,515	394,327	1,767
1995-1996	436,422	13,801	152,747	1,558
1996-1997	665,416	21,100	284,562	1,865
1997-1998	585,719	18,573	327,598	1,380
1998-1999	758,882	24,064	332,050	1,501
1999-2000	514,042	16,256	259,334	1,744
2000-2001	573,736	18,193	201,458	1,623
2001-2002	421,275	13,359	269,722	1,171
2002-2003	590,241	18,716	335,018	1,453
2003-2004	708,582	22,408	228,170	1,453
2004-2005	750,215	23,789	268,238	1,343
2005-2006	602,672	19,111	303,854	1,234
2006-2007	704,797	22,349	299,949	1,232
2007-2008	610,036	19,291	290,789	1,809
2008-2009	841,380	26,680	257,056	1,414
2009-2010	704,715	22,346	372,499	1,467
2010-2011	649,965	20,610	307,939	1,553
2011-2012	522,535	16,524	171,964	1,128
2012-2013	952,836	30,214	289,278	1,474

Tabla 4-1: Aportaciones anuales

Gráfico 4-1: Aportación anual (hm³)

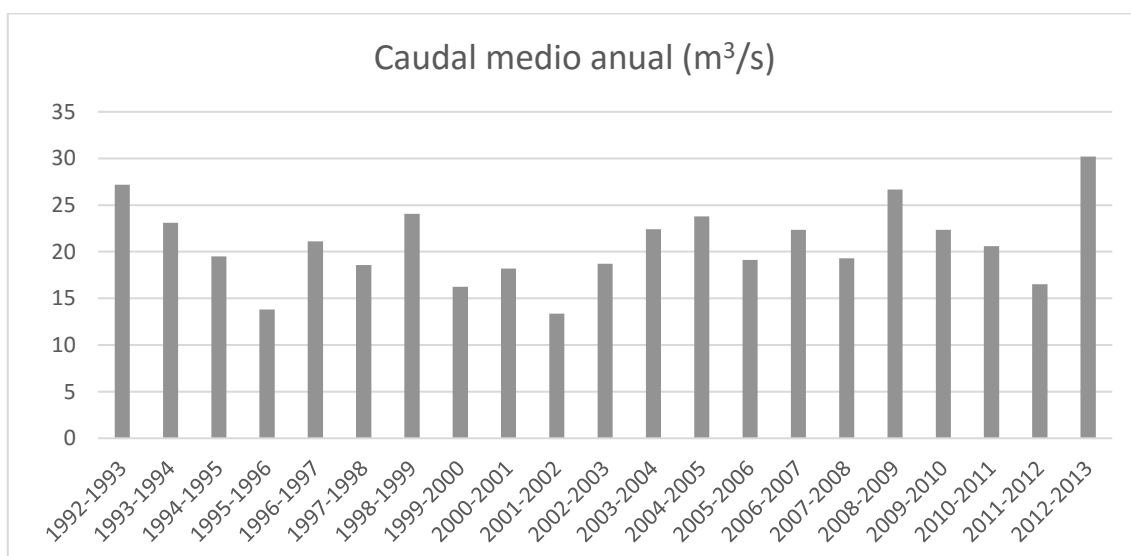


Gráfico 4-2: Caudal medio anual (m^3/s)

Como ya se ha explicado con anterioridad, con estas cifras se pretende representar un año hidrológico que identifique el comportamiento de los años de estudio.

5. CAUDAL ECOLÓGICO O MÍNIMO MEDIOAMBIENTAL

A la hora de efectuar una extracción del recurso hídrico para una determinada actividad, aunque esta masa de agua sea devuelta a su curso, por ejemplo en su paso por una turbina, el tramo cortocircuitado verá su caudal reducido, llevando incluso a dejarlo seco si se hace de forma incontrolada. Para evitar un mal uso del recurso y poner en peligro la biodiversidad del río, las autoridades establecen un caudal mínimo o ecológico que se ha de mantener en el curso del río en el tramo donde se realice la actividad.

Por lo tanto, el caudal ecológico es aquel caudal mínimo que debe respetarse para conservar las características físico-químicas del río, las poblaciones animales y vegetales del cauce, márgenes y riberas, las zonas húmedas dependientes del caudal circulante, la calidad del agua, etc... La cuantificación de estos caudales está desarrollada por los Planes Hidrológicos de cuenca.

El Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental enuncia en su Anejo V – Caudales ecológicos, y concretamente en su revisión 2015-2021, todas las directrices a tener en cuenta en lo que a caudales ecológicos respecta para esta parte de la vertiente cántabra. En él se recogen además los valores de caudales ecológicos mínimos y máximos para las diversas cuencas vertientes. En el **Apéndice 5.1 - Distribución temporal de caudales mínimos ecológicos en masas de agua río y embalses** se puede encontrar, para la masa de agua del presente proyecto (**Río Asón II**), el caudal mínimo ecológico en función de la época del año, siendo:

Caudal mínimo ecológico (m³/s)					
Situación hidrológica ordinaria			Emergencia por sequía declarada		
Aguas altas	Aguas medias	Aguas bajas	Aguas altas	Aguas medias	Aguas bajas
2,17	1,49	0,95	2,17	1,49	0,95

- Aguas altas: enero, febrero, marzo y abril.
- Aguas medias: noviembre, diciembre, mayo y junio.
- Aguas bajas: julio, agosto, septiembre y octubre.

6. AÑO TIPO. CAUDALES CLASIFICADOS

Una vez definidos los caudales mínimos para este tramo del río, el siguiente paso es ordenar los años considerados en el estudio por su nivel de aportación anual y clasificarlos en categorías según sean años Muy Húmedos, Húmedos, Normales, Secos o Muy Secos. Para ello se dividen las aportaciones anuales en rangos porcentuales, aplicando el 100% al aporte máximo anual y el 0% al mínimo, y ordenando el resto de aportaciones.

Aportación anual (Hm ³)		
Máxima	Rango	Mínima
952,836	531,561	421,275

Rango	Valores límite de aportación (Hm ³)	Tipo de año	Nº de años	Porcentaje
100%	952,836	Muy húmedo	1	4,76%
85%	873,102	Húmedo	2	9,52%
65%	766,790	Normal	10	47,62%
35%	607,321	Seco	6	28,57%
15%	501,009	Muy seco	2	9,52%
Total años			21	100,00%

Seguidamente se calcula el porcentaje de cada tipo de año para representar el peso, o la frecuencia con la que aparecen estos, y se aplica este peso a cada uno de los años individualmente.

Año hidrológico	Tipo de año	Porcentaje	Peso
1992-1993	Húmedo	9,52%	1,38%
1993-1994	Normal	47,62%	6,90%
1994-1995	Normal	47,62%	6,90%
1995-1996	Muy seco	9,52%	1,38%
1996-1997	Normal	47,62%	6,90%
1997-1998	Seco	28,57%	4,14%
1998-1999	Normal	47,62%	6,90%
1999-2000	Seco	28,57%	4,14%
2000-2001	Seco	28,57%	4,14%
2001-2002	Muy seco	9,52%	1,38%
2002-2003	Seco	28,57%	4,14%
2003-2004	Normal	47,62%	6,90%
2004-2005	Normal	47,62%	6,90%
2005-2006	Seco	28,57%	4,14%
2006-2007	Normal	47,62%	6,90%
2007-2008	Normal	47,62%	6,90%
2008-2009	Húmedo	9,52%	1,38%
2009-2010	Normal	47,62%	6,90%
2010-2011	Normal	47,62%	6,90%
2011-2012	Seco	28,57%	4,14%
2012-2013	Muy húmedo	4,76%	0,69%

Se muestra la frecuencia de aparición de tales aportaciones.

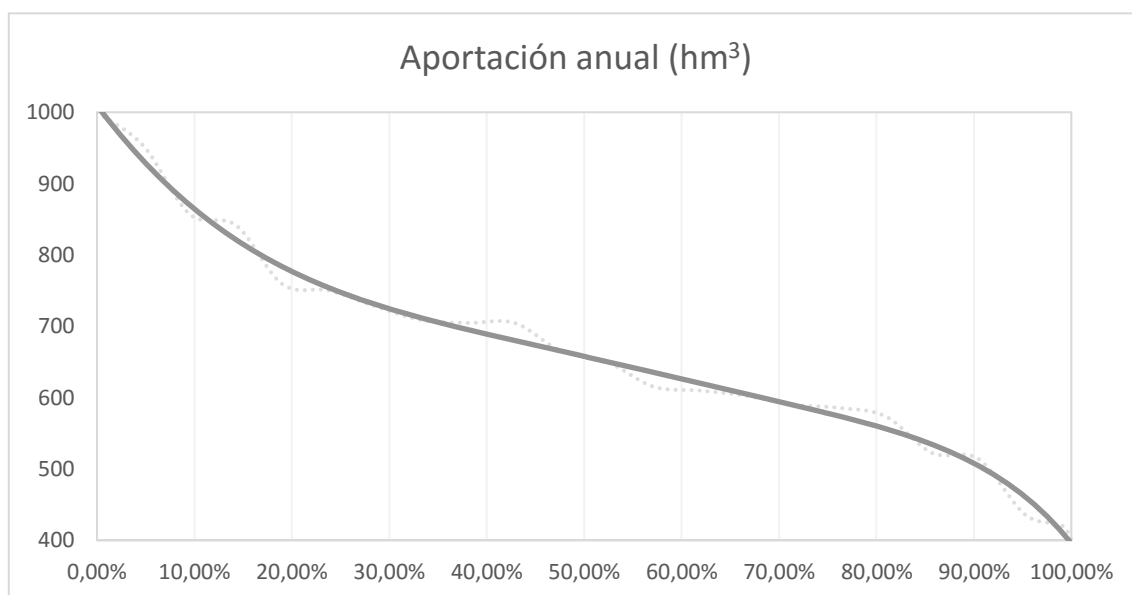


Figura 6-1: Aportación anual y frecuencia con la que se da

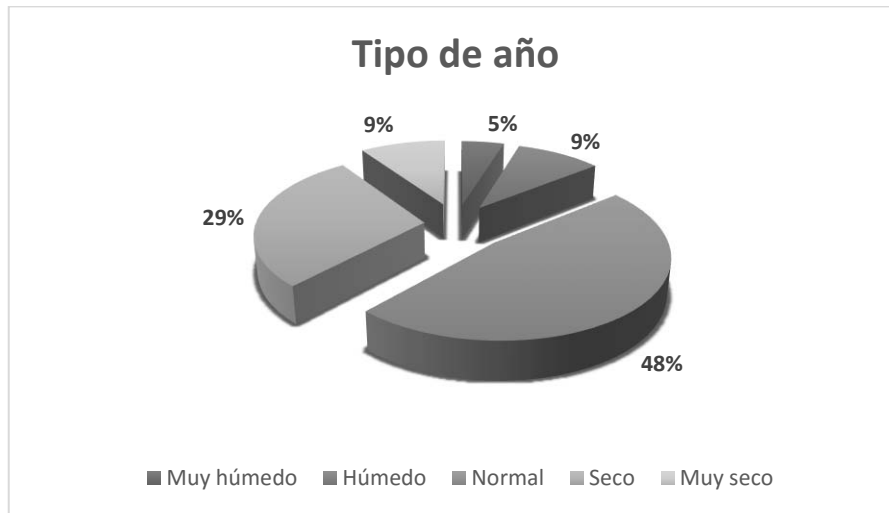


Figura 6-2

Una vez conocido el peso que tiene cada año sobre el total, para calcular el caudal disponible cada día, se ordenan de mayor a menor todos los caudales diarios de los años del estudio. A estos se les resta el caudal ecológico correspondiente según la época del año (visto anteriormente), y estos caudales restantes se suman multiplicándolos por su aportación según el peso que poseen.

Dada la extensión que tienen los datos de los caudales diarios a lo largo de los veintiún años, se procede a exponer el resultado final.

Día	Caudal disponible (m³/s)	Día	Caudal disponible (m³/s)	Día	Caudal disponible (m³/s)
1	329,294	13	101,243	25	65,341
2	251,810	14	97,083	26	63,404
3	216,436	15	93,418	27	61,462
4	192,025	16	91,286	28	60,227
5	176,930	17	87,332	29	58,076
6	158,251	18	82,804	30	56,365
7	142,284	19	80,535	31	54,506
8	128,345	20	77,308	32	53,457
9	122,043	21	75,518	33	52,530
10	115,579	22	72,593	34	51,648
11	110,376	23	71,070	35	51,039
12	105,539	24	68,865	36	50,283

Tabla 6-1: Frecuencia de caudales disponibles

Día	Caudal disponible (m3/s)	Día	Caudal disponible (m3/s)	Día	Caudal disponible (m3/s)
37	49,478	69	28,358	101	18,974
38	48,427	70	27,902	102	18,825
39	47,597	71	27,617	103	18,586
40	46,504	72	27,222	104	18,377
41	45,730	73	26,851	105	18,053
42	44,677	74	26,388	106	17,927
43	43,840	75	26,050	107	17,787
44	43,306	76	25,812	108	17,544
45	42,440	77	25,551	109	17,362
46	41,737	78	25,195	110	17,182
47	41,014	79	24,876	111	16,922
48	40,533	80	24,624	112	16,675
49	39,652	81	24,255	113	16,451
50	39,101	82	23,949	114	16,280
51	38,389	83	23,625	115	16,045
52	38,060	84	23,329	116	15,962
53	37,257	85	23,048	117	15,818
54	36,533	86	22,739	118	15,688
55	35,608	87	22,359	119	15,518
56	34,933	88	22,170	120	15,307
57	34,299	89	21,892	121	15,119
58	33,694	90	21,575	122	14,955
59	33,264	91	21,367	123	14,750
60	32,428	92	21,053	124	14,666
61	31,743	93	20,897	125	14,495
62	31,150	94	20,649	126	14,239
63	30,626	95	20,474	127	14,088
64	30,209	96	20,278	128	13,898
65	29,767	97	20,034	129	13,814
66	29,479	98	19,829	130	13,645
67	29,125	99	19,361	131	13,504
68	28,641	100	19,221	132	13,332

Tabla 6-1: Frecuencia de caudales disponibles

Día	Caudal disponible (m3/s)	Día	Caudal disponible (m3/s)	Día	Caudal disponible (m3/s)
133	13,212	165	9,281	197	6,663
134	13,012	166	9,179	198	6,575
135	12,893	167	9,077	199	6,525
136	12,795	168	9,025	200	6,475
137	12,646	169	8,897	201	6,419
138	12,444	170	8,786	202	6,323
139	12,291	171	8,776	203	6,241
140	12,188	172	8,669	204	6,192
141	12,057	173	8,583	205	6,135
142	11,759	174	8,537	206	6,059
143	11,633	175	8,436	207	5,992
144	11,506	176	8,262	208	5,902
145	11,349	177	8,182	209	5,840
146	11,230	178	8,135	210	5,781
147	11,145	179	8,037	211	5,733
148	11,095	180	7,973	212	5,649
149	10,940	181	7,880	213	5,582
150	10,843	182	7,785	214	5,530
151	10,726	183	7,687	215	5,465
152	10,629	184	7,580	216	5,372
153	10,523	185	7,534	217	5,314
154	10,390	186	7,428	218	5,159
155	10,361	187	7,393	219	5,094
156	10,258	188	7,314	220	5,009
157	10,177	189	7,182	221	4,949
158	10,044	190	7,121	222	4,907
159	9,909	191	7,060	223	4,868
160	9,811	192	6,990	224	4,806
161	9,656	193	6,933	225	4,739
162	9,621	194	6,862	226	4,660
163	9,498	195	6,769	227	4,595
164	9,342	196	6,706	228	4,514

Tabla 6-1: Frecuencia de caudales disponibles

Día	Caudal disponible (m3/s)	Día	Caudal disponible (m3/s)	Día	Caudal disponible (m3/s)
229	4,459	261	2,768	293	1,838
230	4,373	262	2,716	294	1,826
231	4,340	263	2,678	295	1,807
232	4,266	264	2,651	296	1,780
233	4,230	265	2,620	297	1,754
234	4,121	266	2,584	298	1,723
235	4,087	267	2,566	299	1,711
236	4,023	268	2,527	300	1,700
237	3,981	269	2,495	301	1,672
238	3,907	270	2,470	302	1,665
239	3,848	271	2,444	303	1,645
240	3,800	272	2,423	304	1,633
241	3,713	273	2,395	305	1,598
242	3,660	274	2,353	306	1,587
243	3,626	275	2,310	307	1,561
244	3,576	276	2,268	308	1,551
245	3,553	277	2,251	309	1,548
246	3,494	278	2,205	310	1,541
247	3,409	279	2,180	311	1,527
248	3,374	280	2,162	312	1,500
249	3,361	281	2,129	313	1,453
250	3,315	282	2,092	314	1,437
251	3,238	283	2,047	315	1,421
252	3,195	284	2,020	316	1,377
253	3,149	285	2,010	317	1,373
254	3,096	286	1,998	318	1,366
255	3,057	287	1,978	319	1,330
256	3,020	288	1,970	320	1,302
257	2,988	289	1,933	321	1,300
258	2,951	290	1,899	322	1,292
259	2,900	291	1,868	323	1,267
260	2,824	292	1,846	324	1,238

Tabla 6-1: Frecuencia de caudales disponibles

Día	Caudal disponible (m3/s)	Día	Caudal disponible (m3/s)	Día	Caudal disponible (m3/s)
325	1,235	339	1,066	353	0,804
326	1,230	340	1,038	354	0,784
327	1,215	341	1,012	355	0,757
328	1,195	342	1,002	356	0,737
329	1,184	343	0,974	357	0,727
330	1,176	344	0,962	358	0,700
331	1,166	345	0,950	359	0,682
332	1,120	346	0,915	360	0,663
333	1,119	347	0,907	361	0,603
334	1,113	348	0,883	362	0,577
335	1,104	349	0,873	363	0,555
336	1,102	350	0,853	364	0,502
337	1,082	351	0,832	365	0,493
338	1,070	352	0,811		

Tabla 6-1: Frecuencia de caudales disponibles

Este será el año tipo tenido en cuenta para el estudio. Esto representa, por tanto, el caudal de diseño o turbinable que estará disponible a lo largo del año, y se repetirá de manera aproximada cada año hidráulico.

La curva de caudales clasificados representa estos valores de forma gráfica, el régimen hidrológico de un cauce a efectos de aprovechamiento hidrológico.

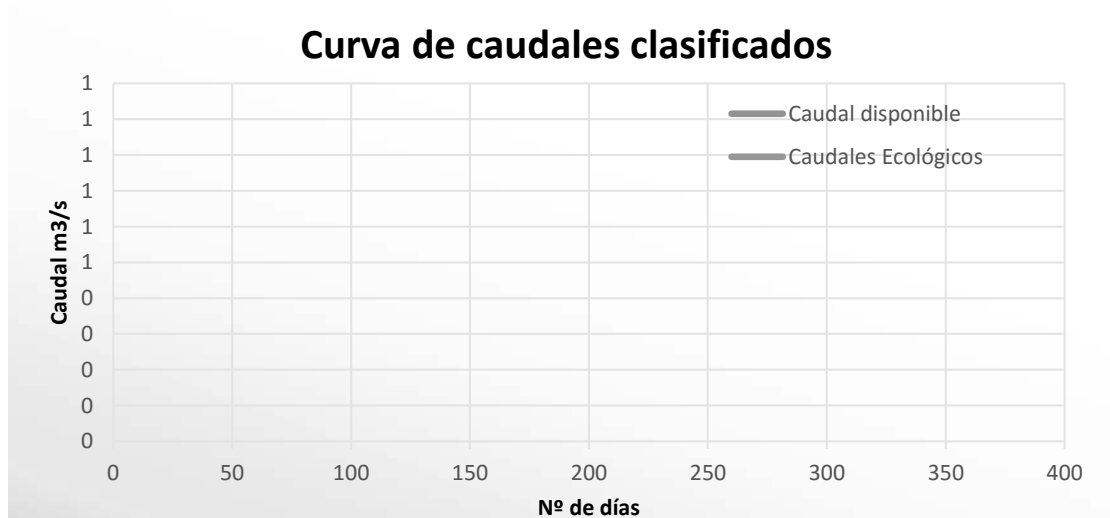


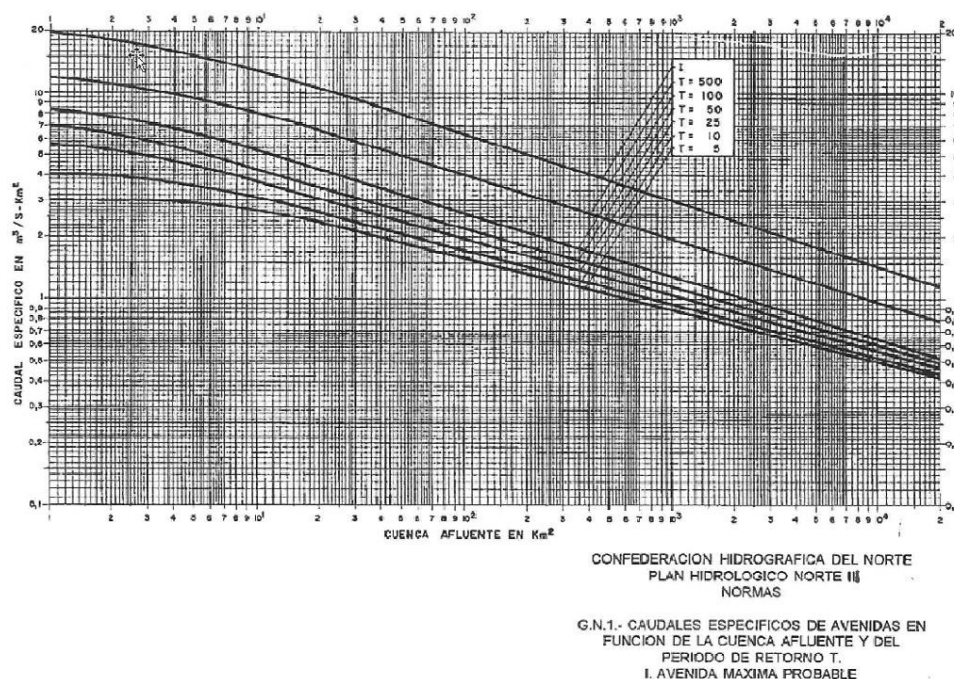
Gráfico 6-1: Curva de Caudales Clasificados

7. CAUDALES DE AVENIDA

Los caudales de avenida dan una estimación de la elevación que puede alcanzar la lámina de agua en el río. Es importante prever estas crecidas para el diseño y dimensionamiento de los equipos y sistemas de la central.

Se calcula la probabilidad de los caudales de avenida que se pueden producir cada 5, 10, 25, 100 y 500 años. Para ello se ha utilizado una aproximación mediante la gráfica proporcionada por Confederación Hidrográfica en su Plan Hidrográfico Norte III.

La gráfica devuelve el valor del caudal específico para una determinada área de la cuenca vertiente.



A la vista de la gráfica, para una cuenca vertiente de **467,3 km²** se consideran los siguientes caudales de avenidas.

Años	Caudal específico (m³/s·km²)	Caudal de avenida (m³/s)
5	1,09	509,357
10	1,15	537,395
25	1,39	649,547
50	1,42	663,566
100	1,63	761,699
500	2,48	1.158,904

ANEXO N°4:
CAUDAL DE EQUIPAMIENTO

ANEXO Nº4: CAUDAL DE EQUIPAMIENTO

1. INTRODUCCIÓN	2
2. CAUDAL MÍNIMO TÉCNICO	3
3. CAUDAL TURBINADO E ÍNDICE DE CARGA	4
4. RENDIMIENTOS DE TURBINA Y GENERADOR.....	10
5. CÁLCULO DE LA POTENCIA Y PRODUCCIÓN DE ENERGÍA.....	18
5.1. SALTO NETO	18
5.2. CÁLCULO DE LA POTENCIA GENERADA.....	22

1. INTRODUCCIÓN

Como se ha visto anteriormente, la curva de caudales clasificados proporciona información gráfica sobre el volumen de agua disponible y el volumen vertido por servidumbre o caudal ecológico. A continuación, los cálculos que se van a realizar son para obtener el caudal óptimo de equipamiento y el caudal mínimo técnico, buscando maximizar el volumen turbinado en el máximo de días posible.

2. CAUDAL MÍNIMO TÉCNICO

Las turbinas tienen un límite de operación que va desde el caudal de equipamiento (máximo caudal del que dispondrá la maquinaria) hasta el caudal mínimo técnico (aquel caudal mínimo al que es capaz de operar la turbina)

Para calcular éste, se aplica un factor al caudal nominal que guarda relación con el tipo de turbina que se prevé instalar.

$$Q_{mt} = K \cdot Q_e$$

Siendo:

Q_{mt} : Caudal mínimo técnico (m³/s)

Q_e : Caudal de equipamiento (m³/s)

K : Factor de proporcionalidad

El factor de proporcionalidad K depende del tipo de turbina que se instale en la central. Una aproximación de los valores de K en función del tipo de turbina instalada puede ser la siguiente:

Tipo de turbina	Coeficiente K
Pelton	0,10
Kaplan	0,25
SemiKaplan	0,40
Francis	0,40

En el caso que corresponde al presente proyecto, el caudal mínimo técnico será el que atañe a una turbina tipo Kaplan. Posteriormente se demostrará que es la más adecuada para este tipo de central. Por lo tanto el Caudal mínimo técnico será un 25% del caudal con el que se equipe la instalación y bajo el cual ésta no podrá operar.

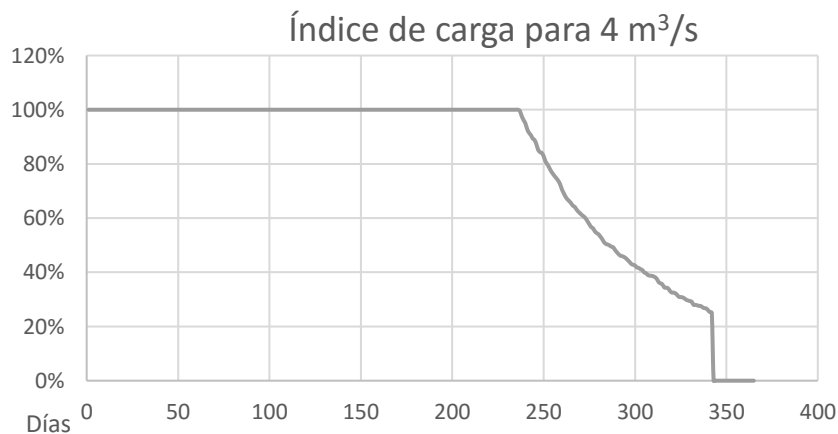
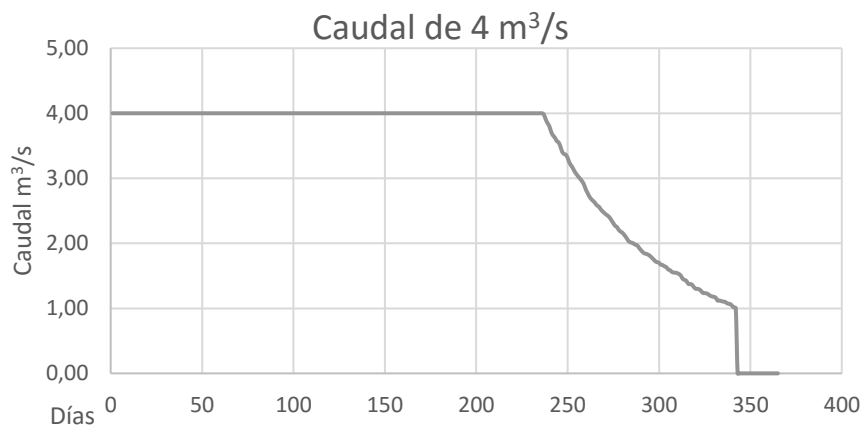
3. CAUDAL TURBINADO E ÍNDICE DE CARGA

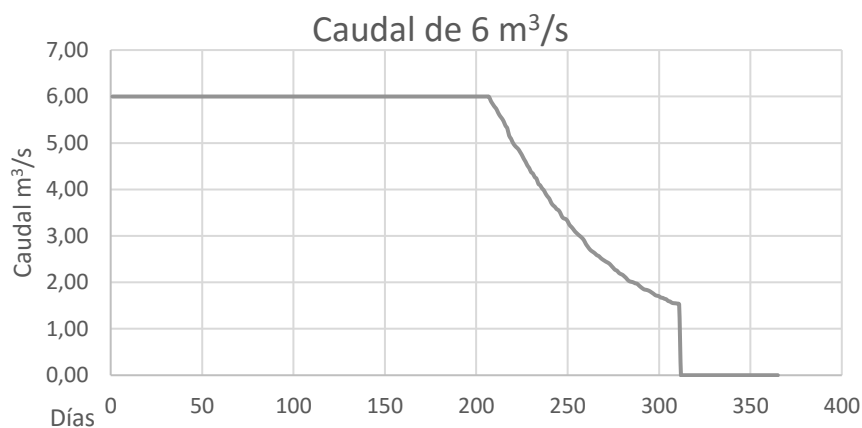
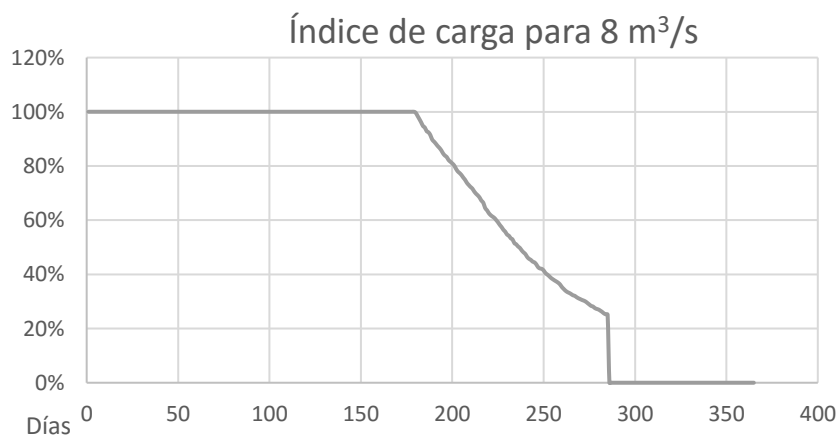
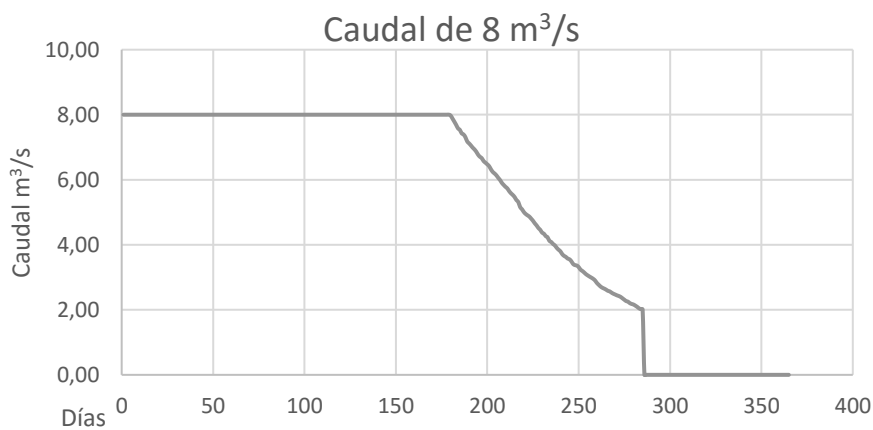
Partiendo de la curva de caudales clasificados y teniendo en cuenta el caudal mínimo técnico, se representan a continuación las distintas gráficas para distintos caudales de operación de la turbina.

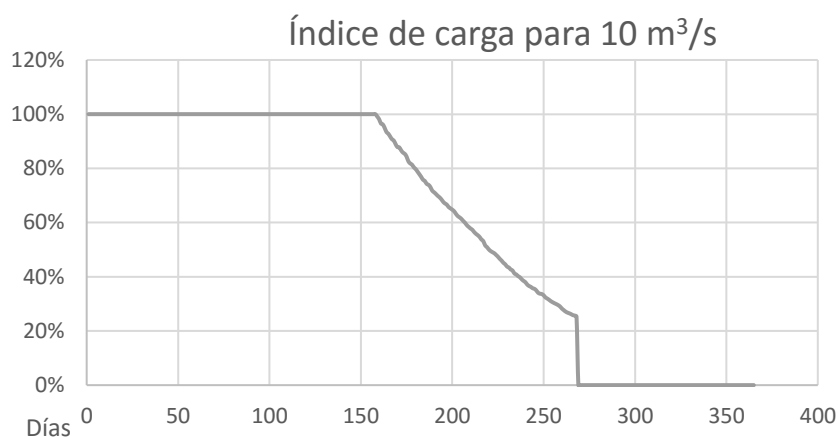
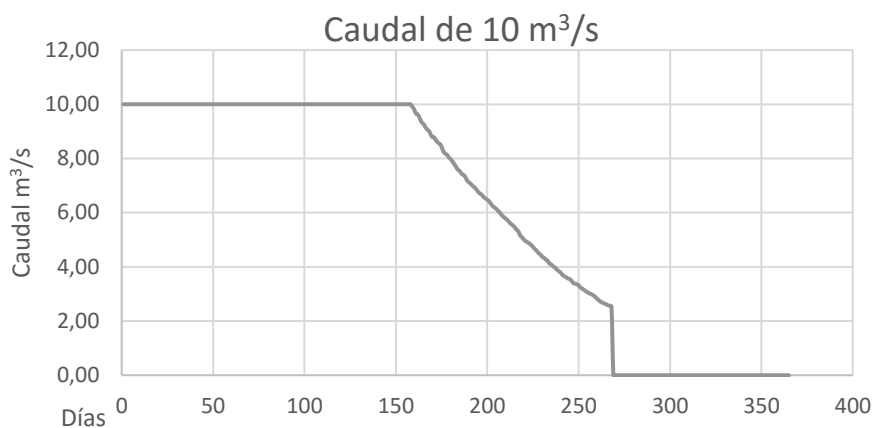
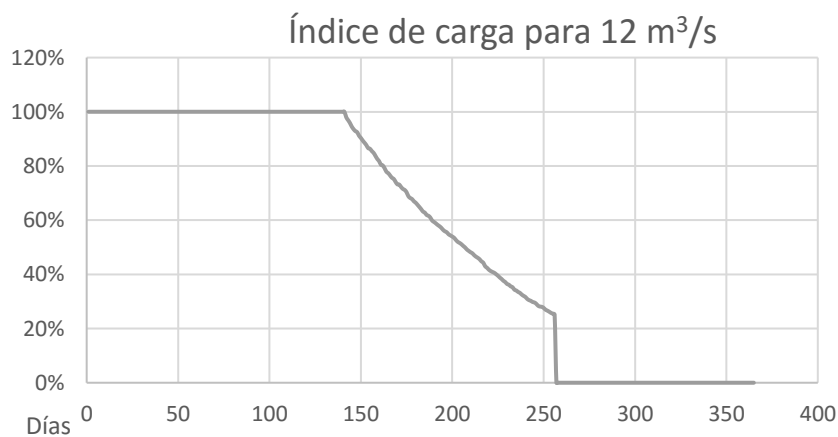
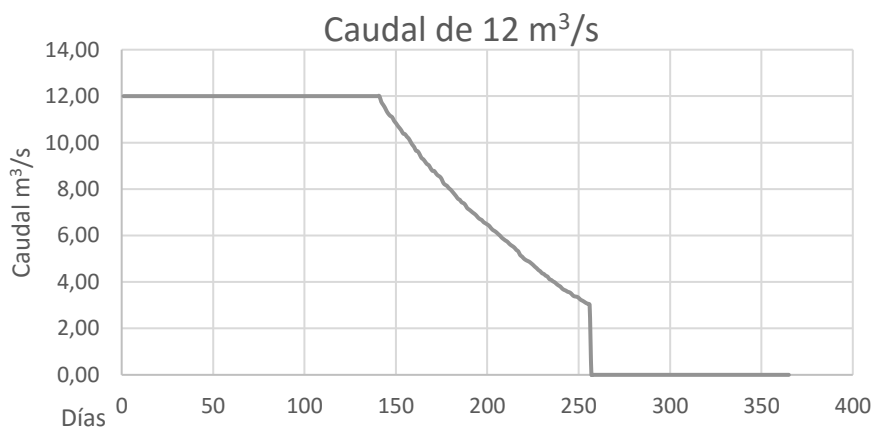
El índice de carga es la relación entre los caudales que pueden pasar por la turbina (desde cero hasta el caudal de equipamiento) y el propio caudal de equipamiento, en porcentaje. Así, cuando el caudal disponible sea inferior al de diseño, el índice de carga será inferior al 100%, siendo máximo para un caudal turbinado igual al de diseño.

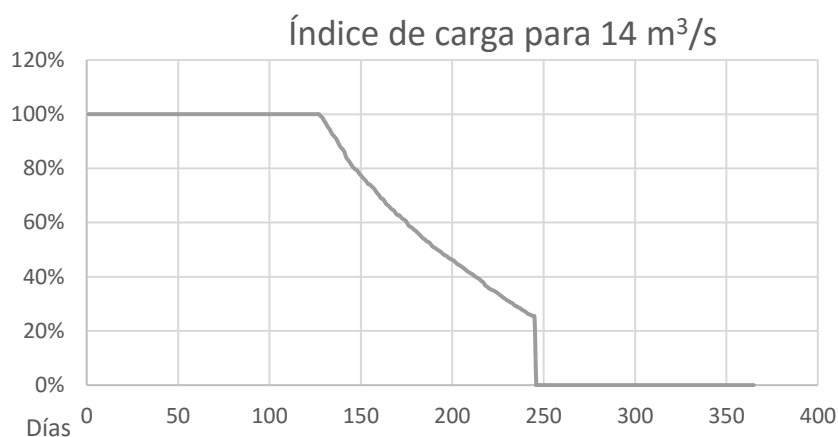
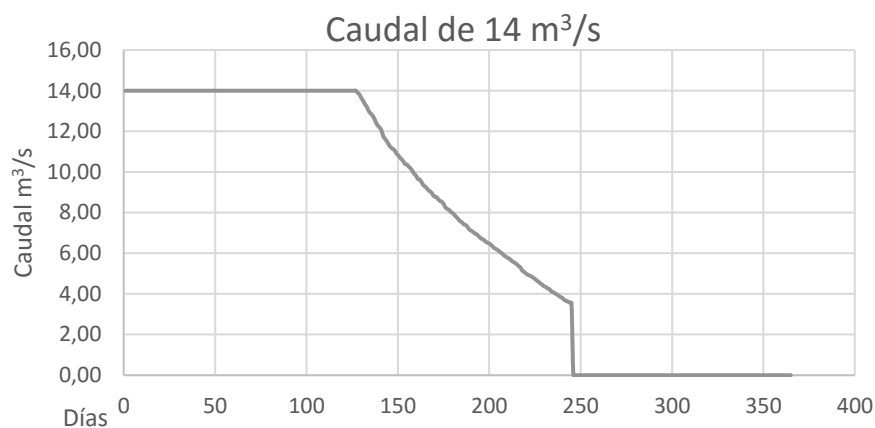
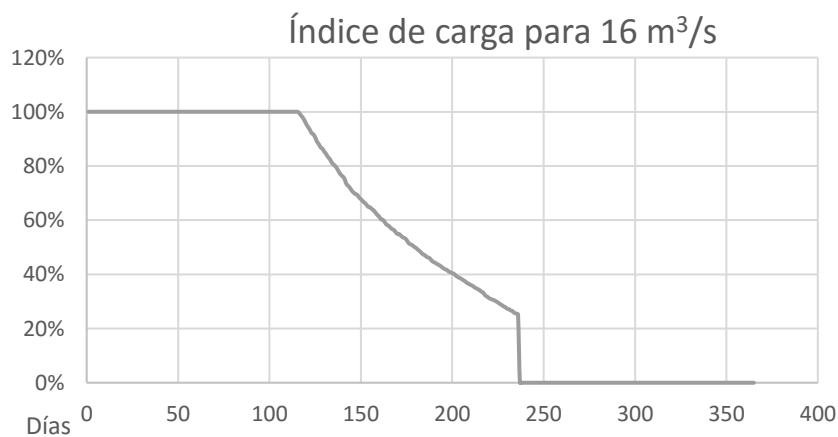
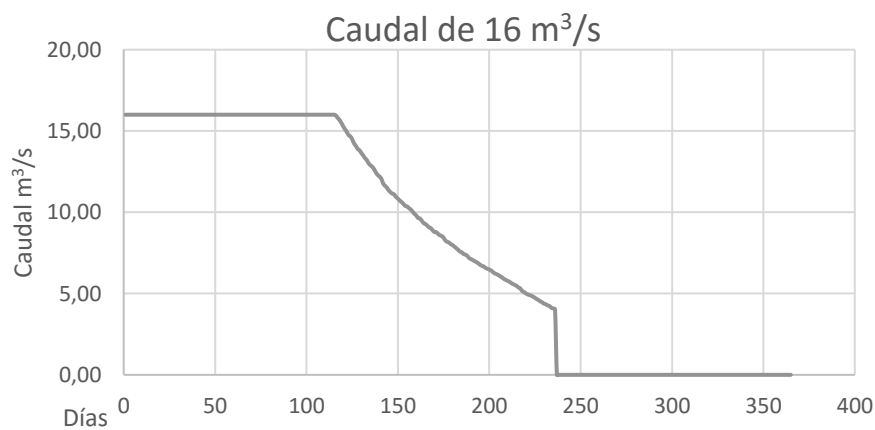
Las siguientes gráficas muestran la frecuencia con la que la turbina funcionaría con un caudal de diseño determinado, para distintos caudales turbinados y cuál sería su funcionamiento en el resto de los casos. Las gráficas del índice de carga son similares a las del caudal pero en porcentaje.

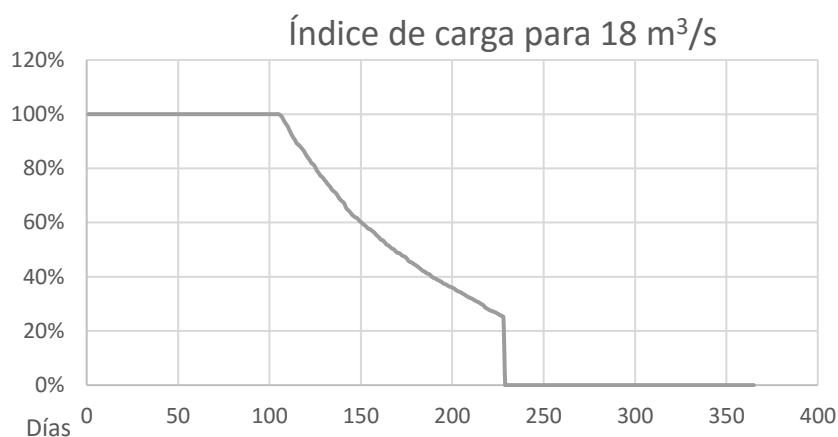
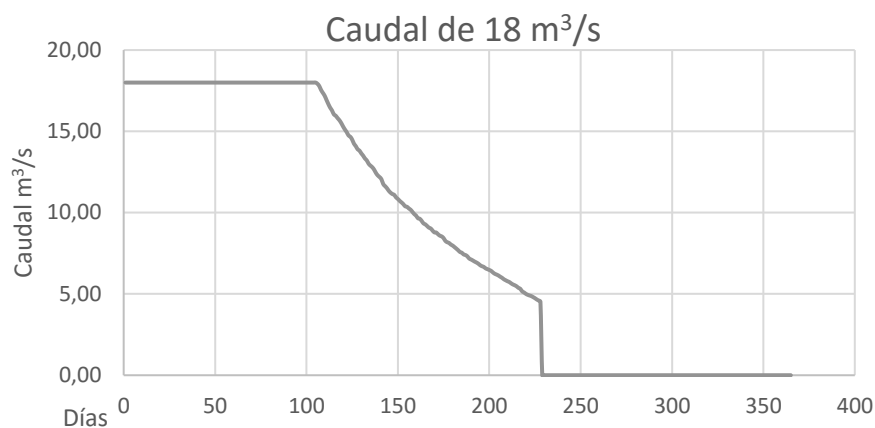
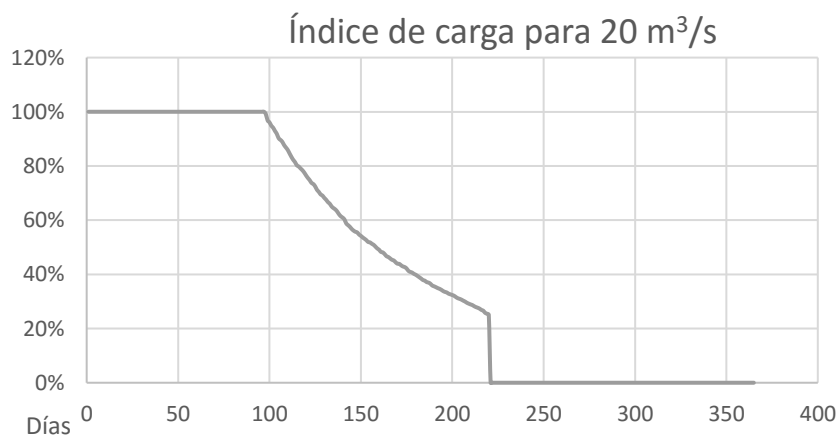
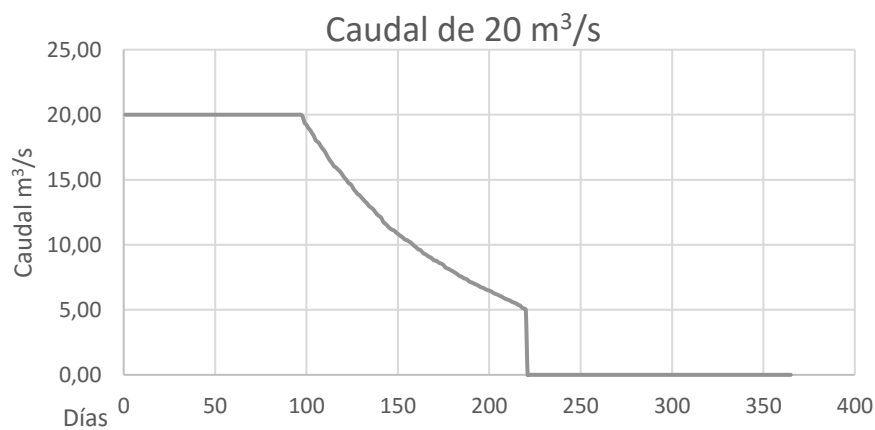
Caudal de equipamiento 4 m³/s

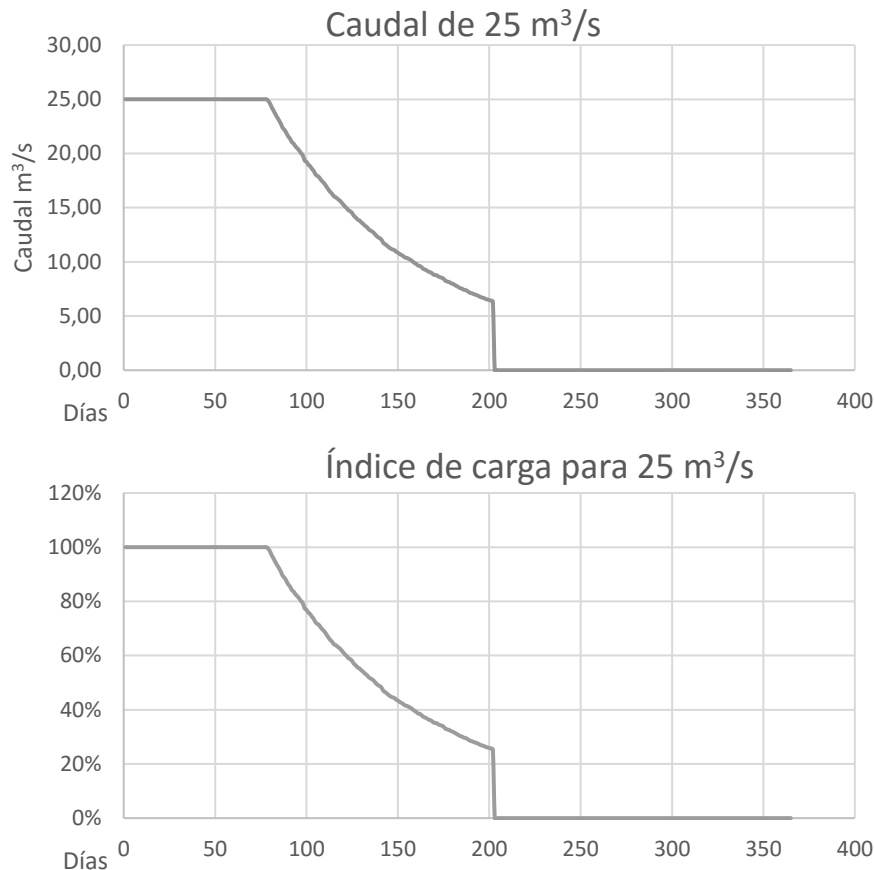


Caudal de equipamiento 6 m³/s**Caudal de equipamiento 8 m³/s**

Caudal de equipamiento 10 m³/s**Caudal de equipamiento 12 m³/s**

Caudal de equipamiento 14 m³/s**Caudal de equipamiento 16 m³/s**

Caudal de equipamiento 18 m³/s**Caudal de equipamiento 20 m³/s**

Caudal de equipamiento 25 m³/s

Se aprecia que en todas las gráficas hay un punto a partir del cual el caudal turbinado se hace cero, esto es porque las turbinas deben de trabajar con un caudal mínimo y así no se produzca cavitación en las mismas. Si esto sucediera (caudal inferior al mínimo técnico) habría de cerrarse la compuerta y parar la turbina para evitar daños, lo que se representa con valor nulo en las gráficas.

Se puede comprobar cómo al aumentar el caudal nominal, el caudal turbinado y el índice de carga disminuyen en un periodo de tiempo más corto, dado que estos caudales aparecerán con una frecuencia menor que los caudales inferiores a éste.

4. RENDIMIENTOS DE TURBINA Y GENERADOR

En este capítulo se pretende analizar de forma general cuál será el rendimiento de la turbina y el generador ante un caudal de equipamiento determinado. El rendimiento es función del índice de carga siendo, por lo general, mayor cuanto mayor es éste.

Por lo tanto se procede a analizar, de forma gráfica, cuál será el rendimiento de turbina y generador a lo largo del año.

La siguiente tabla representa el rendimiento de la turbina, el generador y la línea en función del índice de carga (de forma orientativa).

ÍNDICE DE CARGA	TURBINA	GENERADOR	TRANSFORMADOR	LÍNEA
100%	89,625%	96,000%	98,500%	93,000%
99%	89,700%	95,980%	98,498%	93,000%
98%	89,775%	95,960%	98,496%	93,000%
97%	89,850%	95,940%	98,494%	93,000%
96%	89,925%	95,920%	98,492%	93,000%
95%	90,000%	95,900%	98,490%	93,000%
94%	89,925%	95,880%	98,488%	93,000%
93%	89,850%	95,860%	98,486%	93,000%
92%	89,775%	95,840%	98,484%	93,000%
91%	89,700%	95,820%	98,482%	93,000%
90%	89,625%	95,800%	98,480%	93,000%
89%	89,550%	95,780%	98,478%	93,000%
88%	89,475%	95,760%	98,476%	93,000%
87%	89,400%	95,740%	98,474%	93,000%
86%	89,325%	95,720%	98,472%	93,000%
85%	89,250%	95,700%	98,470%	93,000%
84%	89,175%	95,680%	98,468%	93,000%
83%	89,100%	95,660%	98,466%	93,000%
82%	89,025%	95,640%	98,464%	93,000%
81%	88,950%	95,620%	98,462%	93,000%
80%	88,875%	95,600%	98,460%	93,000%
79%	88,800%	95,580%	98,458%	93,000%
78%	88,725%	95,560%	98,456%	93,000%
77%	88,650%	95,540%	98,454%	93,000%
76%	88,575%	95,520%	98,452%	93,000%
75%	88,500%	95,500%	98,450%	93,000%
74%	88,425%	95,480%	98,448%	93,000%

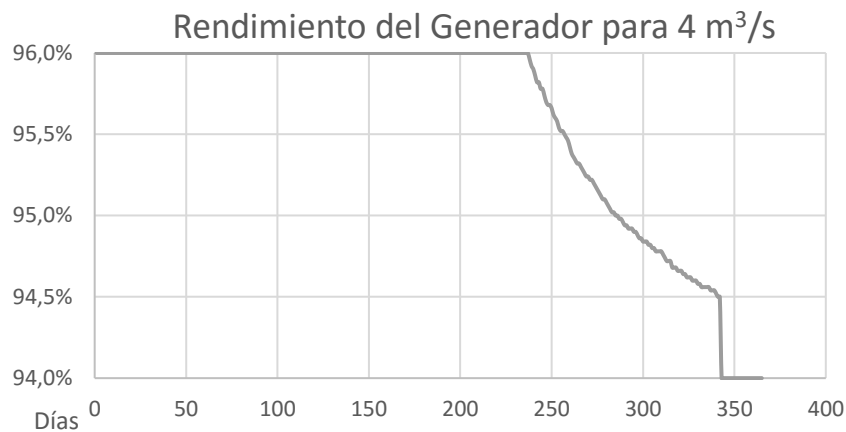
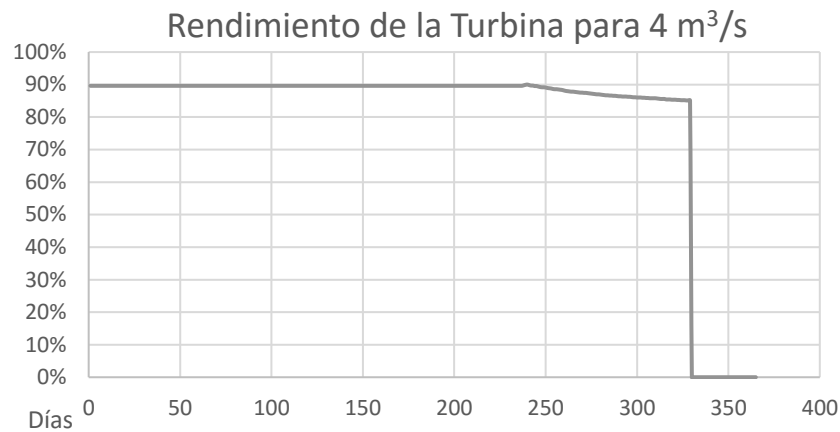
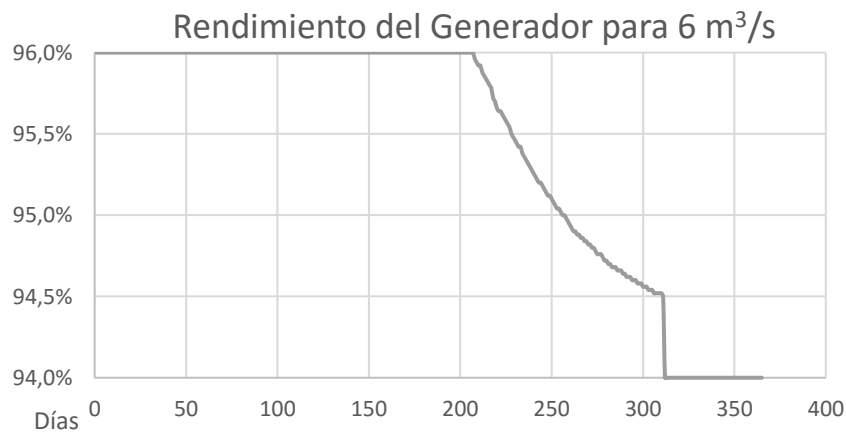
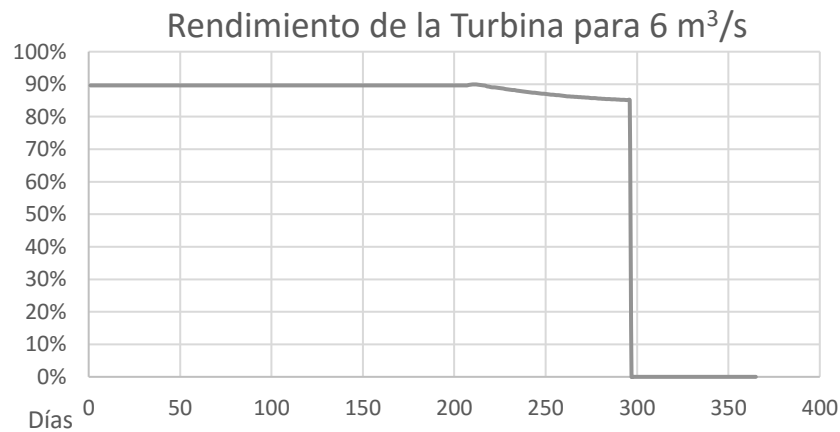
CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE RASINES

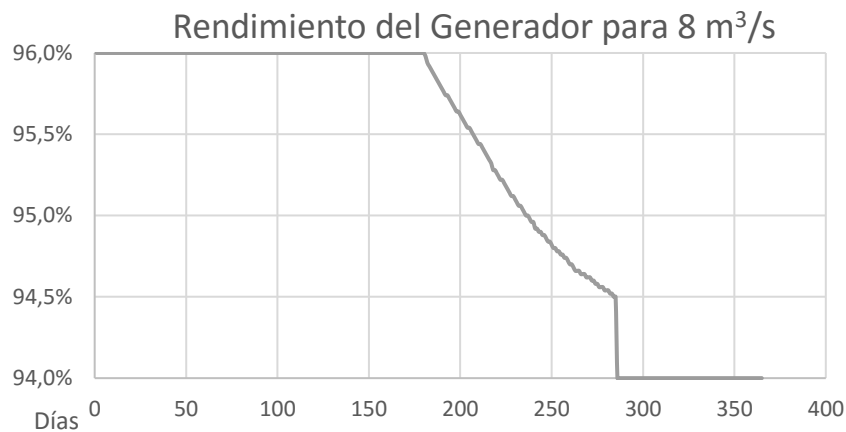
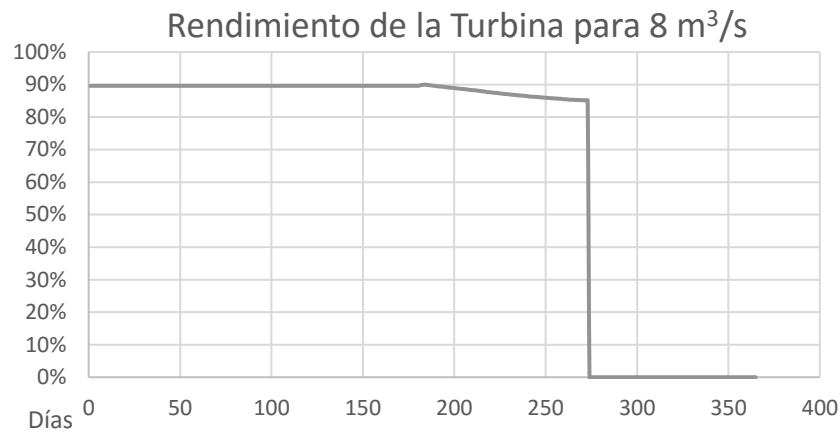
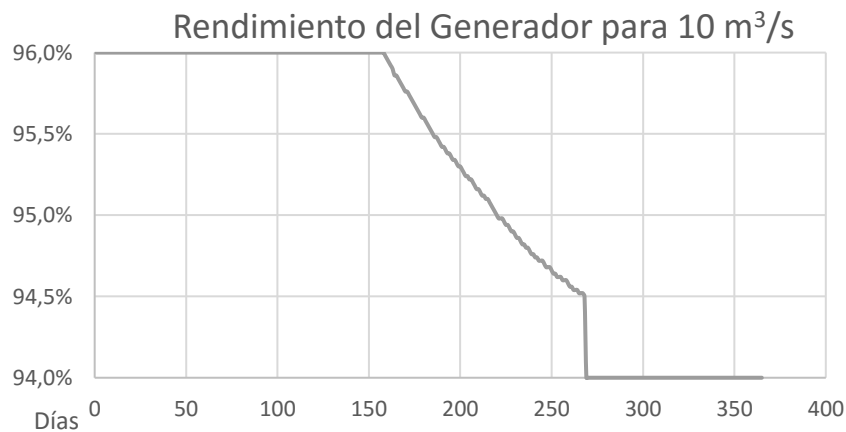
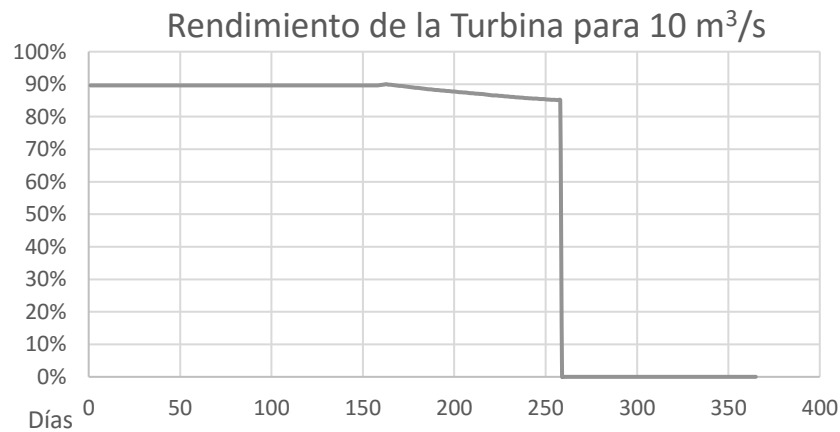
ÍNDICE DE CARGA	TURBINA	GENERADOR	TRANSFORMADOR	LÍNEA
73%	88,350%	95,460%	98,446%	93,000%
72%	88,275%	95,440%	98,444%	93,000%
71%	88,200%	95,420%	98,442%	93,000%
70%	88,125%	95,400%	98,440%	93,000%
69%	88,050%	95,380%	98,438%	93,000%
68%	87,975%	95,360%	98,436%	93,000%
67%	87,900%	95,340%	98,434%	93,000%
66%	87,825%	95,320%	98,432%	93,000%
65%	87,750%	95,300%	98,430%	93,000%
64%	87,675%	95,280%	98,428%	93,000%
63%	87,600%	95,260%	98,426%	93,000%
62%	87,525%	95,240%	98,424%	93,000%
61%	87,450%	95,220%	98,422%	93,000%
60%	87,375%	95,200%	98,420%	93,000%
59%	87,300%	95,180%	98,418%	93,000%
58%	87,225%	95,160%	98,416%	93,000%
57%	87,150%	95,140%	98,414%	93,000%
56%	87,075%	95,120%	98,412%	93,000%
55%	87,000%	95,100%	98,410%	93,000%
54%	86,925%	95,080%	98,408%	93,000%
53%	86,850%	95,060%	98,406%	93,000%
52%	86,775%	95,040%	98,404%	93,000%
51%	86,700%	95,020%	98,402%	93,000%
50%	86,625%	95,000%	98,400%	93,000%
49%	86,550%	94,980%	98,398%	93,000%
48%	86,475%	94,960%	98,396%	93,000%
47%	86,400%	94,940%	98,394%	93,000%
46%	86,325%	94,920%	98,392%	93,000%
45%	86,250%	94,900%	98,390%	93,000%
44%	86,175%	94,880%	98,388%	93,000%
43%	86,100%	94,860%	98,386%	93,000%
42%	86,025%	94,840%	98,384%	93,000%
41%	85,950%	94,820%	98,382%	93,000%
40%	85,875%	94,800%	98,380%	93,000%
39%	85,800%	94,780%	98,378%	93,000%
38%	85,725%	94,760%	98,376%	93,000%
37%	85,650%	94,740%	98,374%	93,000%
36%	85,575%	94,720%	98,372%	93,000%
35%	85,500%	94,700%	98,370%	93,000%
34%	85,425%	94,680%	98,368%	93,000%
33%	85,350%	94,660%	98,366%	93,000%
32%	85,275%	94,640%	98,364%	93,000%
31%	85,200%	94,620%	98,362%	93,000%

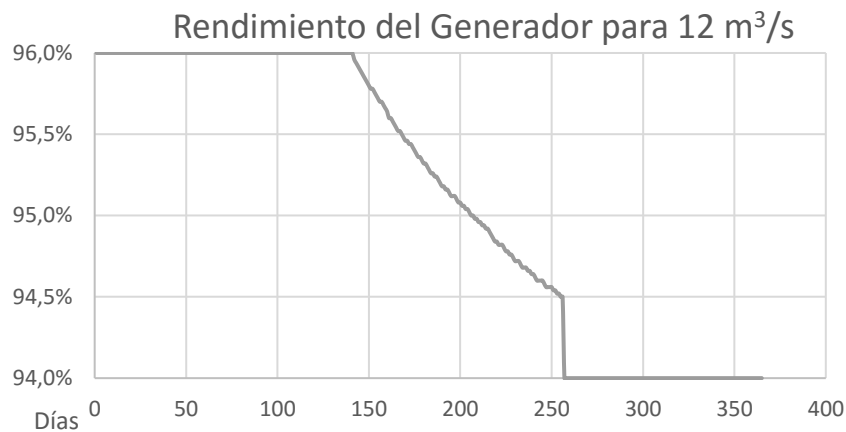
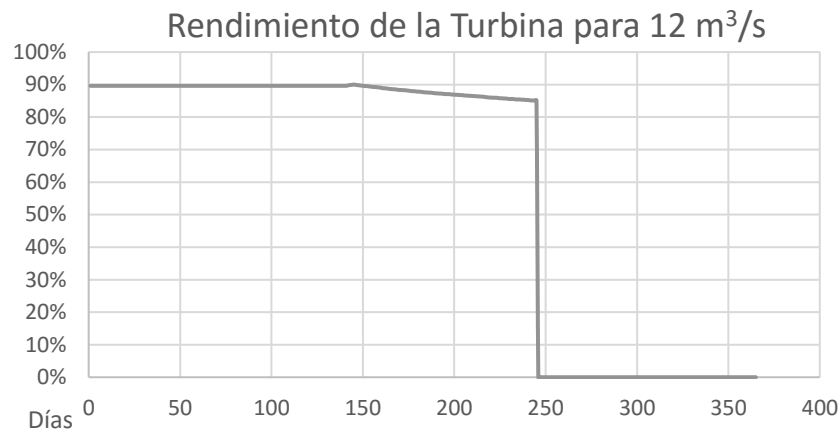
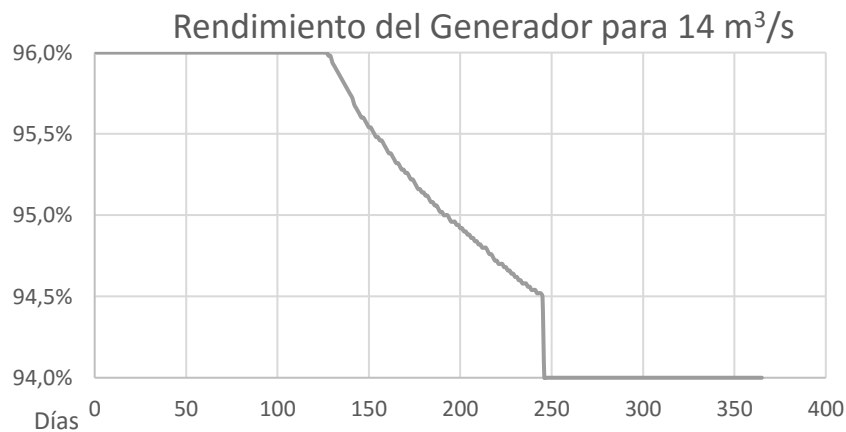
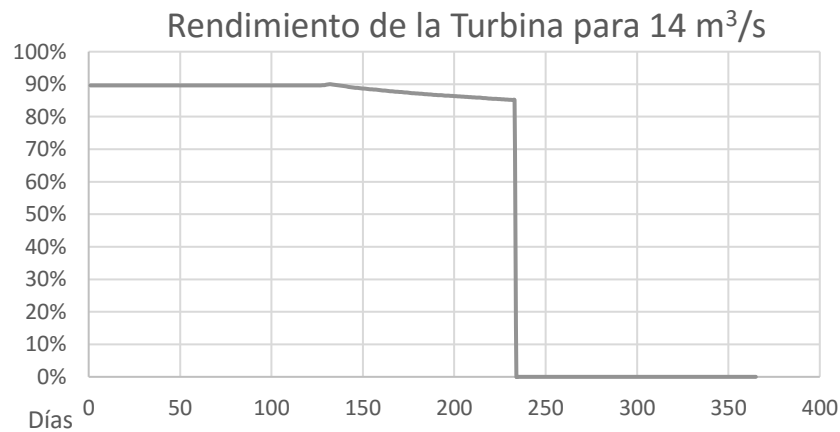
ÍNDICE DE CARGA	TURBINA	GENERADOR	TRANSFORMADOR	LÍNEA
30%	85,125%	94,600%	98,360%	93,000%
29%	0,000%	94,580%	98,358%	93,000%
28%	0,000%	94,560%	98,356%	93,000%
27%	0,000%	94,540%	98,354%	93,000%
26%	0,000%	94,520%	98,352%	93,000%
25%	0,000%	94,500%	98,350%	93,000%
24%	0,000%	94,480%	98,348%	93,000%
23%	0,000%	94,460%	98,346%	93,000%
22%	0,000%	94,440%	98,344%	93,000%
21%	0,000%	94,420%	98,342%	93,000%
20%	0,000%	94,400%	98,340%	93,000%
19%	0,000%	94,380%	98,338%	93,000%
18%	0,000%	94,360%	98,336%	93,000%
17%	0,000%	94,340%	98,334%	93,000%
16%	0,000%	94,320%	98,332%	93,000%
15%	0,000%	94,300%	98,330%	93,000%
14%	0,000%	94,280%	98,328%	93,000%
13%	0,000%	94,260%	98,326%	93,000%
12%	0,000%	94,240%	98,324%	93,000%
11%	0,000%	94,220%	98,322%	93,000%
10%	0,000%	94,200%	98,320%	93,000%
9%	0,000%	94,180%	98,320%	93,000%
8%	0,000%	94,160%	98,300%	93,000%
7%	0,000%	94,140%	98,280%	93,000%
6%	0,000%	94,120%	98,260%	93,000%
5%	0,000%	94,100%	98,240%	93,000%
4%	0,000%	94,080%	98,220%	93,000%
3%	0,000%	94,060%	98,200%	93,000%
2%	0,000%	94,040%	98,180%	93,000%
1%	0,000%	94,020%	98,160%	93,000%
0%	0,000%	94,000%	98,140%	93,000%

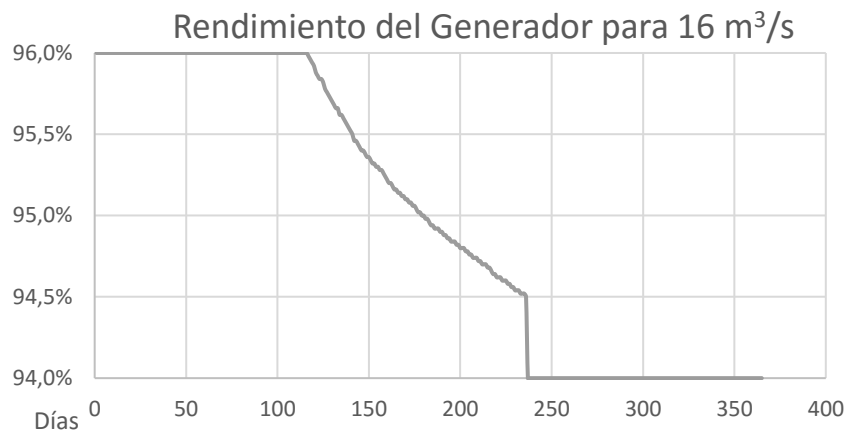
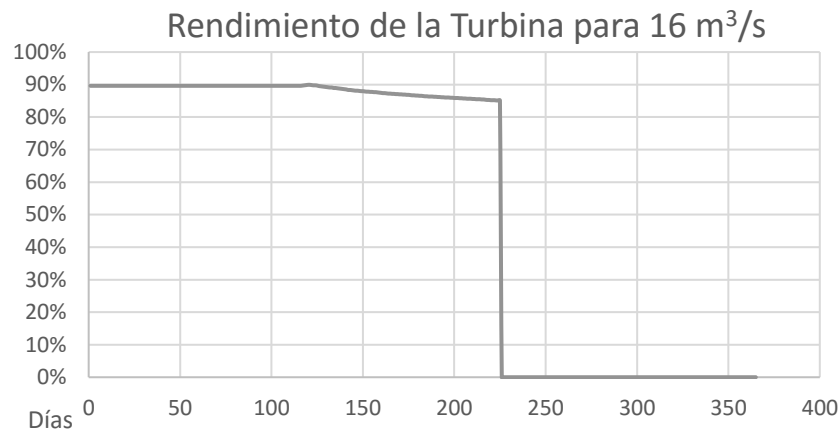
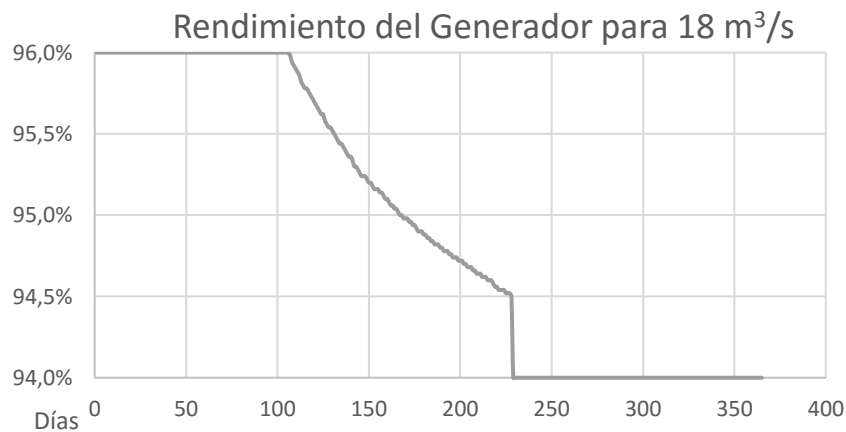
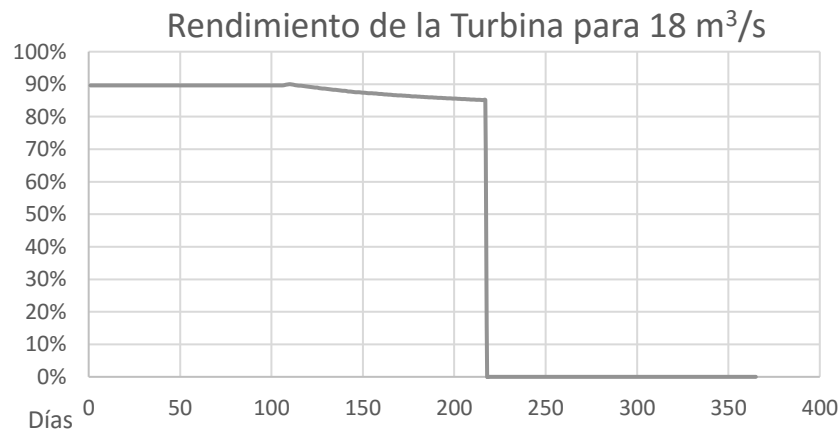
Con esta tabla y en función del índice de carga se representan las curvas que generan el rendimiento de la turbina y el generador a lo largo de un año.

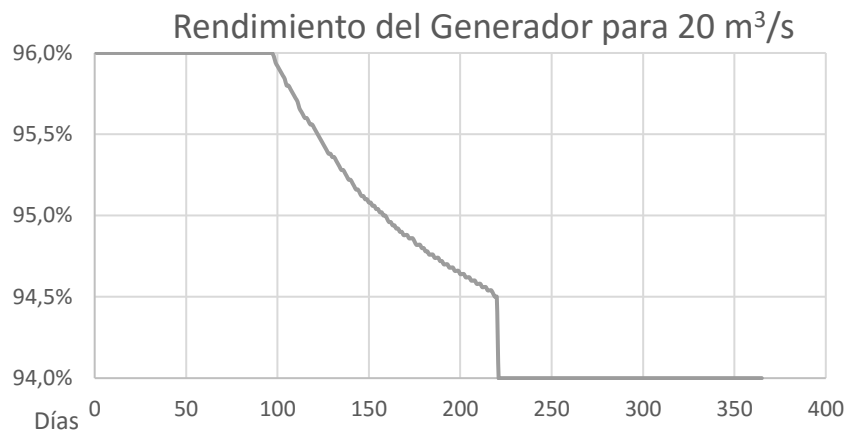
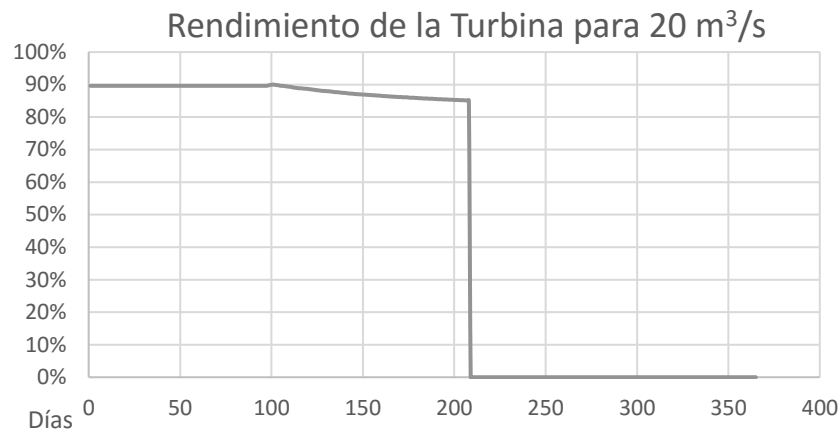
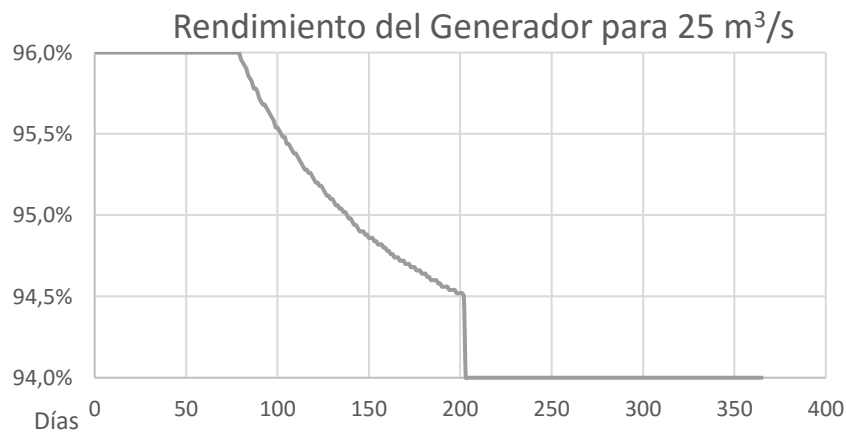
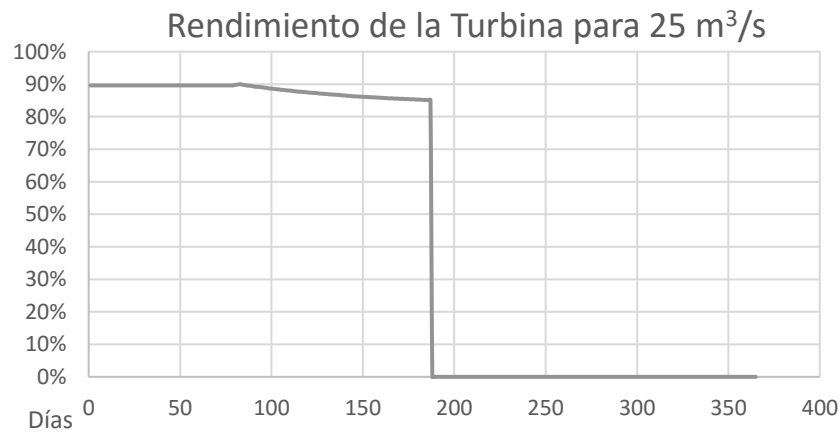
Se puede apreciar cómo el rendimiento de la turbina se hace cero cuando el índice de carga es inferior al 30%, esto en realidad está relacionado con el caudal mínimo técnico que se ha visto anteriormente. Según la fuente de datos que se consulte el mínimo técnico se sitúa entre el 20% y el 30%.

Caudal de equipamiento 4 m³/s**Caudal de equipamiento 6 m³/s**

Caudal de equipamiento 8 m³/s**Caudal de equipamiento 10 m³/s**

Caudal de equipamiento 12 m³/s**Caudal de equipamiento 14 m³/s**

Caudal de equipamiento 16 m³/s**Caudal de equipamiento 18 m³/s**

Caudal de equipamiento 20 m³/s**Caudal de equipamiento 25 m³/s**

5. CÁLCULO DE LA POTENCIA Y PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

El cálculo de la potencia viene afectado por la energía potencial gravitatoria, el caudal turbinado, el salto neto y el rendimiento de la maquinaria (turbina, generador...).

La potencia eléctrica que proporcionará el generador acoplado a la turbina vendrá dada por la expresión

$$P = 9,81 \cdot \eta_T \cdot \eta_G \cdot Q_T \cdot H_n$$

En la que aparecen todos los términos comentados anteriormente. Los valores del rendimiento ya han sido mostrados y el caudal turbinado es el instalado. Solo falta calcular el salto neto.

5.1. SALTO NETO

Se le llama salto a la diferencia de cota que hay entre la lámina de agua a la entrada del aprovechamiento, en el azud (entrada al canal) y la lámina de agua a la salida del caudal que ha pasado por la turbina en su vuelta al cauce natural del río.

Esta diferencia de cota es variable en cuanto varía la altura de la lámina del río, la cual depende del caudal que circula por el cauce. Por lo tanto, el salto es función del caudal del río y de la sección de éste.

El *Salto Bruto* es la diferencia de cota que hay entre los dos puntos anteriormente mencionados pero sin contar la lámina de agua. Responde exclusivamente a la geometría del terreno. Es un valor fijo.

El *Salto Útil* es el desnivel existente entre la superficie libre del agua en la cámara de carga y el nivel de desagüe en la turbina.

El *Salto Neto* es el resultante de descontar al Salto Útil las pérdidas que sufre la energía del agua en su paso por el aprovechamiento. Pérdidas de la turbina, del canal, de la tubería forzada...

Representa la máxima energía que se podrá transformar en trabajo en el eje de la turbina.

Las *pérdidas de carga* son las pérdidas por fricción del agua contra las paredes del canal y las que se producen en la tubería forzada, además de las pérdidas ocasionadas por turbulencia en el paso por los distintos elementos de la central. Se miden como pérdidas de presión (o altura de salto) y se calculan mediante fórmulas derivadas de la dinámica de fluidos.

Para una primera aproximación, se puede estimar el salto bruto mediante un plano topográfico. No obstante, para una determinación más correcta y exacta es necesario realizar un levantamiento topográfico de la zona. Asimismo, también se puede suponer que las pérdidas de carga son del orden del 5% al 10% del salto bruto.

$$H_n = H_u - H_p$$

Fundamentalmente hay dos maneras de calcular el Salto Neto.

La primera sería descontando al Salto Útil todas las pérdidas de carga del caudal de agua en su paso por todos los elementos de la instalación.

Otra forma es analizando el caudal de agua que discurre por el río a la toma del canal y a la salida de la central. Como ya se ha explicado, la altura de la lámina de agua varía en función del caudal y la sección, por lo que se puede estimar la diferencia de cota entre estos dos puntos conociendo el comportamiento del río.

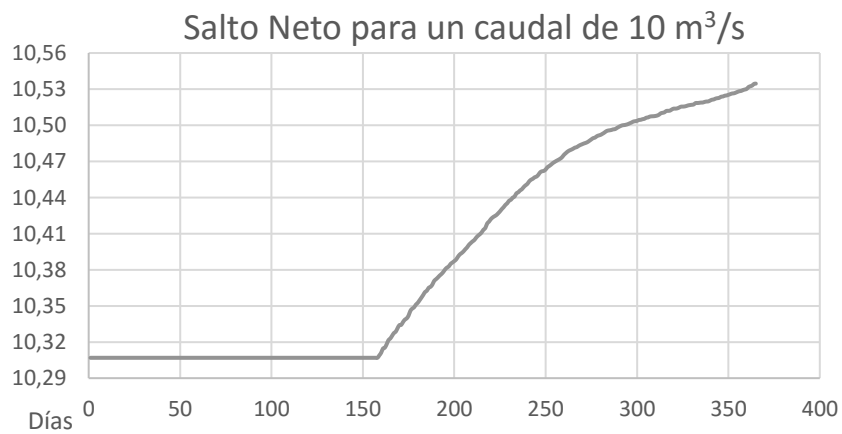
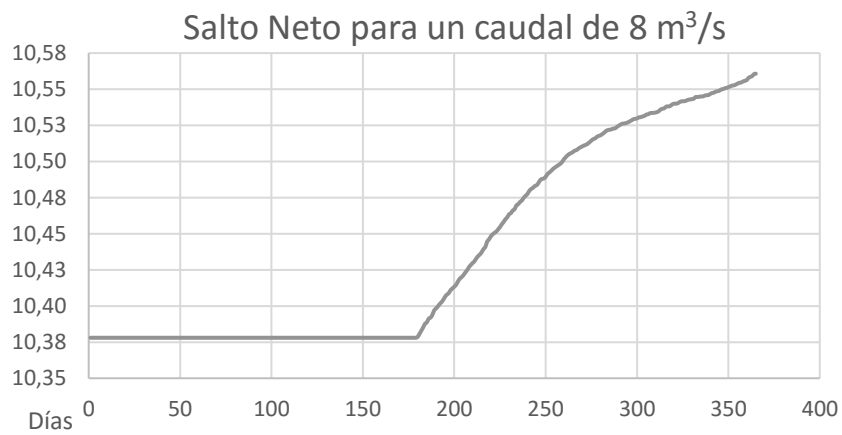
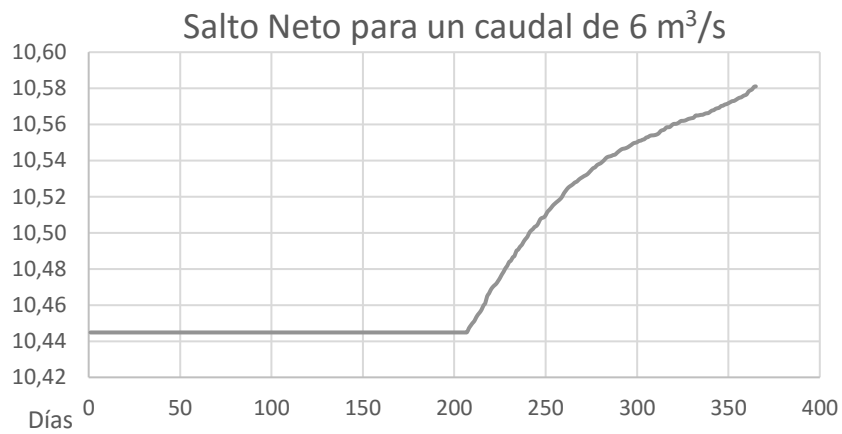
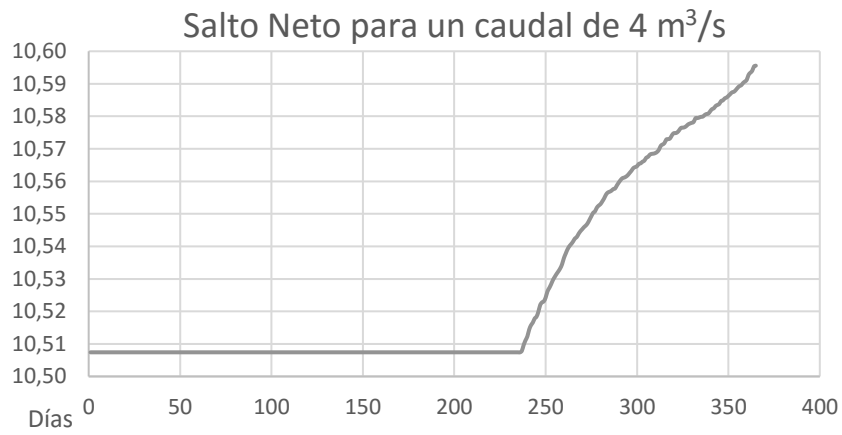
En el presente proyecto se ha desarrollado de esta última manera. Para ello se ha desarrollado una ecuación de tercer grado en la que aparece el Salto Bruto, el caudal turbinado y el caudal de equipamiento, y en función de éstos varía el Salto Neto, dado que es función de la altura de la lámina de agua.

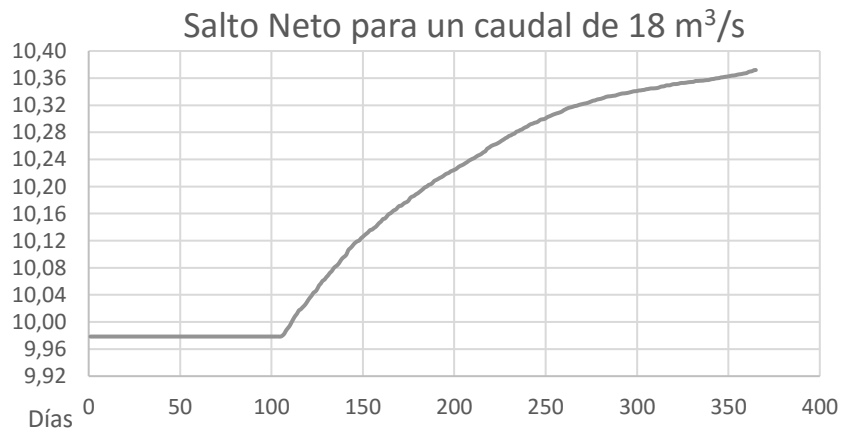
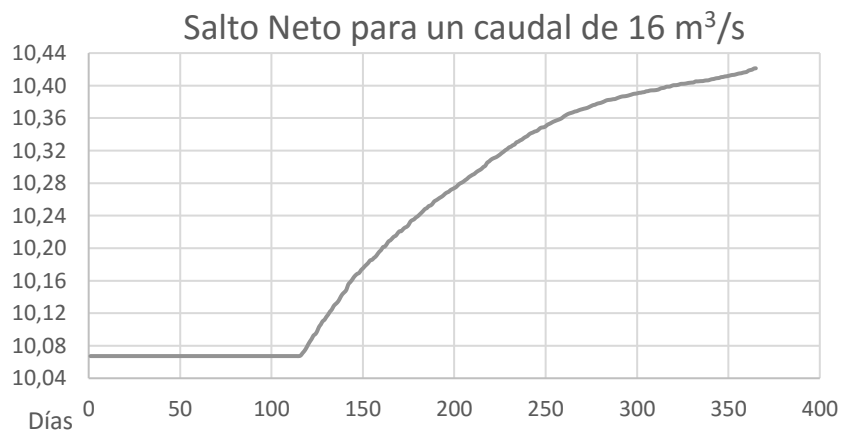
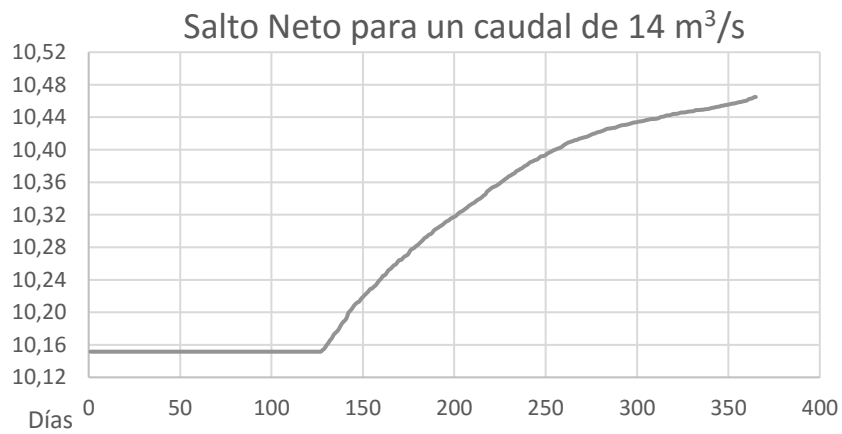
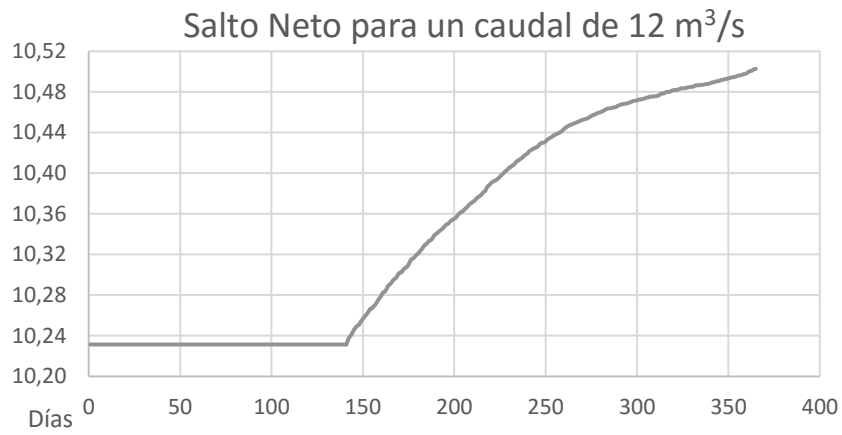
$$H_n = -0,000001 \cdot Q_t^3 + 0,000213 \cdot Q_t^2 - 0,026077 \cdot Q_t + H_b - 0,000726235 \cdot Q_e^2$$

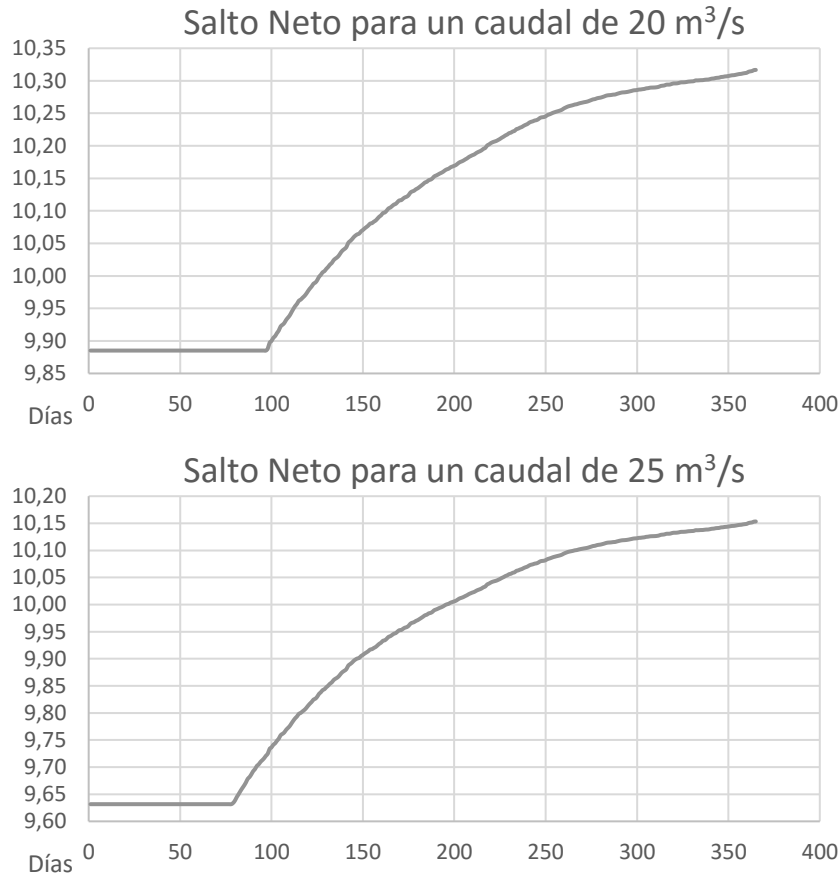
Esta ecuación ha sido desarrollada y estimada en función de la geometría del terreno y altura de la lámina de agua. Con un estudio más profundo se deberían realizar continuas mediciones de la altura de lámina agua en el tramo del río y evaluar la sección de éste para poder asemejarlo a una parábola de orden n.

En el caso de estudio, el Salto Bruto estimado es de 10,62 m.

A continuación se muestra la variación del Salto Neto en función del caudal de equipamiento.







Se puede apreciar cómo disminuye el Salto Neto a medida que aumenta el caudal de diseño. Esto afectará a la potencia generada ya que cuanto mayor es el Salto y el caudal, mayor será potencia generada, pero habrá un punto en el que la disminución del Salto se compense con el aumento del caudal. Ese será el punto de máxima potencia.

5.2. CÁLCULO DE LA POTENCIA GENERADA

Gracias a la fórmula que se ha visto anteriormente de la potencia, se puede saber cuál será la máxima potencia generada por la central, y será la potencia nominal de la turbina medida en kW.

Conocida la potencia, se puede estimar también la energía producida anualmente en la central, sumando la energía diaria generada a lo largo del año, teniendo en cuenta solamente el volumen de agua turbinado y no el volumen que podría ser embalsado para turbinarlo a potencia máxima. A ésta se le llama *producción fluyente*. Ya que depende únicamente del volumen de agua disponible en el río en cada momento.

Además, la central objeto de estudio se ha diseñado para que disponga de un canal que hará las veces de embalse, asegurando así que el caudal que entre a la turbina sea siempre el máximo, incluso cuando no se den las condiciones en el río. A ésta se le llama *producción regulada*, ya que se turbinará cuando se den las condiciones óptimas.

Dada la extensión de los datos, se procede a exponer exclusivamente un resumen de los cálculos en el que se aprecian los resultados finales.

La *potencia* ha sido calculada con la ecuación vista anteriormente, en función del rendimiento de la maquinaria, el salto neto y el caudal de equipamiento.

$$P = \max(9,81 \cdot \eta_T \cdot \eta_G \cdot Q_{T_n} \cdot H_n)$$

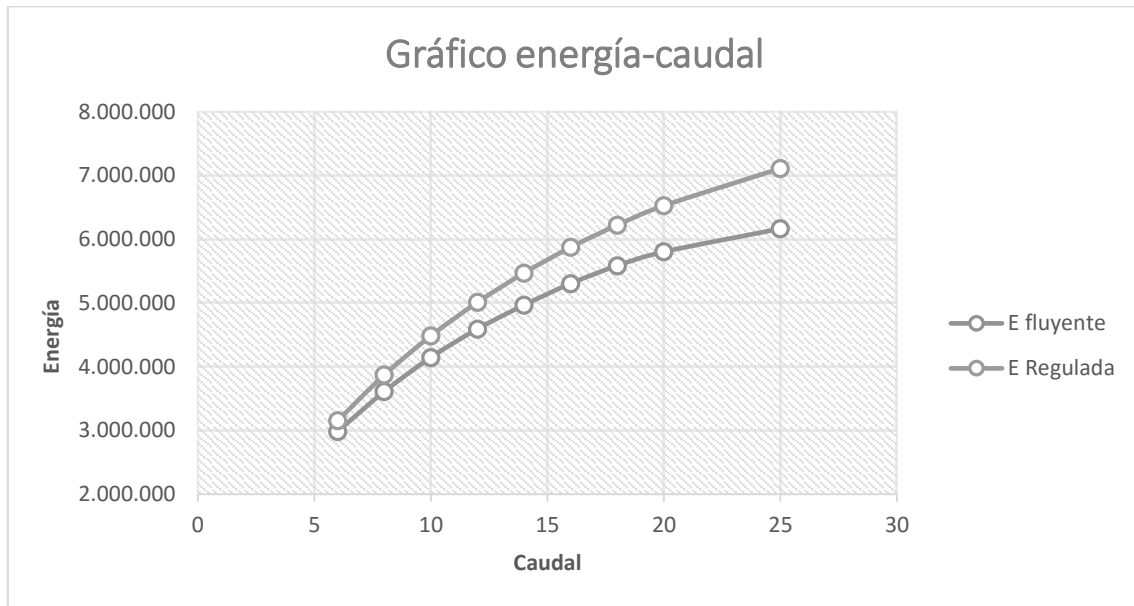
La *producción fluyente* anual se calcula con la suma de las producciones diarias, es decir, la potencia por las 24 horas del día.

$$E_F = \sum_{n=1}^{365} P_n \cdot 24$$

La *producción regulada* anual se calcula con la suma de las producciones diarias, pero teniendo en cuenta que la potencia no es máxima las 24 horas del día. Por lo tanto cuando el caudal turbinado sea inferior al de equipamiento se multiplica 24 por la relación entre ambos caudales.

$$E_R = \sum_{n=1}^{365} P_n \cdot \frac{Q_{t_n}}{Q_e} \cdot 24$$

CAUDAL DE EQUIPAMIENTO (m ³ /s)	POTENCIA GENERADOR (kW)	PRODUCCIÓN FLUYENTE ANUAL (kWh)	PRODUCCIÓN REGULADA ANUAL (kWh)
4	325,35	2.240.456,40	2.313.184,46
6	484,85	2.985.275,08	3.154.134,02
8	641,95	3.610.269,03	3.871.277,85
10	796,44	4.146.003,78	4.483.993,21
12	948,08	4.592.475,19	5.010.553,94
14	1.096,66	4.967.344,81	5.471.140,14
16	1.241,94	5.305.183,84	5.873.394,35
18	1.383,70	5.585.442,00	6.222.894,63
20	1.521,69	5.803.364,62	6.526.567,77
25	1.848,62	6.165.193,48	7.111.807,41



Se puede apreciar que la producción regulada es mayor que la fluyente gracias al hecho de almacenar agua para poder aprovechar y generar más energía.

Es importante hacer notar que a priori se podrían considerar caudales mayores, ya que a la vista está que existirá una mayor producción de energía con un caudal más elevado, pero es necesario tener en cuenta que a mayores caudales mayor es el coste de la turbina y de los equipos a instalar, por lo que se han descartado caudales mayores que disparan el coste de la central.

ANEXO N°5:
ESTUDIO DE VIABILIDAD Y
PRODUCCIÓN

ANEXO N°5: ESTUDIO DE VIABILIDAD Y PRODUCCIÓN

1.	INTRODUCCIÓN	2
2.	PRODUCCIÓN E INVERSIÓN.....	3
2.1.	ÍNDICE DE POTENCIA.....	4
2.2.	ÍNDICE DE ENERGÍA	4
3.	ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD DE LA CENTRAL.....	5
3.1.	INTRODUCCIÓN	5
3.2.	VALOR ACTUAL NETO (VAN)	5
3.3.	TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	6
3.4.	ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA.....	6
3.4.1.	Ingresos.....	6
3.4.2.	Gastos	6
3.4.3.	Resultados.....	7
3.5.	ELECCIÓN DEL CAUDAL	12

1. INTRODUCCIÓN

En los anexos anteriores se han desarrollado los conceptos de año tipo, caudales de equipamiento y potencia generada. Conceptos fundamentales para determinar el caudal de diseño. Sin embargo, ninguno de ellos es válido si no se cuantifican en términos económicos.

Al final, la construcción y puesta en marcha de una central tiene como objetivo la generación de energía eléctrica y vender ésta para obtener beneficios. Además de los ingresos que se efectúen gracias a la venta, hay que tener en cuenta la inversión que debe ser necesaria para poner a funcionar el equipo.

El presente anexo tiene como objetivo evaluar la viabilidad del proyecto, teniendo en cuenta las alternativas posibles de diseño y buscando la que ofrezca una mayor rentabilidad.

El desarrollo de una central hidroeléctrica lleva consigo una serie de gastos que se suceden a lo largo de la vida de la central. Estos gastos van desde la inversión al inicio del proyecto, coste de los elementos y dispositivos, seguros, impuestos hasta gastos de operación y mantenimiento.

Por el contrario, los beneficios de la central están relacionados casi en exclusiva, con la venta de energía eléctrica. Además sus costes de explotación son relativamente bajos a pesar de la necesidad de un gran desembolso inicial.

Estos beneficios, como ya se ha comentado, son función de la potencia generada, y ésta a su vez, del caudal de equipamiento. Por lo que a continuación se desarrollarán las distintas alternativas con el fin de buscar la solución más favorable en cuanto a rentabilidad se refiere.

2. PRODUCCIÓN E INVERSIÓN

Cuando se trata de contrastar los datos de producción e inversión se utiliza una comparación en términos económicos, asignando un valor en términos monetarios a la unidad de potencia.

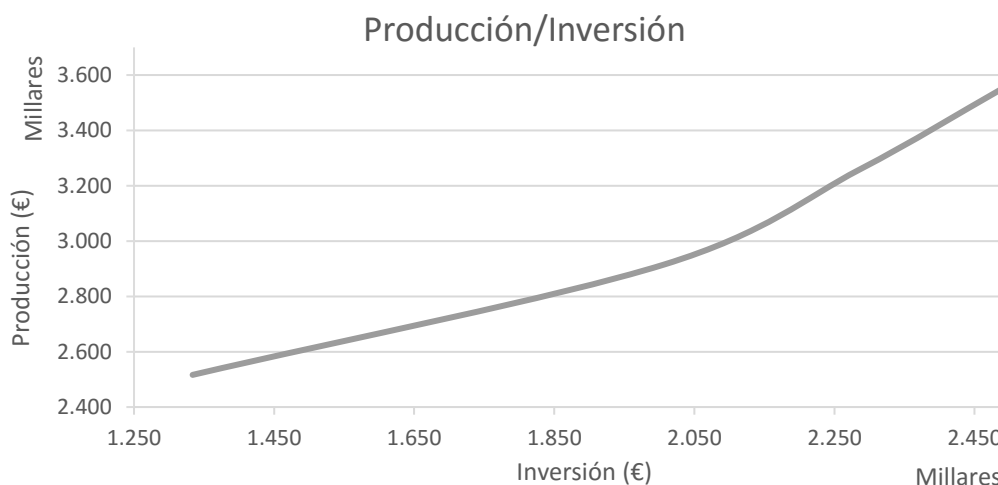
En el proyecto que se desarrolla tan sólo se han tenido en cuenta aquellas opciones más viables a priori y que poseen una inversión inicial moderada.

Además se han tenido en cuenta aspectos a la hora de calcular la inversión inicial como son el hecho de tener ya construido un canal, y por este hecho, la inversión inicial varía en función del caudal de equipamiento a instalar.

Se ha considerado además un valor medio en concepto de beneficios por la venta de energía de 6,5 c€/kWh que se aplicará a la producción de ésta. Alrededor de 3,5 cent en concepto de pool y unos 3 cent de prima.

A continuación se muestran los distintos valores de inversión y producción para los diferentes caudales y la potencia obtenida con éstos.

CAUDAL (m³/s)	POTENCIA GENERADA (kW)	PRODUCCIÓN DE MERCADO (€)	INVERSIÓN (€)
8	641,95	251.633,06	1.333.693,19
10	796,44	291.459,56	2.006.173,32
12	948,08	325.686,01	2.284.742,53
14	1.096,66	355.624,11	2.493.368,44



Para su representación gráfica es usual considerar un periodo de tiempo de 10 años de producción de energía eléctrica.

2.1. ÍNDICE DE POTENCIA

El índice de potencia se define como la relación entre la inversión que se realiza inicialmente y la potencia instalada. Es generalmente empleado para la comparación de diferentes proyectos.

En este caso, al tenerse varias opciones de caudal, y por lo tanto varias opciones de inversión inicial y de potencia instalada, se tienen varias opciones de índice de potencia. Así, para los diferentes caudales estudiados:

CAUDAL (m³/s)	POTENCIA GENERADA (kW)	INVERSIÓN (€)	ÍNDICE DE POTENCIA (€/kW)
8	641,95	1.333.693,19	2.077,55
10	796,44	2.006.173,32	2.518,93
12	948,08	2.284.742,53	2.409,85
14	1.096,66	2.493.368,44	2.273,60

2.2. ÍNDICE DE ENERGÍA

Se define el índice de energía como el cociente entre la inversión inicial y la energía producida en el período de un año. De la misma manera que el índice de potencia, tenemos varios caudales de estudio. Así, para los diferentes caudales:

CAUDAL (m³/s)	ENERGÍA (kWh)	INVERSIÓN (€)	ÍNDICE DE ENERGÍA (€/kWh)
8	3.871.277,85	1.333.693,19	0,345
10	4.483.993,21	2.006.173,32	0,447
12	5.010.553,94	2.284.742,53	0,456
14	5.471.140,14	2.493.368,44	0,456

3. ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD DE LA CENTRAL

3.1. INTRODUCCIÓN

Se consideran los siguientes aspectos para el estudio:

- *Inversión inicial*: Incluye la suma de los pagos por la adquisición de los diferentes aparatos electromecánicos y la puesta en servicio de la central. El valor de esta inversión inicial es diferente para cada caudal nominal de estudio.
- *Pagos*: Se incluyen los realizados a lo largo del período de explotación por operación y mantenimiento.
- *Vida útil del proyecto*: Se tomarán como vida útil 25 años.

3.2. VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El VAN es un método de valoración de las inversiones que se define como la diferencia entre el valor actualizado de los cobros y pagos generados por una inversión.

Proporciona una medida de la rentabilidad del proyecto analizado en valor absoluto, es decir, expresa la diferencia entre el valor actualizado de las unidades monetarias cobradas y pagadas.

Expresa la diferencia entre la inversión inicial (que no se actualiza debido a que se genera en el momento actual) y el valor actualizado, al mismo momento, de los cobros y pagos futuros, a los que se denomina flujo de caja.

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

Donde:

I_0 es el valor del desembolso inicial de la inversión.

V_t representa los flujos de caja de cada periodo t .

n es el número de períodos considerado, en este caso, 25.

k es el tipo de interés.

El VAN debe ser positivo para poder aceptar una inversión, y entre dos proyectos, se tomará el de VAN más alto. Un VAN positivo significa que la diferencia entre ingresos y gastos más la inversión inicial toman un valor positivo.

3.3. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Tasa de interés que hace que el VAN sea nulo.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0$$

El TIR se puede tomar como la tasa que el proyecto es capaz de proporcionar. Cuanta más alta sea, más rentable es el proyecto.

Representa el valor con el cual se recupera la inversión en el último año de vida del proyecto, obteniendo unos beneficios nulos. Por debajo de ese valor, el beneficio será positivo y por encima habrá pérdidas.

3.4. ESTUDIO DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA

El estudio de viabilidad económica servirá para seleccionar el caudal que presente más beneficios.

3.4.1. Ingresos

Los ingresos son producidos por la venta de energía eléctrica que produce la central.

Para realizar los cálculos se ha supuesto que la central se acoge a una tarifa por la cual los ingresos serán de 6,5 c€/kWh durante los primeros 25 años de vida estimada. Realmente estas centrales pueden tener un horizonte de vida mayor que el fijado pero se entiende más conveniente calcular la viabilidad en un horizonte más cercano.

Sabiendo la energía producida durante el año tipo de referencia, se calculan los ingresos que proporcionará la central al año, para cada tipo de turbina:

$$Ingresos_{año} = Energía_{año} \cdot Tarifa \text{ c€/kWh}$$

3.4.2. Gastos

Los gastos de operación y mantenimiento se pueden estimar en aproximadamente un 4% del coste total de la obra.

$$Gastos_{año} = 4\% \text{ Coste total de la obra}$$

3.4.3. Resultados

Habría que tener en cuenta que antes de comenzar la obra ya será necesaria una parte de la inversión en concepto de *Estudio de la factibilidad* y la *Autorización de la concesión*. Y no será hasta el segundo año cuando comience la producción en sí.

A continuación se analizará la evolución del flujo de caja acumulado y cómo influyen cada uno de los caudales en la tasa de retorno.

Para calcular los parámetros dinámicos se ha asumido que el aprovechamiento se desarrolla en cuatro años procediendo de la siguiente manera:

- El primer año se realiza el estudio de factibilidad y se gestionan los permisos, cargándose al finalizar el mismo, el estudio de factibilidad y la mitad de los costes de proyecto y gestión
- Al finalizar el segundo se carga la otra mitad del coste de proyecto y gestión.
- En el tercer año se realiza y se carga el 60% de la obra civil además del 50% del equipo electromecánico.
- Es en el cuarto año cuando se termina la obra civil y se monta el equipo electromecánico, cargándose al finalizar el año los costes de montaje e instalación además de los gastos imprevistos.

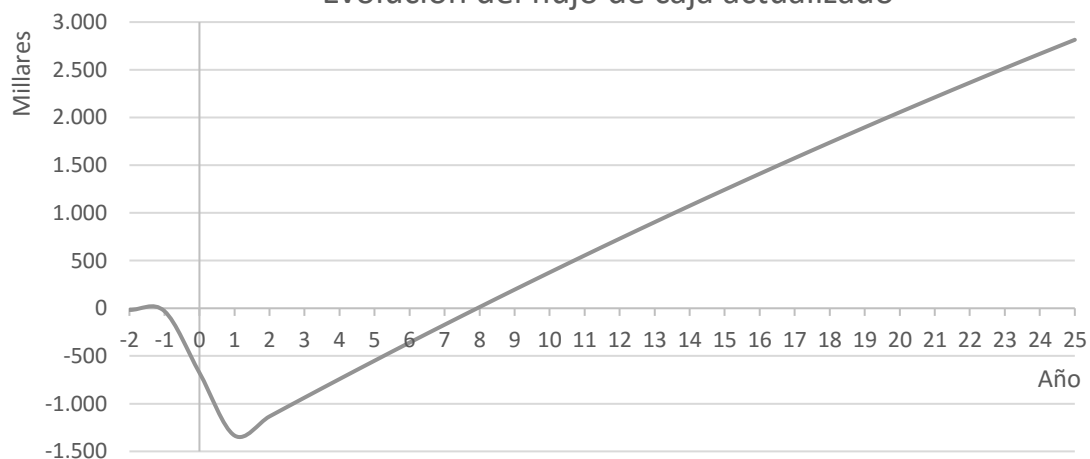
La central es operativa al comienzo del quinto año (año 0 de su tiempo de vida estimado). Los pagos por la electricidad entregada a la red y los gastos de operación y mantenimiento serán hechos efectivos al finalizar cada año.

Se ha considerado que la tarifa eléctrica crece a una tasa inferior en uno por ciento a la del IPC y que el periodo de concesión del derecho de uso del agua es de 25 años, empezando a contar 2 años antes de poner en funcionamiento la central, año en el que se consigue la autorización, año 0.

Resultados económicos para una turbina de 8 m³/s

AÑO	INVERSIÓN	INGRESOS	O&M	CASH-FLOW	CASH-FLOW ACUMULADO	VAN k = 5%	VAN k = 7,5%	VAN k = 10%
-2	-17.300			-17.300	-17.300	-19.073	-19.992	-20.933
-1	-12.500			-12.500	-29.800	-13.125	-13.438	-13.750
0	-646.079			-646.079	-675.879	-646.079	-646.079	-646.079
1	-657.815			-657.815	-1.333.693	-626.490	-611.921	-598.013
2		251.558	51.794	199.764	-1.133.930	181.192	172.862	165.094
3		249.042	51.794	197.248	-936.681	170.390	158.777	148.195
4		246.552	51.794	194.758	-741.924	160.228	145.835	133.022
5		244.086	51.794	192.292	-549.632	150.666	133.943	119.398
6		241.645	51.794	189.851	-359.780	141.670	123.016	107.166
7		239.229	51.794	187.435	-172.346	133.206	112.977	96.184
8		236.836	51.794	185.043	12.697	125.244	103.754	86.324
9		234.468	51.794	182.674	195.371	117.753	95.280	77.472
10		232.123	51.794	180.330	375.701	110.707	87.495	69.525
11		229.802	51.794	178.008	553.709	104.078	80.343	62.391
12		227.504	51.794	175.710	729.419	97.842	73.773	55.987
13		225.229	51.794	173.435	902.854	91.976	67.737	50.238
14		222.977	51.794	171.183	1.074.037	86.459	62.193	45.078
15		220.747	51.794	168.953	1.242.991	81.269	57.100	40.446
16		218.540	51.794	166.746	1.409.736	76.388	52.423	36.289
17		216.354	51.794	164.560	1.574.296	71.797	48.126	32.557
18		214.191	51.794	162.397	1.736.693	67.479	44.180	29.208
19		212.049	51.794	160.255	1.896.948	63.418	40.556	26.203
20		209.928	51.794	158.134	2.055.082	59.599	37.227	23.506
21		207.829	51.794	156.035	2.211.117	56.008	34.170	21.085
22		205.751	51.794	153.957	2.365.074	52.630	31.363	18.913
23		203.693	51.794	151.899	2.516.973	49.454	28.785	16.964
24		201.656	51.794	149.862	2.666.836	46.468	26.417	15.215
25		199.640	51.794	147.846	2.814.682	43.659	24.244	13.646
						1.034.814	551.145	211.330

Evolución del flujo de caja actualizado

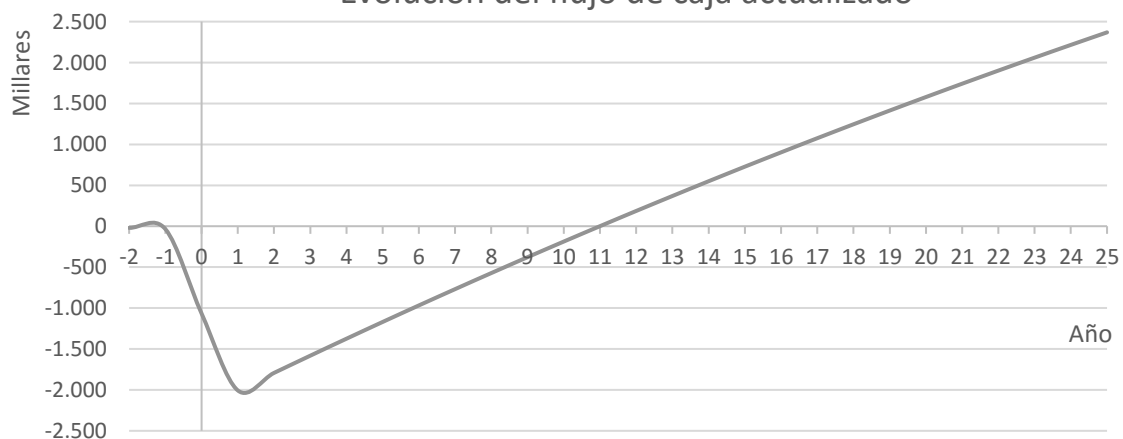


CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE RASINES

Resultados económicos para una turbina de 10 m³/s

AÑO	INVERSIÓN	INGRESOS	O&M	CASH-FLOW	CASH-FLOW ACUMULADO	VAN k = 5%	VAN k = 7,5%	VAN k = 10%
-2	-20.000			-20.000	-20.000	-22.050	-23.113	-24.200
-1	-15.000			-15.000	-35.000	-15.750	-16.125	-16.500
0	-1.031.698			-1.031.698	-1.066.698	-1.031.698	-1.031.698	-1.031.698
1	-939.476			-939.476	-2.006.173	-894.739	-873.931	-854.069
2		291.372	77.910	213.462	-1.792.711	193.617	184.716	176.415
3		288.458	77.910	210.549	-1.582.162	181.880	169.483	158.188
4		285.574	77.910	207.664	-1.374.498	170.846	155.499	141.837
5		282.718	77.910	204.808	-1.169.689	160.473	142.661	127.170
6		279.891	77.910	201.981	-967.708	150.722	130.876	114.013
7		277.092	77.910	199.182	-768.526	141.555	120.058	102.212
8		274.321	77.910	196.411	-572.114	132.939	110.128	91.627
9		271.578	77.910	193.668	-378.446	124.840	101.014	82.134
10		268.862	77.910	190.952	-187.494	117.228	92.649	73.620
11		266.173	77.910	188.264	770	110.074	84.972	65.985
12		263.512	77.910	185.602	186.372	103.350	77.926	59.139
13		260.877	77.910	182.967	369.339	97.031	71.460	52.999
14		258.268	77.910	180.358	549.697	91.093	65.527	47.494
15		255.685	77.910	177.776	727.473	85.513	60.082	42.558
16		253.128	77.910	175.219	902.691	80.270	55.086	38.133
17		250.597	77.910	172.687	1.075.379	75.343	50.503	34.165
18		248.091	77.910	170.181	1.245.560	70.714	46.298	30.609
19		245.610	77.910	167.701	1.413.261	66.365	42.440	27.420
20		243.154	77.910	165.244	1.578.505	62.279	38.901	24.563
21		240.723	77.910	162.813	1.741.318	58.440	35.654	22.001
22		238.315	77.910	160.406	1.901.724	54.835	32.676	19.705
23		235.932	77.910	158.022	2.059.746	51.448	29.945	17.648
24		233.573	77.910	155.663	2.215.409	48.266	27.440	15.804
25		231.237	77.910	153.327	2.368.737	45.278	25.142	14.152
						510.161	6.271	-346.875

Evolución del flujo de caja actualizado

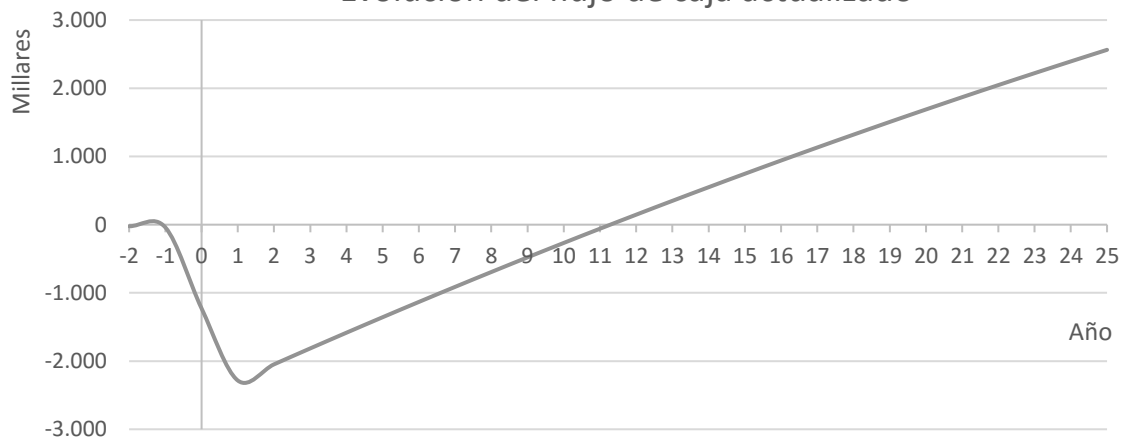


CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE RASINES

Resultados económicos para una turbina de 12 m³/s

AÑO	INVERSIÓN	INGRESOS	O&M	CASH-FLOW	CASH-FLOW ACUMULADO	VAN k = 5%	VAN k = 7,5%	VAN k = 10%
-2	-22.700			-22.700	-22.700	-25.027	-26.233	-27.467
-1	-17.500			-17.500	-40.200	-18.375	-18.813	-19.250
0	-1.188.097			-1.188.097	-1.228.297	-1.188.097	-1.188.097	-1.188.097
1	-1.056.445			-1.056.445	-2.284.743	-1.006.138	-982.740	-960.405
2		325.588	88.728	236.860	-2.047.882	214.839	204.963	195.752
3		322.332	88.728	233.605	-1.814.278	201.796	188.042	175.511
4		319.109	88.728	230.381	-1.583.896	189.535	172.510	157.353
5		315.918	88.728	227.190	-1.356.706	178.009	158.251	141.067
6		312.759	88.728	224.031	-1.132.675	167.175	145.163	126.460
7		309.631	88.728	220.903	-911.772	156.992	133.151	113.358
8		306.535	88.728	217.807	-693.965	147.420	122.125	101.609
9		303.470	88.728	214.742	-479.223	138.424	112.006	91.071
10		300.435	88.728	211.707	-267.516	129.970	102.719	81.622
11		297.431	88.728	208.703	-58.813	122.024	94.197	73.149
12		294.456	88.728	205.728	146.915	114.557	86.376	65.551
13		291.512	88.728	202.784	349.699	107.541	79.200	58.739
14		288.597	88.728	199.869	549.567	100.947	72.615	52.632
15		285.711	88.728	196.983	746.550	94.752	66.573	47.156
16		282.853	88.728	194.126	940.676	88.931	61.031	42.247
17		280.025	88.728	191.297	1.131.973	83.462	55.945	37.847
18		277.225	88.728	188.497	1.320.470	78.324	51.280	33.903
19		274.452	88.728	185.725	1.506.194	73.498	47.001	30.367
20		271.708	88.728	182.980	1.689.174	68.963	43.076	27.199
21		268.991	88.728	180.263	1.869.437	64.704	39.476	24.359
22		266.301	88.728	177.573	2.047.010	60.703	36.174	21.814
23		263.638	88.728	174.910	2.221.920	56.946	33.145	19.534
24		261.002	88.728	172.274	2.394.194	53.417	30.368	17.490
25		258.392	88.728	169.664	2.563.858	50.102	27.821	15.659
						505.396	-52.675	-443.768

Evolución del flujo de caja actualizado

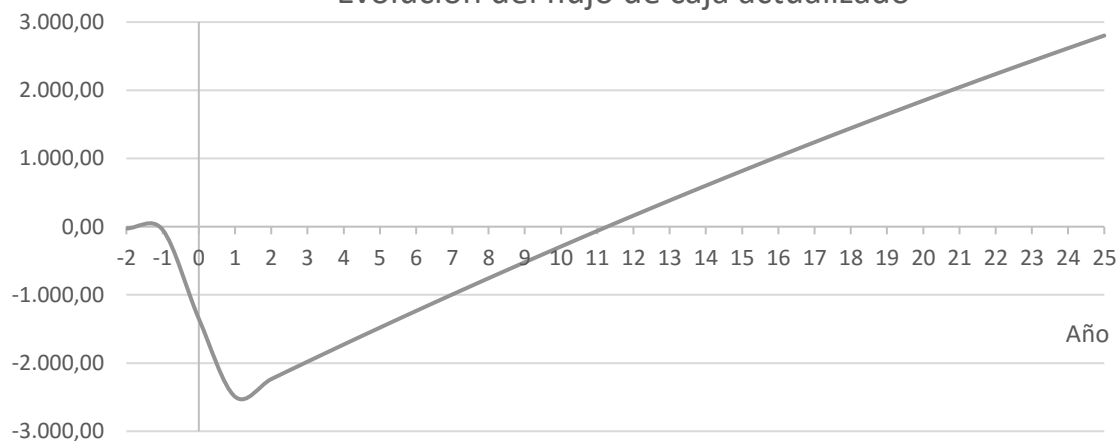


CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE RASINES

Resultados económicos para una turbina de 12 m³/s

AÑO	INVERSIÓN	INGRESOS	O&M	CASH-FLOW	CASH-FLOW ACUMULADO	VAN k = 5%	VAN k = 7,5%	VAN k = 10%
-2	-25.400,00			-25.400,00	-25.400,00	-28.004	-29.353	-30.734
-1	-20.000,00			-20.000,00	-45.400,00	-21.000	-21.500	-22.000
0	-1.303.943,68			-1.303.943,68	-1.349.343,68	-1.303.944	-1.303.944	-1.303.944
1	-1.144.024,76			-1.144.024,76	-2.493.368,44	-1.089.547	-1.064.209	-1.040.023
2		355.517,42	96.829,84	258.687,58	-2.234.680,86	234.637	223.851	213.791
3		351.962,25	96.829,84	255.132,41	-1.979.548,45	220.393	205.372	191.685
4		348.442,63	96.829,84	251.612,78	-1.727.935,67	207.002	188.408	171.855
5		344.958,20	96.829,84	248.128,36	-1.479.807,31	194.415	172.836	154.068
6		341.508,62	96.829,84	244.678,77	-1.235.128,54	182.583	158.542	138.115
7		338.093,53	96.829,84	241.263,69	-993.864,85	171.462	145.423	123.806
8		334.712,60	96.829,84	237.882,75	-755.982,09	161.008	133.381	110.974
9		331.365,47	96.829,84	234.535,63	-521.446,47	151.184	122.330	99.466
10		328.051,81	96.829,84	231.221,97	-290.224,49	141.950	112.187	89.146
11		324.771,30	96.829,84	227.941,45	-62.283,04	133.273	102.880	79.892
12		321.523,58	96.829,84	224.693,74	162.410,70	125.118	94.339	71.594
13		318.308,35	96.829,84	221.478,51	383.889,21	117.455	86.501	64.154
14		315.125,26	96.829,84	218.295,42	602.184,63	110.254	79.310	57.484
15		311.974,01	96.829,84	215.144,17	817.328,80	103.488	72.711	51.504
16		308.854,27	96.829,84	212.024,43	1.029.353,23	97.131	66.658	46.143
17		305.765,73	96.829,84	208.935,89	1.238.289,12	91.158	61.104	41.337
18		302.708,07	96.829,84	205.878,23	1.444.167,35	85.547	56.009	37.029
19		299.680,99	96.829,84	202.851,15	1.647.018,49	80.275	51.335	33.168
20		296.684,18	96.829,84	199.854,34	1.846.872,83	75.323	47.048	29.707
21		293.717,34	96.829,84	196.887,50	2.043.760,33	70.671	43.116	26.606
22		290.780,17	96.829,84	193.950,32	2.237.710,65	66.302	39.510	23.826
23		287.872,36	96.829,84	191.042,52	2.428.753,18	62.198	36.202	21.335
24		284.993,64	96.829,84	188.163,80	2.616.916,97	58.344	33.169	19.103
25		282.143,70	96.829,84	185.313,86	2.802.230,84	54.724	30.388	17.104
						553.400	-56.396	-483.808

Evolución del flujo de caja actualizado



Usualmente la administración asegura un tipo de interés del 7,5% por lo que todos aquellos proyectos en los que el VAN sea negativo con el 7,5% de interés han de desecharse al no ser rentables. Y dentro de los rentables habrá que buscar aquellos que sean más rentables, o den un mayor beneficio al final de su ciclo de vida.

Para este proyecto en cuestión los únicos caudales viables económicamente son los de 8 m³/s y 10 m³/s, al presentar sus respectivos proyectos unos beneficios positivos al final de su ciclo de vida.

Entre estos dos se escogerá el que tenga un mayor beneficio y un mayor TIR, ya que la posibilidad de un menor tipo de interés reportará mayores beneficios.

Considerando los caudales de 8 m³/s y 10 m³/s.

CAUDAL (m ³ /s)	POTENCIA GENERADA (kW)	ENERGÍA (kWh)	INVERSIÓN (€)	TIR (%)
8	641,95	3.871.277,85	1.333.693,19	12,104
10	796,44	4.483.993,21	2.006.173,32	7,537

3.5. ELECCIÓN DEL CAUDAL

A la hora de elegir el caudal con el que se va a diseñar la central, se busca que sea aquel que maximice la producción pero minimice la inversión inicial, y así evitar que la inversión sea mayor que los beneficios de producción.

Por lo tanto la inversión que maximiza la producción es la relativa al caudal de 8 m³/s con la cual recuperaremos la inversión a los 8 años desde la concesión y uso de aguas y obtendremos unos beneficios al final de vida del proyecto de 1.034.814 € con un tipo de interés del 5%.

La elección de éste caudal es perfectamente viable y corresponde con una potencia instalada de **641,95 kW**.

ANEXO N°6:
ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	2
2.	AZUD	2
2.1.	ESCALA DE PECES	4
3.	TOMA DE AGUA.....	5
3.1.	REJA DE ENTRADA A LA TOMA.....	7
3.2.	CORTINA DE BURBUJA PARA LA REPULSIÓN DE PECES.....	9
4.	CANAL DE DERIVACIÓN	9
4.1.	COMPUERTA DE ENTRADA AL CANAL DE DERIVACIÓN.....	10
4.2.	COMPUERTA AL FINAL DEL CANAL DE CONDUCCIÓN	11
5.	CÁMARA DE CARGA	11
5.1.	REJA DE ENTRADA A LA CÁMARA DE CARGA	13
5.2.	ALIVIADERO.....	13
6.	CONDUCCIÓN FORZADA	13
7.	CANAL DE DESAGÜE.....	14
7.1.	REJA DEL CANAL DE DESAGÜE.....	14
7.2.	CORTINA DE BURBUJAS DEL CANAL	14
8.	EDIFICIO DE LA CENTRAL.....	14

1. INTRODUCCIÓN

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

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

En el presente proyecto se necesita diseñar todas las estructuras ya que las existentes no son válidas o están inservibles.

2. AZUD

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

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

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

En todos los aprovechamientos y especialmente en los de la Europa mediterránea, donde los períodos de estiaje son seguidos súbitamente por fuertes avenidas, es necesario incorporar al azud las estructuras necesarias para que el exceso de agua pueda pasar sin producir daños sobre su coronación. Estas estructuras conocidas con el nombre de aliviaderos, suelen disponer en su base de algún medio para disipar la energía de la corriente. Básicamente se trata de un canal abierto, redondeado en la cresta, y con una fuerte pendiente, que permite evacuar el agua a velocidades supercríticas. Su perfil se diseña para minimizar la presión sobre su superficie, pero sin que la lámina de agua llegue a separarse de la superficie, lo que daría lugar a la aparición de presiones negativas.

Solución adoptada

Este elemento se encuentra aguas arriba de la casa de máquinas, a la entrada de la toma de agua. Sus dimensiones y emplazamiento se encuentran especificados en los planos.

El azud del proyecto está formado por un cuerpo de presa de sección trapezoidal de unos 40 m. de longitud, con unas bases de 4 y 2 m. construido en hormigón ciclópeo, poseyendo dos escalas salmoneras que además aseguran un caudal mínimo en caso de que éste no sobrepase el azud. Una está situado en el extremo opuesto a la toma y el otro en la zona intermedia del azud.



Figura 2-1: Vista aguas arriba del Azud

2.1. ESCALA DE PECES

El río Asón y sus afluentes poseen una fauna muy rica y variada. Algunas especies de pequeños invertebrados son únicas en las cuencas del río. Son además, abundantes la trucha común y el salmón atlántico.

Los cuales remontan el río en época de desove y lo retornan aguas abajo después.

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

La escala para peces consiste en una estructura de hormigón, piedra u otro material destinada a romper la discontinuidad que introduce en el río el azud empleado para la toma del agua. Hace posible que los peces puedan circular en sentido ascendente y descendente a través de la misma.

Está formada por una serie de escalones que permiten a los peces saltar de estanque en estanque. Para mantener un nivel de agua mínimo en cada estanque éstos están comunicados por tabiques con vertederos, orificios o escotaduras verticales lo suficientemente estrechos para dejar pasar un caudal pequeño y retener el resto del agua.

Solución adoptada

Al igual que ocurre con el azud, existen dos escalas para peces, hechas de hormigón. Su estado de conservación es bueno y no necesita acción alguna por lo que no será necesaria ninguna obra o actividad en ella, con el correspondiente ahorro económico y sin la necesidad de alterar el ecosistema. Una se encuentra en lado izquierdo del azud, en el lado opuesto a la toma de agua y el otro en la zona intermedia de éste.

Éstas están formadas por un total de 6 cubículos separados unos 4 metros entre sí entre los cuales el agua hace remansos que permite a los peces reposar y coger impulso en cada uno de ellos. La estructura es de hormigón y está cubierta por una reja metálica.



Figura 2-2: Vista aguas abajo de las escalas y del azud

3. TOMA DE AGUA

La toma de agua es una estructura que se utiliza para desviar parte del caudal del río hacia el canal de conducción que llevará el agua posteriormente a la turbina. Para facilitar la entrada del agua se suele colocar un azud o presa en la entrada. La toma de agua tiene que estar diseñada de forma que sus pérdidas sean mínimas, ya que puede producir remolinos o turbulentar el agua.

A la entrada de ésta se colocar una rejilla que evite que entren sólidos al canal que pudieran entorpecer el paso del agua y crear más pérdidas de carga. Además se coloca una compuerta de seguridad o ataguía que tan solo se cierra en caso de emergencia para evitar el paso del agua al canal o para labores de limpieza o reparación de éste.

Existe también otro tipo de toma que va sumergida. Ésta se realiza excavada transversalmente en el cauce del río, de manera que el agua entra a través de la reja superior que protege esta entrada, y sale transversalmente al curso del río para incorporarse al canal de derivación.

La toma de agua sumergida suele utilizarse en centrales de montaña por la sencillez de su construcción, además de que provoca un impacto mínimo sobre el medio ambiente

Se tienen en cuenta una serie de aspectos a la hora de diseñar una toma de agua.

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

La orientación de la entrada de la toma con respecto a la dirección del río es importante para evitar que se acumulen los sólidos en la reja que podrían entaponar la entrada del canal y originar el parado de la central.

Solución adoptada

La obra de toma está formada por una estructura de piedra de sillería. Ésta tiene forma trapezoidal teniendo unas medidas aproximadas de 9,5 metros en su parte más larga, la que da al río. 6,2 metros en el lado opuesto. 5 metros en la unión con el canal y 4,4 metros en el lado opuesto a éste.

La entrada forma un ángulo de unos 30° con la dirección de la corriente del río y hay unos 60° entre la entrada de la toma y la unión con el canal de derivación.

Su estado es bueno y únicamente habría que reparar la coronación mediante hormigón hidrófugo.



Figura 3-1: Vista interior de la toma de agua

3.1. REJA DE ENTRADA A LA TOMA

A la entrada del cuerpo de toma es necesario instalar una reja metálica. Ésta tendrá unas medidas de 9 m. de largo por 3 m. de profundidad e irá empotrada en el fondo, formando un ángulo de 80° con la horizontal y apoyada sobre la coronación de la obra de toma. Lleva incorporado un sistema de limpia rejillas automático con expulsión por chorro de hojas.

Anchura de la reja: 9 m.

Longitud mojada de los barrotes: 3 m.

Ángulo de inclinación de los barrotes: 80 °.

Longitud total de los barrotes: 3,40 m.

Los barrotes son de forma redonda, de acero de 35 mm. de diámetro.

Separación entre barrotes: 150 mm.

Número de barrotes:

$$n = \frac{9000}{150 + 35} = 48 \text{ barrotes.}$$

En el caso de incidencia más desfavorable, de un cuerpo de 400 kg. de masa deslizándose con una velocidad de 2 m/s, la energía del mismo en el momento del impacto con la reja será:

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 0,5 \cdot 400 \cdot 2^2 = 800 \text{ N} \cdot \text{m} \rightarrow 80 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Suponiendo que el choque se realiza sobre 2 barrotes desplazándolos 2 cm., la fuerza ejercida sobre éstos será:

$$F = \frac{80}{0,02} = 4000 \text{ Kp}$$

Lo que supone un esfuerzo de 2000 Kp en cada barrote.

Si la sección de cada barrote es de 9,62 cm² la tensión de flexión del material habrá de ser mayor de **208 Kp/cm²**.



Figura 3-2: Vista exterior de la reja y de la toma de agua

3.2. CORTINA DE BURBUJA PARA LA REPULSIÓN DE PECES

Con el fin de evitar que se acerquen la fauna piscícola a la obra de toma se instalará un sistema de cortina de burbujas.

Solución adoptada

Se instalará un sistema compuesto por una tubería PBT Polyplumb de 22 mm de diámetro externo, dotada de agujeros de 10 mm de diámetro con una separación entre ellos de 10 mm. El tubo estará cerrado por uno de los extremos y conectado a una manguera flexible para la conducción de aire comprimido. El aire comprimido será proporcionado mediante un compresor de aire de 2 CV al que se le alimentará eléctricamente mediante paneles solares fotovoltaicos.

4. CANAL DE DERIVACIÓN

Los canales que transportan el agua de la toma a la cámara de carga pueden realizarse a cielo abierto, enterrados o en conducción a presión. Las conducciones superficiales pueden realizarse excavando el terreno, sobre la propia ladera o mediante estructura de hormigón.

Solución adoptada

En el proyecto consta un canal de conducción a cielo abierto de 1.7420 m. de longitud que discurre paralelo al río por su margen derecha. Este canal está construido en parte, mediante excavación en la roca, y en parte, sobre un muro de piedra de sillería con grandes estribos de piedra.

El canal posee una sección trapezoidal con bases de 4 y 2,65 metros, con un lado recto y el otro formando un cierto ángulo. Tiene una profundidad de 2,5 metros, resultando una sección de 8,3 metros cuadrados.

Tendrá capacidad para transportar un caudal de 8,m³/s a una velocidad de 1,5 m/s. La pendiente media de éste es del 0,05%.

A lo largo de la conducción existen 2 compuertas de regulación y limpieza. Además posee un vallado perimetral de seguridad para animales y personas.

Se instalará una geomembrana de Polietileno de alta densidad (HDPE) de 1 centímetro de espesor a lo largo de todo el recorrido para garantizar un rozamiento mínimo y unas filtraciones nulas.

Caudal (m ³ /s)	8
Sección	Trapezoidal
Material	Piedra de sillería
Longitud (m)	1.742
Anchura base mayor (m)	4
Anchura base menor (m)	2,65
Profundidad (m)	2,5
Sección del canal (m ²)	8,3
Perímetro mojado (m)	8
Radio hidráulico (m)	1,037



Figura 4-1: Imagen del canal de derivación. <http://www.tanea-arqueologia.com/>

4.1. COMPUERTA DE ENTRADA AL CANAL DE DERIVACIÓN

Con el fin de evitar la entrada de broza, o grandes caudales en épocas de fuertes crecida, así como barro o maleza arrastrada por el río, se instalará una compuerta a la entrada del canal de derivación que impida el paso de tales agentes a dicho canal. Esto impedirá que se ensucie o dañe el canal, lo que aumentaría las pérdidas de carga posteriormente. Además servirá para aislar el canal en caso de limpieza o reparación.

Solución adoptada

Se instalarán dos compuertas verticales con movimiento simultáneo de chapa de acero inoxidable y funcionamiento automático, con accionamiento hidráulico, comandadas desde la central. Las dimensiones serán de 2,2 metros de ancho por 4 metros de alto para cada compuerta.

4.2. COMPUERTA AL FINAL DEL CANAL DE CONDUCCIÓN

Una compuerta al final del canal de conducción permite aislar éste de la cámara de carga. Esto será posible en caso de ser necesario el vaciado de la cámara de carga o el aislamiento de la turbina, para labores de mantenimiento y limpieza. El agua sobrante será evacuada por el canal de desagüe.

Solución adoptada

Se construirá una compuerta al final del canal de conducción, ésta será deslizante, metálica y con accionamiento manual por piñón. Tendrá unas dimensiones de 3 metros de alto por 4 de ancho.

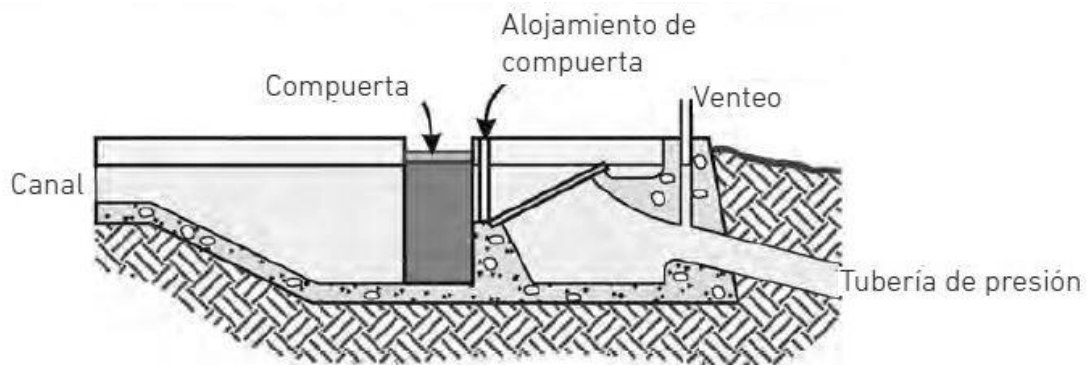
5. CÁMARA DE CARGA

Es un depósito en el que finaliza el canal y del que sale la tubería forzada hacia la turbina. En ocasiones la tubería sale directamente de la obra de toma, cumpliendo esta la doble función de toma y cámara de carga.

La misión de la cámara de carga es doble. Por un lado, suministra el volumen de agua que necesita la central en el momento de la puesta en marcha, y, por otro, absorbe las oscilaciones que se producen cuando el caudal de la tubería y del canal no coincide.

El diseño de la cámara de carga obedece a los mismos criterios que el de la obra de toma, aunque en este caso su diseño es más crítico, ya que el agua que sale de ella es la que va directamente a la turbina. Por este motivo se debe evitar:

- La entrada de broza, peces u otros cuerpos sólidos hacia la tubería.
- La formación de vórtices que impliquen la entrada de aire en la turbina.



Para evitar que se formen vórtices, la altura mínima entre el eje de ingreso a la tubería y el nivel de agua en la cámara puede calcularse por medio de la siguiente expresión recomendada por algunos autores:

$$H_{min} = C \cdot v \cdot \sqrt{D}$$

H_{min} = altura mínima de agua sobre el eje de la tubería (m)

v = velocidad media en la tubería de presión (m/s)

D = diámetro interno de la tubería (m)

C = constante que varía según algunos autores entre 0.3 y 0.4 o 0.5 y 0.7

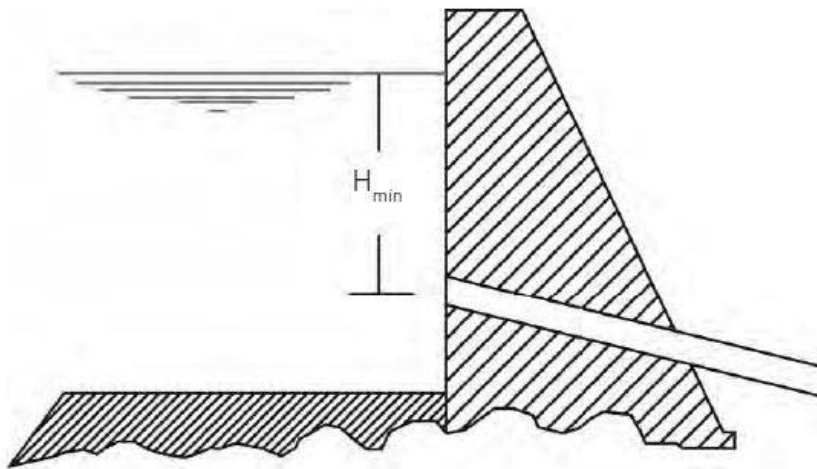


Figura 5-1: Altura mínima entre el eje de ingreso a

$$H_{min} = C \cdot v \cdot \sqrt{D} \rightarrow H_{min} = 0,7245 \cdot 1,5 \cdot \sqrt{1,4} = 1,28 \text{ m}$$

$$*c = 0,7245$$

Otro aspecto importante es la forma que se le da a la transición entre la cámara de carga y la tubería, puesto que supone el paso de una sección rectangular a otra circular. Cuanto más se suavice, menores serán las pérdidas.

Además, la cámara de carga es necesaria para aquietar el agua y puede tener incorporados elementos para permitir la decantación de arenas y partículas sólidas. En dicho caso, la cámara de carga debe tener las dimensiones adecuadas para cumplir esta función y estará constituida de hormigón o en mampostería de piedra.

Solución adoptada

Se construirá la estructura al final del canal, a un lateral de la casa de máquinas. Ésta tendrá unas dimensiones máximas aproximadas de 22 metros de largo por 7,5 metros de ancho. Ver planos.

5.1. REJA DE ENTRADA A LA CÁMARA DE CARGA

Esta reja servirá para filtrar el agua de entrada a la cámara de carga, evitando el paso a la turbina de hojas, peces, etc. que puedan haber en el canal.

Con el fin de evitar la entrada de sólidos en el canal de captación se dispondrá de una reja de barrotes metálicos que impedirá el paso de estos.

- Anchura de la reja: 4 m.
- Ángulo de inclinación de los barrotes: 45 °.
- Longitud total de los barrotes: 3 m.

Los barrotes están formados por pletina de acero de 40 x 20 m. con una separación entre ellos de 50 mm.

5.2. ALIVIADERO

En ocasiones puede darse que por el canal entre más caudal del que éste es capaz de transportar. Para evitar que el exceso de agua rebose por cualquier punto de la conducción se instará un reborde en la cámara para evacuar el agua sobrante y se canalizará de nuevo al río. Ver planos

6. CONDUCCIÓN FORZADA

La conducción forzada constituye la entrada a la turbina desde la cámara de carga, está fabricada de acero galvanizado. A su entrada se coloca una compuerta, con la reja anteriormente citada, que permite el cierre del paso de agua a la turbina en caso de necesidad.

Solución

La tubería de presión será de acero con un diámetro exterior de 1,52 metros y parte de la cámara de carga, formando un ángulo de 45° respecto a la dirección del canal y tiene una pendiente de 60° hasta el eje de la turbina, a partir del cual desciende verticalmente hasta enlazar con el tubo de aspiración.

7. CANAL DE DESAGÜE

El agua turbinada es devuelta al flujo natural del río por medio del canal de desagüe. Mediante una conducción de una sección grande, se conducirá el agua de vuelta al río con una velocidad mínima.

7.1. REJA DEL CANAL DE DESAGÜE

Con el fin de evitar que entre fauna acuática y broza por el canal de desagüe, a la salida de éste se instalará una reja de dimensiones acordes al canal.

7.2. CORTINA DE BURBUJAS DEL CANAL

Se instalará además a la salida del canal un sistema de cortina de burbujas idéntico al de la toma de agua. El tubo tendrá la misma anchura que el canal de desagüe.

8. EDIFICIO DE LA CENTRAL

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

La ubicación del edificio debe analizarse atentamente, considerando los estudios topográficos, geológicos y geotécnicos, y la accesibilidad al mismo.

Independientemente del lugar donde se ubique, el edificio contará con las conducciones necesarias para que el agua llegue hasta la turbina con las menores pérdidas de carga posibles.

Solución

Se aprovechará el edificio actual en donde se instalarán todos los elementos correspondientes.

ANEXO N°7:
EQUIPAMIENTO DE LA TURBINA

EQUIPAMIENTO DE LA TURBINA

1. INTRODUCCIÓN	2
2. TIPOS DE TURBINAS	2
2.1. TURBINAS DE ACCIÓN	3
2.1.1. Turbinas Pelton.....	3
2.1.2. Turbinas Turgo	3
2.1.3. Turbinas de flujo cruzado	4
2.2. TURBINAS DE REACCIÓN	4
2.2.1. Turbinas Francis.....	4
2.2.2. Turbinas Kaplan y de hélice	6
3. RANGOS DE UTILIZACIÓN Y RENDIMIENTOS DE LAS DISTINTAS TURBINAS	7
4. ELECCIÓN DE LA TURBINA.....	8
5. VELOCIDAD ESPECÍFICA	8
6. NÚMERO DE POLOS DEL GENERADOR	10
7. DIÁMETRO DEL RODETE	11
8. ACOPLAMIENTO TURBINA-GENERADOR.....	12
9. NÚMERO DE ÁLABES	12
10. SOLUCIÓN ADOPTADA	13

1. INTRODUCCIÓN

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

En una turbina de acción la presión del agua se convierte primero en energía cinética.

En una turbina de reacción la presión del agua actúa como una fuerza sobre la superficie de los álabes y decrece a medida que avanza hacia la salida.

2. TIPOS DE TURBINAS

La energía potencial del agua, se convierte en energía motriz en la turbina, con arreglo a dos mecanismos básicamente diferentes:

- En el primero, la energía potencial se transforma en energía cinética, mediante un chorro de gran velocidad, que es proyectado contra unas cazoletas, fijas en la periferia de un disco. A este tipo de turbinas se las conoce como turbinas de acción. Como el agua, después de chocar contra las cazoletas, cae al canal de descarga con muy poca energía remanente, la carcasa puede ser ligera y solo tiene por misión evitar accidentes e impedir las salpicaduras del agua.
- En el segundo, la presión del agua actúa directamente sobre los alabes del rodete, disminuyendo de valor a medida que avanza en su recorrido. A este tipo de turbinas se las conoce como turbinas de reacción. Al estar el rodete completamente sumergido y sometido a la presión del agua, la carcasa que lo envuelve tiene que ser suficientemente robusta para poder resistirla.

2.1. TURBINAS DE ACCIÓN

2.1.1. Turbinas Pelton

Son turbinas de acción en las que la tobera o toberas (una turbina de eje vertical puede tener hasta seis toberas, con uno o con dos rodetes) transforman la energía de presión del agua en energía cinética. Cada tobera produce un chorro, cuyo caudal se regula mediante una válvula de aguja. Suelen estar dotadas de un deflector, cuya misión es desviar el chorro para evitar que, al no incidir sobre las cazoletas, se embale la turbina, sin tener que cerrar bruscamente la válvula de aguja, maniobra que podría producir un golpe de ariete. Se utilizan en saltos entre 40 y 1200 m.

El eje de las toberas está siempre situado en el plano meridiano del rodete. El agua sale de las cazoletas a velocidades muy bajas (idealmente a velocidad cero) con lo que la carcasa que rodea al rodete no tiene que resistir ninguna presión.

2.1.2. Turbinas Turgo

La turbina Turgo puede trabajar en saltos con alturas comprendidas entre 15 y 300 metros. Como la Pelton, se trata de una turbina de acción, pero sus alabes tienen una distinta forma y disposición. El chorro incide con un ángulo de 20° respecto al plano diametral del rodete, entrando por un lado del disco y saliendo por el otro. A diferencia de la Pelton, en la turbina Turgo el chorro incide simultáneamente sobre varios alabes, de forma semejante a como lo hace el fluido en una turbina de vapor. Su menor diámetro conduce, para igual velocidad periférica, a una mayor velocidad angular, lo que facilita su acoplamiento directo al generador, con lo que al eliminar el multiplicador reduce el precio del grupo y aumenta su fiabilidad.

2.1.3. Turbinas de flujo cruzado

Esta turbina, conocida también con los nombres de Michell-Banki, en recuerdo de sus inventores, y de Ossberger, en el de la compañía que la fábrica desde hace más de 50 años, se utiliza con una gama muy amplia de caudales (entre 20 l/seg y 10 m³/seg) y una horquilla de saltos entre 1 y 200 m. Su rendimiento máximo es inferior al 87%, pero se mantiene casi constante cuando el caudal desciende hasta el 16% del nominal, y tiene un mínimo técnico inferior al 10% del caudal de diseño.

El agua entra en la turbina a través de un distribuidor, y pasa a través de la primera etapa de alabes del rodete, que funciona casi completamente sumergido (incluso con un cierto grado de reacción). Después de pasar por esta primera etapa, el flujo cambia de sentido en el centro del rodete y vuelve a cruzarlo en una segunda etapa totalmente de acción. Ese cambio de dirección no resulta fácil y da lugar a una serie de choques que son la causa de su bajo rendimiento nominal.

El rodete consta de dos o más discos paralelos, entre los que se montan, cerca del borde, unas láminas curvadas que hacen el papel de alabes. Estos rodetes se prestan a una construcción artesanal en países en vía de desarrollo, aunque naturalmente nunca alcanzarán los rendimientos de las unidades construidas con los medios técnicos apropiados.

2.2. TURBINAS DE REACCIÓN

2.2.1. Turbinas Francis

Son turbinas de reacción de flujo radial y admisión total, muy utilizadas en saltos de altura media, equipadas con un distribuidor de alabes regulables y un rodete de alabes fijos.

En las turbinas Francis rápidas la admisión sigue siendo radial, pero la salida tiende a ser axial.

En estas turbinas el agua se desplaza como encauzada en una conducción forzada, pasando del distribuidor –fijo al rodete -móvil- al que cede su energía, sin entrar, en ningún momento, en contacto con la atmósfera.

Destaca la importancia de la carcasa y su caracol, en contraste con la envoltura de una Pelton.

Las turbinas Francis pueden ser de cámara abierta – generalmente para saltos de poca altura - o de cámara en espiral. En las turbinas con cámara en espiral, la carcasa, dependiendo del tamaño, se construye en hormigón armado, en acero soldado o en hierro fundido.

Al ser uniforme el volumen de agua que llega a cada alabe del distribuidor, el caudal que pasa por cada sección del caracol es proporcional al arco que le queda por abastecer. Los álabes, cuando son pequeños suelen fabricarse en fundición de bronce al aluminio formando un solo cuerpo con el cubo. Cuando los rodets son grandes los alabes, generalmente en chapa de acero inoxidable, se sueldan al cubo y a la llanta, generalmente en acero fundido.

En las turbinas de reacción, el agua a la salida del rodete, pasa antes de llegar al canal de descarga, por un tubo de aspiración o difusor, cuya misión es recuperar parte de la energía cinética contenida en el agua que abandona el rodete a una velocidad elevada.

Para disminuir la velocidad con que el agua llega al canal de descarga la pérdida cinética debe ser proporcional al cuadrado de la velocidad y entonces se debe aumentar la sección de salida del difusor adoptando un perfil cónico. Su función es especialmente crítica en los rodets de alta velocidad específica porque el agua sale de estos rodets a una velocidad especialmente elevada.

En turbinas de eje horizontal es importante que el cuerpo de la turbina esté perfectamente anclado en bloques de hormigón para evitar que las vibraciones limiten su campo de funcionamiento.

2.2.2. Turbinas Kaplan y de hélice

Son turbinas de reacción de flujo axial. Los alabes del rodete en las Kaplan son siempre regulables, mientras que los de los distribuidores, pueden ser fijos o regulables. Si ambos son regulables la turbina es una verdadera Kaplan; si solo son regulables los del rodete, la turbina es una Semi-Kaplan. Para su regulación, los alabes del rodete giran alrededor de su eje, accionados por unas manivelas, que son solidarias de 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.

Las turbinas Kaplan son de admisión radial mientras que las semi-kaplan pueden ser de admisión radial o axial.

Las turbinas de hélice se caracterizan porque tanto los alabes del rodete como los del distribuidor son fijos, por lo que solo se utilizan cuando el caudal y el salto son prácticamente constantes.

La turbina bulbo es una derivación de las anteriores, caracterizada porque el agua pasa axialmente a través de alabes directrices fijos y porque el generador y el multiplicador (si existe) están contenidos en una carcasa estanca, con forma de bulbo, sumergida en el agua.

3. RANGOS DE UTILIZACIÓN Y RENDIMIENTOS DE LAS DISTINTAS TURBINAS

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

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

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

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

También es importante tener en cuenta que las turbinas de reacción grandes ofrecen mejores rendimientos que las pequeñas, ya que el rendimiento aumenta cuando aumenta el diámetro de salida. Las curvas de rendimiento dadas en los apartados anteriores corresponden a un rodete de tamaño medio. Para rodetes de gran tamaño, superiores a los 3 metro de diámetro, se produce un incremento de rendimiento.

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

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

Siendo:

P_n = Potencia nominal en kW

Q_n = Caudal de equipamiento en m³/s

H_n = Salto neto de diseño en metros

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

R_g = Rendimiento nominal del generador

4. ELECCIÓN DE LA TURBINA

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

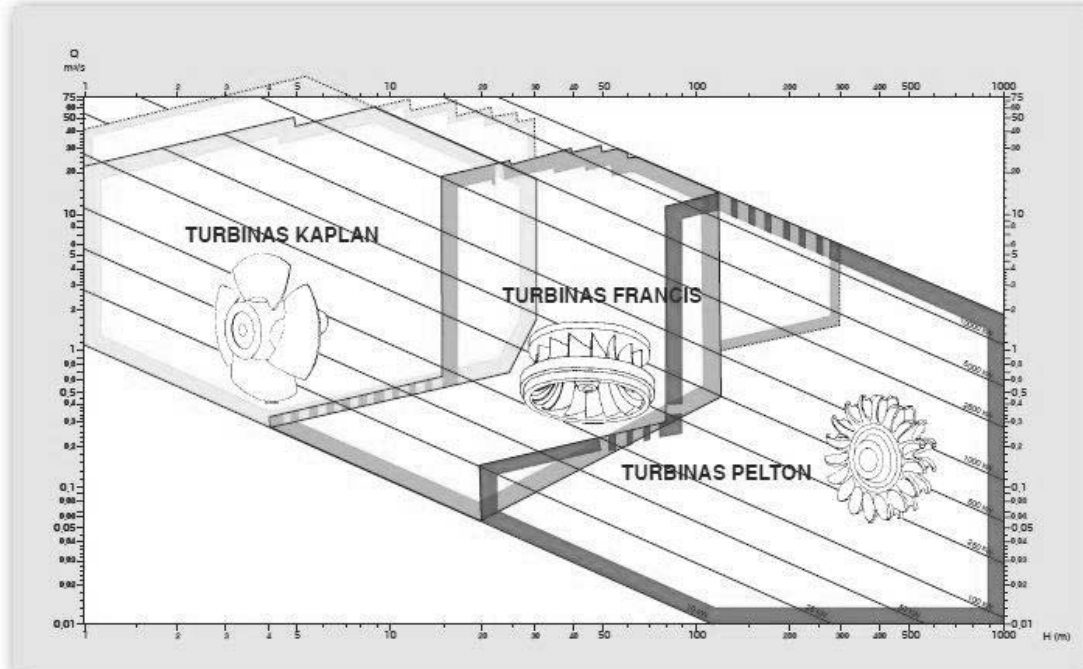


Figura 4-1: Ábaco de elección de turbina en función del salto y el caudal nominal.
<https://energiaunam.wordpress.com/2010/03/06/energia-minihidraulica-tipos-de-turbinas/>

Tomando el salto neto $H_n = 9,51$ m, y un caudal de $8 \text{ m}^3/\text{s}$; la potencia nominal está dentro del campo de utilización de la turbina Kaplan.

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

5. VELOCIDAD ESPECÍFICA

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

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

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

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

Siendo:

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

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

Correlación entre velocidad específica y altura de salto neto

Pelton (1 tobera)	$\eta_{QE} = 0,0859/H_n^{0,343}$	(Servio y Lugaresi)
Francis	$\eta_{QE} = 1,924/H_n^{0,512}$	(Lugaresi y Massa)
Kaplan	$\eta_{QE} = 2,2.94/H_n^{0,486}$	(Schweiger y Gregori)
Hélice	$\eta_{QE} = 2,716/H_n^{0,5}$	(USBR)
Bulbo	$\eta_{QE} = 1,528/H_n^{0,2837}$	(Kportze y Wamick)

Tabla 5-1: Guía para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica ESHA - 2006

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

Rango de velocidades específicas para cada tipo de turbina

Pelton de una tobera	$0,005 < \eta_{QE} < 0,025$
Pelton de n toberas	$0,005 * n^{0,5} < \eta_{QE} < 0,025 * n^{0,5}$
Francis	$0,05 < \eta_{QE} < 0,33$
Kaplan, hélice, bulbos	$0,19 < \eta_{QE} < 1,55$

Tabla 5-2: Guía para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica ESHA - 2006

Por lo tanto, para una turbina Kaplan, con un salto neto de 9,51 metros, se obtiene:

$$\eta_{QE} = \frac{2,294}{H_n^{0,486}} = 0,7677$$

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

A continuación se calcula el valor de la velocidad específica de la turbina.

$$n_s = 995 \cdot \eta_{QE} = 763,87 \text{ rpm}$$

Conocido el valor de la velocidad específica, se puede obtener el valor de la velocidad, para una potencia de 641,95 kW, 860,87 CV:

$$n_s = \frac{n \cdot \sqrt{P}}{H^{5/4}} \rightarrow n = \frac{n_s \cdot H^{5/4}}{\sqrt{P}} = 434,8 \text{ rpm}$$

Se obtiene una velocidad de **435 RPM, aproximadamente.**

6. NÚMERO DE POLOS DEL GENERADOR

Una vez obtenido el rango de velocidades de giro de la turbina, hay que tener en cuenta que esta debe trabajar acoplada a un generador para suministrar corriente eléctrica a una frecuencia 50 Hz; es decir, la velocidad de giro n , además de estar dentro del rango, deberá ajustarse a la ecuación:

$$n = 60 \cdot \frac{f}{p}$$

n : Velocidad de la turbina (rpm).

f : Frecuencia (Hz), en Europa 50 Hz.

p : número de pares de polos del alternador.

Despejando:

$$p = 60 \cdot \frac{f}{n} = 60 \cdot \frac{50}{435} = 6,89 \rightarrow \textbf{7 pares de polos}$$

Por tanto, el generador acoplado constará de **7 pares de polos.**

Una vez conocido el número de pares de polos del generador, se recalculan la velocidad n y la velocidad específica n_s .

$$n = 60 \cdot \frac{f}{p} = 60 \cdot \frac{50}{7} = 428,57 \text{ rpm}$$

$$n_s = \frac{n \cdot \sqrt{P}}{H^{5/4}} = \frac{428,57 \cdot \sqrt{860,87}}{9,51^{5/4}} = 753 \text{ rpm}$$

El generador acoplado a la turbina constará de **7 pares de polos** y tendrá una velocidad síncrona de **428,57 rpm**.

7. DIÁMETRO DEL RODETE

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

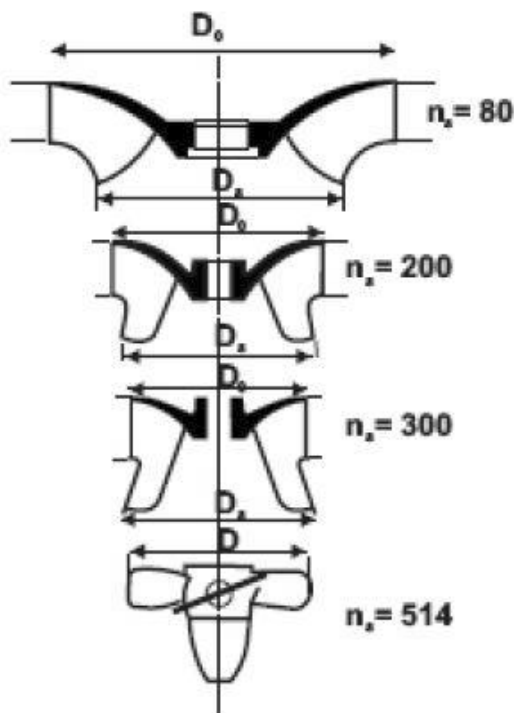


Figura 7-1: Perfil de los rodetes en función de su velocidad específica "Guía para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica ESHA 2006"

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

$$D_e = 84,5 \cdot (0,79 + 1,602 \cdot \eta_{QE}) \cdot \frac{\sqrt{H_n}}{60 \cdot n} = 84,5 \cdot (0,79 + 1,602 \cdot 0,77) \cdot \frac{\sqrt{9,51}}{60 \cdot 428,57}$$

Operando: **$D_e = 1,23 \text{ m}$**

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

$$D_i = (0,25 + 0,0951 \cdot \eta_{QE}) \cdot D_e = (0,25 + 0,0951 \cdot 0,7677) \cdot 1,23$$

El diámetro que se obtiene en el rodete es **$D_i = 0,4$ m.**

8. ACOPLAMIENTO TURBINA-GENERADOR

Se puede hacer que la turbina gire a ese mismo número de revoluciones y conectarla al alternador de forma directa, o bien, hacerla girar a un número de revoluciones diferente y acoplarla mediante un multiplicador.

En este caso se ha optado por acoplar el generador directamente.

9. NÚMERO DE ÁLABES

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

De la siguiente tabla obtenemos el número de alabes óptimo para la turbina de 735 rpm:

n_s	Z
400-500	7-8
500-600	6
600-750	5
750-900	4
>900	3

Por tanto se trata de una turbina de **4 álabes**.

10. SOLUCIÓN ADOPTADA

Según lo expresado, para un caudal de equipamiento de $8 \text{ m}^3/\text{s}$ y un salto neto de 9,51 metros se obtiene una potencia de 642 kW. Dada que esta potencia no es normalizada, el fabricante oferta turbina Kaplan de 664 kW.

Se instalará una turbina Kaplan vertical en cámara cerrada, de regulación simple en las palas del rodete.

Las características de la turbina:

Turbina

Potencia (kW):	664
Tipo de turbina	Kaplan eje vertical y cámara cerrada
Caudal de equipamiento (m^3/s):	8
Diámetro del rodete (m):	1,25
Velocidad específica (rpm):	753
Velocidad de giro (rpm):	428,57
Álabes:	4

ANEXO N°8:
ESTUDIO DEL GENERADOR

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	2
2. DISPOSICIÓN DEL GENERADOR CON RESPECTO A LA TURBINA.....	3
3. EXCITACIÓN	4
4. EQUIPOS DE REGULACIÓN, DE TENSIÓN Y SINCRONIZACIÓN	5
4.1. GENERADORES ASÍNCRONOS	5
4.2. GENERADORES SÍNCRONOS.....	5
5. SOLUCIÓN ADOPTADA.....	6
6. MULTIPLICADOR	6

1. INTRODUCCIÓN

El generador tiene como misión transformar en energía eléctrica la energía mecánica suministrada por la turbina. En un principio se utilizaban generadores de corriente continua; actualmente, salvo rarísimas excepciones, solo se utilizan alternadores trifásicos de corriente alterna. En función de la red que debe alimentar, el proyectista puede escoger entre:

- Alternadores síncronos equipados con un sistema de excitación asociado a un regulador de tensión para que, antes de ser conectados a la red, generen energía eléctrica con el mismo voltaje, frecuencia y ángulo de desfase que aquella, así como la energía reactiva requerida por el sistema una vez conectados. Los alternadores síncronos pueden funcionar aislados de la red. Normalmente si la potencia sobrepasa los 5.000 kVA, se emplean generadores síncronos.
- Alternadores asíncronos, simples motores de inducción con rotor en jaula de ardilla, sin posibilidad de regulación de tensión, que giran a una velocidad directamente relacionada con la frecuencia de la red a la que están conectados. De esa red extraen su corriente de excitación y de ella absorben la energía reactiva necesaria para su propia magnetización. Esta energía reactiva puede compensarse, si se estima conveniente, mediante bancos de condensadores. No pueden generar corriente cuando están desconectados de la red ya que son incapaces de suministrar su propia corriente de excitación. Se emplean siempre que la potencia sea inferior a 500 kVA. Entre 500 kVA y 5.000 kVA la elección viene condicionada por la capacidad de la red de distribución.

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

Existen generadores de velocidad variable y frecuencia constante, ya empleado en turbinas eólicas, con el que la turbina puede girar a velocidad variable, manteniendo constantes la tensión y la frecuencia. Estos sistemas permiten «sincronizar» el generador con la red, aún antes de haber comenzado a girar. La clave del sistema reside en el uso de un convertidor serie-resonante en conjunción con una máquina doblemente alimentada. Sus únicas limitaciones, por el momento, son su potencia máxima que es muy baja, y su elevado precio.

La tensión de generación viene determinada por la potencia del generador. Lo normal es generar a 380 V hasta 1.400 kVA y a 6000/6600 para potencias mayores. La generación a 380 V tiene la ventaja de poder emplear como transformadores del grupo, transformadores normalizados de distribución, y de poder extraer del secundario, la potencia necesaria para los servicios auxiliares de la central. Cuando se genera en alta tensión la potencia para los servicios auxiliares se extrae de la línea a través de un transformador AT/BT.

2. DISPOSICIÓN DEL GENERADOR CON RESPECTO A LA TURBINA

Los generadores pueden ser de eje horizontal o de eje vertical, independientemente de cual sea el tipo o configuración de turbina utilizada, pero por regla general los generadores adoptan la misma configuración que la turbina. En las turbinas Kaplan o Hélice dispuestas en ángulo se utiliza a veces, para aprovechar mejor el espacio disponible, un reductor con reenvío a 90°.

Otro criterio que caracteriza a los generadores es la disposición de sus cojinetes. Con turbinas Francis de eje horizontal es bastante frecuente utilizar un generador horizontal con dos cojinetes y montar en voladizo el rotor de la turbina para evitar que el eje atravesase el tubo de aspiración, lo que aumentaría la pérdida de carga y complicaría su fabricación. En las turbinas Pelton de eje horizontal suele emplearse la misma configuración, disponiendo también en voladizo el rodete. Estos generadores, si son pequeños, se refrigeran con aire en circuito abierto, y cuando son mayores, se refrigeran por agua en circuito cerrado, empleando intercambiadores agua-aire.

3. EXCITACIÓN

Para dar excitación a un generador síncrono se hace circular una corriente continua por el circuito de los polos inductores, lo que representa entre el 0,5% al 1% de la potencia útil del generador. Aunque la tendencia es a utilizar excitatrices estáticas aún existen excitatrices rotativas.

- Excitatrices rotativas de corriente continua: Los inducidos de la excitatriz principal y auxiliar van montados sobre el eje del generador principal. Utilizando dos excitatrices en cascada se amplifica la potencia y se regula la tensión, actuando sobre un circuito de poca potencia.
- Excitatrices de corriente alterna sin escobillas: Se utiliza un pequeño generador de corriente alterna cuyo inducido va montado en el rotor del generador principal. La corriente se rectifica mediante un rectificador, eliminándose el problema de mantenimiento de las escobillas. La tensión se regula mediante un equipo electrónico que actúa sobre la excitación de la excitatriz.
- Excitatrices estáticas: La corriente de excitación se extrae de los terminales del generador principal, mediante un transformador. Esta corriente se rectifica mediante un equipo electrónico y se inyecta en el bobinado de excitación rotórica del generador, gracias a un sistema de escobillas y anillos rozantes. Cuando el generador arranca no hay tensión en bornes y por lo tanto no se dispone de corriente de excitación. Los magnetismos remanentes, ayudados si es necesario por una batería, permiten iniciar el funcionamiento, que se normaliza inmediatamente en cuanto la tensión en bornes alcanza un valor modesto. Estos equipos exigen menos mantenimientos, tienen buen rendimiento y la velocidad de respuesta del generador, ante las oscilaciones de tensión, es muy buena.

4. EQUIPOS DE REGULACIÓN, DE TENSIÓN Y SINCRONIZACIÓN

4.1. GENERADORES ASÍNCRONOS

Un generador asíncrono necesita, para asegurar su magnetización, tomar una cierta potencia reactiva de la red, aunque existe teóricamente la posibilidad de acoplarlo a una batería de condensadores, que le proporcionen la energía magnetizante que necesita. La red es también la que marca la frecuencia, y el generador aumenta su deslizamiento a medida que aumenta la potencia suministrada por la turbina. Su funcionamiento es absolutamente estable y hace innecesaria la existencia de un regulador de velocidad en la turbina.

El generador asíncrono presenta la ventaja adicional de no necesitar excitatriz, lo que simplifica el equipo y facilita las maniobras secuenciales de arranque. Para ello se actúa sobre la admisión de la turbina, acelerándola hasta que el generador alcance el 90-95% de su velocidad de sincronismo, momento en el que un relé de velocidad da la orden de cierre del interruptor de línea. El generador pasa rápidamente a la velocidad de hipersincronismo, alcanzando la velocidad necesaria para que se igualen los pares motor y resistente en la zona de funcionamiento estable.

4.2. GENERADORES SÍNCRONOS

El generador síncrono se arranca en vacío, actuando sobre la admisión de la turbina para aumentar gradualmente la velocidad. El generador se sincroniza con la red igualando previamente, en la máquina y en la red, las tensiones eficaces, las frecuencias, los desfases y el sentido de rotación. Cuando el generador alcanza una velocidad próxima al sincronismo, se arranca la excitación y se regula para que la tensión entre bornes sea igual a la tensión entre barras.

En generadores acoplados a una red aislada, el regulador debe mantener un valor predeterminado de la tensión sea cual sea la carga. Si está acoplado a una red importante, el regulador mantendrá el valor preajustado de la potencia reactiva.

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

$$n_s = 60 \cdot \frac{f}{p}$$

Siendo:

n_s = velocidad de sincronismo expresada en r.p.m.

f = frecuencia en Hz (50 Hz en España)

p = número de pares de polos del generador

5. SOLUCIÓN ADOPTADA

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

<u>Generador</u>	
<i>Tipo</i>	Síncrono
<i>Disposición</i>	Vertical
<i>Potencia (kVA)</i>	830
<i>Tensión nominal (V)</i>	380
<i>Intensidad nominal (A)</i>	2.184
<i>Factor de potencia</i>	0,8
<i>Velocidad de giro (rpm)</i>	$3000/7 = 428,6$
<i>Pares de polos</i>	7
<i>Frecuencia (Hz)</i>	50

6. MULTIPLICADOR

Dado que se ha decidido instalar un generador síncrono trifásico de 428,6 rpm, el acoplamiento entre la turbina (428,6 rpm) y éste será directo, por lo que no será necesario un multiplicador de velocidad.

ANEXO N°9:
ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE
CONTROL

CONTENIDO

1. ELEMENTOS DE REGULACIÓN, CONTROL Y PROTECCIÓN.....	2
1.1. PROTECCIONES.....	3
2. AUTOMATIZACIÓN	4
3. SISTEMAS AUXILIARES	7
3.1. SUMINISTRO DE CORRIENTE CONTINUA PARA EL SISTEMA DE CONTROL	7
3.2. REGISTRO DE NIVELES DE AGUA	7

1. ELEMENTOS DE REGULACIÓN, CONTROL Y PROTECCIÓN

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

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

- Para el control de la turbina:
 - o Regulador de velocidad en instalaciones con grupos síncronos.
 - o Reguladores de nivel para centrales con grupos asíncronos conectados a la red.
 - o Regulador de potencia generada para centrales en red aislada.
 - o Regulador de caudal turbinado.
- Para el control del generador:
 - o Regulador de tensión para grupos síncronos.
 - o Equipo de sincronización, cuando existen grupos síncronos funcionando conectados a la red.
 - o Baterías de condensadores y un relé taquimétrico, cuando existan grupos asíncronos funcionando conectados a la red.
- Para el control de la turbina y el generador se pueden distinguir tres casos, en función del tipo de generador utilizado y del funcionamiento previsto:
 - o Central con generador síncrono funcionando conectado a la red.
 - o Central con generador síncrono funcionando aislado.
 - o Central con generador asíncrono funcionando conectada a la red.

En el caso que nos atañe, solo nos interesa el segundo caso, ya que el generador es síncrono y está aislado de red de distribución. Por ello se debe tener en cuenta:

- Se necesita un sistema de regulación de velocidad y de potencia, para que el control de la turbina asegure el mantenimiento de la frecuencia de la red en cualquier condición de carga.
- El control del generador necesita un regulador de tensión que actúe sobre la excitación del alternador, con el fin de mantener la tensión dentro de los límites admisibles.

1.1. PROTECCIONES

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

- Protecciones mecánicas:
 - o Embalamiento de turbina y generador.
 - o Temperatura de eje y cojinetes.
 - o Nivel de circulación del fluido de refrigeración.
 - o Temperatura de aceite del multiplicador de velocidad.
 - o Nivel mínimo hidráulico.
 - o Desconexión de la bomba del aceite de regulación.
 - o Protecciones eléctricas del generador y transformador.
 - o Intensidad máxima.
 - o Retorno de potencia (máxima admitida 5% de la nominal).
 - o Calentamiento del generador y/o del transformador.
 - o Derivación en el estator.
 - o Producción de gases en el transformador (Buchholz).
 - o Nivel de tensión (entre el 85 y el 100% de la tensión nominal).
 - o Nivel de frecuencia (entre 47,5 y 51 Hz).

2. AUTOMATIZACIÓN

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

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

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

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

En cuanto a la tecnología se puede distinguir entre:

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

Esta tecnología permite automatizar:

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

- Digital: Se refiere a técnicas informáticas que permiten la gestión de todas las funciones de la central. Los equipos de automatización que funcionan con microprocesadores ofrecen un abanico mayor de posibilidades de automatización, siendo posible la programación de distintas secuencias.
 - o Arranque y parada normal del grupo.
 - o Parada de emergencia del grupo.
 - o Regulación del grupo por nivel o caudal.
 - o Optimización de funcionamiento del conjunto de la instalación.

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

Los requisitos generales que se deben aplicar son:

1. Todo sistema debe contar con dispositivos de control y medida de accionamiento manual para el arranque, totalmente independientes del control automático.
2. El sistema debe incluir los dispositivos necesarios para poder detectar el funcionamiento defectuoso de cualquier componente importante, y poder desconectar inmediatamente la central de la red.
3. Tiene que haber un sistema de telemetría que recoja, en permanencia, los datos esenciales para el funcionamiento de la planta poniéndolos al alcance del operador para que este pueda tomar las decisiones convenientes. Esos datos deberán ser almacenados en una base de datos, para una ulterior evaluación de la central.
4. Debe incluir un sistema de control inteligente para que la central pueda funcionar sin personal.
5. Debe ser posible acceder al sistema de control desde un punto alejado de la central para poder anular cualquier decisión tomada por el sistema inteligente.
6. El sistema debe poder comunicar con las centrales situadas aguas arriba y aguas abajo, si es que existen, para optimizar la operación del conjunto.
7. La anticipación de fallos constituye una mejora importante del sistema. Utilizando un sistema experto, en conjunción con una base de datos

operacional, se pueden detectar los fallos antes de que se produzcan y tomar las decisiones necesarias para que no ocurran.

El sistema debe configurarse por módulos: un módulo de conversión analógico a digital para medir nivel de agua, ángulo de los alabes distribuidores (y o del rodete), potencia instantánea, temperaturas, etc.; un módulo de conversión digital a analógico para accionar las válvulas del circuito hidráulico, los registradores etc.; un módulo para contar los kWh generados, el caudal, la intensidad de precipitación etc.; un módulo “inteligente” de telemetría con las interfaces de comunicación, vía línea telefónica, radio etc. Este enfoque modular se presta a satisfacer los diferentes requisitos de cada central, permitiendo la normalización del hardware y del software» reduciendo el coste y facilitando el mantenimiento.

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

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

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

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

3. SISTEMAS AUXILIARES

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

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

3.1. SUMINISTRO DE CORRIENTE CONTINUA PARA EL SISTEMA DE CONTROL

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

3.2. REGISTRO DE NIVELES DE AGUA

En una central es absolutamente necesario conocer en todo momento nivel de agua aguas arriba y aguas abajo de la turbina. El método más sencillo utiliza una regla graduada en metros y centímetros, al estilo de las miras topográficas, que alguien tiene que observar físicamente para poder registrar las lecturas. En una central sin personal este sistema es a todas luces inadecuado.

El sistema tradicional utiliza un flotador que registra el nivel sobre una cinta de papel continuo, pero su lectura posterior es engorrosa. Si la central tiene un sistema de control automático, lo más lógico es utilizar para ese fin un dispositivo equipado con transductores conectados al ordenador, que acumula las lecturas en una base de datos y envía estos al programa para que tome las medidas oportunas, entre las que se incluye la emisión de una alarma cuando se considere necesaria una intervención externa.

Actualmente se tienden a separar el sensor y el transductor. El sensor se colocará allí donde se quiere efectuar la medida, o en sus cercanías, con lo que es fácil que esté sujeto a condiciones muy desfavorables y de difícil acceso. El transductor podrá estar situado en una zona segura y fácilmente accesible con lo que se facilita su vigilancia y su mantenimiento. El sistema a utilizar en las medidas de nivel viene condicionado a la precisión con que se quiere efectuar la medida; en el caso de las pequeñas centrales un sensor piezoeléctrico, con una precisión del 0,1% será suficiente. La elección del punto de medida resulta también particularmente crítica; la colocación del sensor en un punto donde puede haber variaciones importantes de la velocidad de corriente dará lugar a resultados erróneos.

El sensor de nivel puede transmitir la señal utilizando el método hidrostático o el neumático. En el primer caso, hay que cuidar que los tubos que transmiten la presión no puedan obstruirse ni puedan acumular aire. En el segundo caso hay que conseguir que el orificio del sensor del que salen las burbujas de aire esté cerca del nivel de la lámina de agua en el inicio de las mediciones, o por debajo de él, y que el agua no pueda penetrar en los tubos. La mejor solución es ocultar el sensor y sus tubos en el interior de la pared, de forma que está sea plana y no produzca alteraciones locales en la velocidad de la corriente y la proteja al mismo tiempo de cualquier golpe eventual.

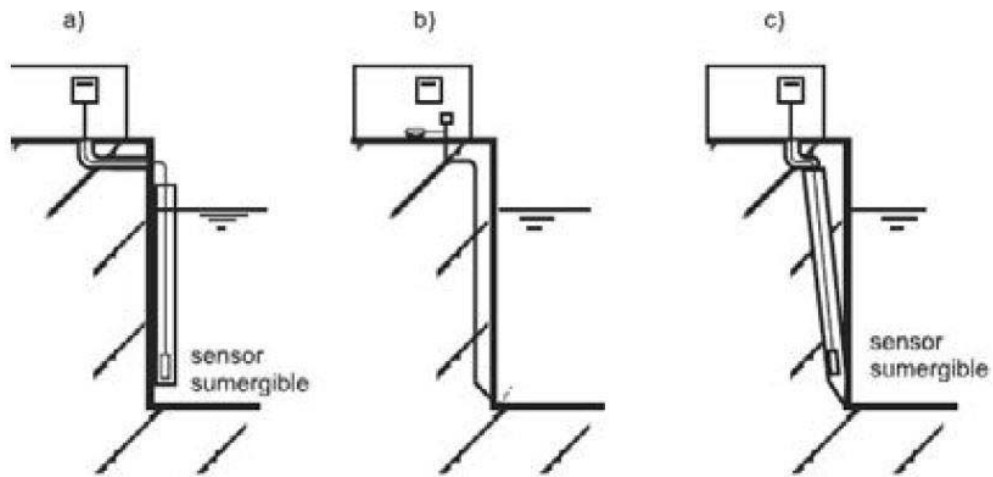


Figura 3-1: Medida de niveles de agua. Guía para el desarrollo de una pequeña central hidroeléctrica - ESHA 2006

ANEXO N°10:
ESTUDIO DE IMPACTO
AMBIENTAL

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	2
2.	TIPOS DE IMPACTO AMBIENTAL POR FASE DEL PROYECTO	2
2.1.	IMPACTOS EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN.....	6
2.1.1.	Obra civil adicional.....	6
2.2.	IMPACTOS EN LA FASE DE EXPLOTACIÓN	6
2.2.1.	Impacto sónico.....	6
2.2.2.	Impacto paisajístico	7
2.2.3.	Impacto biológico.....	8
2.2.4.	Impacto biológico sobre la fauna de tierra	12
2.2.5.	Impacto biológico sobre las aves.....	12
2.2.6.	Impacto sobre objetos culturales y arqueológicos	12
3.	IMPACTO DE LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS DE TRANSMISIÓN	13
3.1.	IMPACTO VISUAL	13
3.2.	IMPACTO SOBRE LA SALUD	13
3.3.	IMPACTO SOBRE LAS AVES	13
4.	CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO AMBIENTAL	14

1. INTRODUCCIÓN

El compromiso adoptado por la Unión Europea acerca de la reducción de emisiones de CO₂ es únicamente alcanzable si se alteran las políticas energéticas en lo referente a las energías renovables y el incremento de las eficiencias energéticas.

Conseguir estos objetivos tendría como consecuencia una disminución de los combustibles fósiles en un 10% y dejar de emitir por ello 180 millones de toneladas de CO₂ al año.

Los principales obstáculos que se encuentra la energía hidroeléctrica son de tipo administrativo, dado que se trata de una tecnología sumamente madura, y concretamente problemas de tipo medioambiental.

Para construir una central minihidráulica, si bien produce un impacto mínimo en el medio ambiente, existen una serie de factores que deben ser tenidos en cuenta, dado que normalmente se construyen en zonas muy sensibles. Las diferentes causas de impacto ambiental deberán ser identificadas y resueltas antes de la ejecución de una obra de estas características.

Las medidas correctoras en muchas ocasiones presentan dificultades porque están sujetas a interpretaciones muy subjetivas. La solución pasa por mantener un dialogo continuado con las instituciones, al mismo tiempo que se informa a la población de todo lo referente al proyecto.

2. TIPOS DE IMPACTO AMBIENTAL POR FASE DEL PROYECTO

Los impactos derivados de la construcción de una central de este tipo varían en función de la ubicación y de la tecnología que se emplee. No es lo mismo construir una central en una llanura que en una montaña, ni tampoco se crea el mismo impacto si se emplea un embalse regulador o si la central es de agua fluyente.

Las tablas que se muestran a continuación contienen una relación genérica de los impactos ambientales que se pueden dar a lo largo de las diferentes fases de un proyecto de construcción de una instalación de electrificación, así como los receptores y la importancia de dichos impactos.

GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD			
Fase de construcción			
Causa de impacto	Receptor	Impacto	Importancia
Construcción de caminos y tráfico generado	Público general	Ruidos	Baja
		Accidentes	Baja
	Aire	Efectos de las emisiones en la salud	Baja
		Emisiones de vehículos	Baja
	Cambio climático	Emisiones de vehículos	Baja
	Animales salvajes	Ruidos	Baja
		Accidentes	Media
	Bosque	Acceso más sencillo	Media
		Pérdida de producción futura	Baja
Accidentes	Trabajadores	Heridas leves	Media
		Heridas graves	Alta
		Muertes	Alta
Creación de empleo	Público general	Beneficios para la localidad	Alta
		Beneficios a nivel nacional	Media

Tabla 2-1: Impacto en la construcción de instalaciones de generación de electricidad

GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD			
Fase de explotación			
Causa de impacto	Receptor	Impacto	Importancia
Ruidos	Trabajadores	Sobre su salud	Media
	Habitantes	Sobre su salud	Media
Cambio en el caudal del río	Peces	Pérdida de hábitat	Alta
	Plantas acuáticas	Pérdida de hábitat	Media
	Aves	Pérdida de hábitat	Media
	Fauna	Pérdida de hábitat	Media
	Calidad del agua	Contaminantes	Baja
Por embalses y presas	Público general	Estéticos	Alta
	Agricultura	Culturales y arqueológicos	Alta
	Forestal	Pérdida de cascadas	Alta
		Pérdida de terreno	Alta
		Pérdida de producción futura	Alta
		Pérdida de hábitat	Alta
	Ecosistema acuático	Clima local	Insignificante
	Público general	Calentamiento global	No probado
	Calidad del agua	Eutrofización	Baja
	Objetos culturales y arqueológicos	Pérdida de objetos	Alta

Tabla 2-2: Impacto en la explotación de instalaciones de generación de electricidad

TRANSMISIÓN DE ELECTRICIDAD			
Fase de construcción			
Causa de impacto	Receptor	Impacto	Importancia
Accidentes	Trabajadores	Accidentes leves	Media
		Accidentes graves	Alta
		Muertes	Alta
Aumento de los ingresos locales	Público general	Empleo, efectos locales y nacionales	Alta

Tabla 2-3: Impacto en la generación de instalaciones de transmisión de electricidad

TRANSMISIÓN DE ELECTRICIDAD			
Fase de explotación			
Causa de impacto	Receptor	Impacto	Importancia
Presencia física	Forestal	Pérdida de producción futura	Media
	Público general	Intrusión visual	Media
	Aves	Heridas y muertes	Media
Campos electromagnéticos	Público general	Cáncer	Inexistente
Accidentes	Público general	Accidentes leves	Insignificante
		Accidentes graves	Insignificante
		Muertes	Insignificante
Accidentes de mantenimiento en Trabajadores	Trabajadores	Accidentes leves	Insignificante
		Accidentes graves	Insignificante
		Muertes	Insignificante
Creación de empleo	Público general	Beneficios para la localidad	Insignificante

Tabla 2-4: Impacto en la explotación de instalaciones de transmisión de electricidad

2.1. IMPACTOS EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN

El menor impacto ambiental al construir este tipo de instalaciones se da cuando se emplea un embalse ya construido, un canal de riego o una instalación de agua potable. Esto se debe a que únicamente hay que construir la casa de máquinas y el canal de descarga, cuyos impactos son mucho más reducidos que los que podrían generar la construcción de la presa o el canal.

Por otro lado, son las centrales minihidráulica de agua fluyente las que producen un mayor impacto ambiental.

2.1.1. Obra civil adicional

El posible aumento de la turbidez de las aguas hace que sea recomendable realizar las obras en épocas de escasez de lluvias. Esto supone una ventaja, pues será entonces cuando menos posibilidades de explotar el recurso haya.

Deberá hacerse una reforestación en el terreno tan pronto como sea posible. Se realizará con especies autóctonas y su selección y adquisición formará parte de las fases del proyecto.

La contratación de trabajadores supone un impacto positivo para el entorno siempre que no se trate de un espacio natural protegido.

Los transportes producen ruidos y emisiones que pueden perturbar el entorno de la central. Los desplazamientos deberán ser planificados de cara a evitar recorridos innecesarios.

2.2. IMPACTOS EN LA FASE DE EXPLOTACIÓN

Los impactos en la fase de explotación son los más críticos, dado que a diferencia de los que se encuentran en la fase de construcción, estos perduran en el tiempo.

2.2.1. Impacto sónico

La principal fuente de ruidos de una central minihidráulica viene de la turbina y el reductor en caso de que exista.

Para mitigar los efectos del ruido se emplean tolerancias ajustadas para los engranajes, mantas aislantes y la posibilidad de una refrigeración por agua en lugar de por aire. El edificio se dotará de aislantes acústicos y absorbentes en los aislamientos térmicos, de forma que se minimice el ruido que sale al exterior.

Deberá optimizarse el funcionamiento de la turbina para evitar las vibraciones que se producen, especialmente en las Francis cuando funcionan a baja carga.

Si se refrigera por aire se pueden limitar su velocidad por los conductos, contruidos con materiales absorbentes, e instalar silenciadores en las chimeneas.

Actualmente se tiende a aumentar los caudales de ventilación para disminuir la cantidad de cobre empleada en los generadores y sustituir la fundición por otros materiales menos absorbentes de vibración. Estos procedimientos aumentan las emisiones de ruido y deberían ser evitados en la medida de lo posible.

2.2.2. Impacto paisajístico

Se debe a un rechazo generalizado a cambios en el entorno, especialmente acentuado en las zonas montañosas o las urbanas de carácter histórico. Se trata de un impacto de vital importancia en la actualidad y gran parte de los proyectos son abandonados por esta razón.

Se minimiza empleando pinturas no reflectantes o construyendo presas con materiales que simulan rocas del entorno. Por otra parte, se pretende evitar que la casa de máquinas parezca un edificio industrial.

También se puede incluir la subestación en el edificio de máquinas y emplear conductores enterrados.

2.2.3. Impacto biológico

Impacto biológico en el cauce del río

En las centrales de agua fluyente existe un tramo del río que está sometido a grandes variaciones de caudal dependiendo de si se está turbinando o no. Este tramo es el comprendido entre la toma de agua y la central hidroeléctrica. Si se turbinara la totalidad del río dicho tramo quedaría completamente seco.

La fauna piscícola que vive a las orillas del río en el tramo considerado es la principal perjudicada por este hecho.

Caudal ecológico

Existen dos métodos para determinar el caudal permanente que debe fluir por un río:

- **Métodos hidrológicos:**

Se basan en el análisis de los históricos disponibles de los caudales o en el empleo de porcentajes fijos, entre los que se encuentran los siguientes:

- o Emplear un porcentaje sobre el caudal medio del río.
- o Emplear la fórmula de Matthey basada en los caudales superados durante la mayoría de un año.
- o Emplear el método de Tennant, que propone el uso de porcentajes que varían con la época del año.

- **Métodos hidrobiológicos:**

Análisis de datos de campo obtenidos para cada río que consideran parámetros hidráulicos y bióticos.

- o Método de análisis de hábitat.
- o Método del perímetro mojado.
- o Análisis incremental.
- o Método del micro hábitats de Bovee y Milhous.
- o Método de conservación de hábitats de Nehring.
- o Métodos MDDDR y DBR.
- o Método DGB.
- o Método de anchura ponderada útil.

Los métodos hidrológicos son más simples, pero se encuentran faltos de rigor científico y sus resultados pueden ser interpretados de forma arbitraria.

Los métodos de simulación requieren largos periodos de estudio que únicamente valen para un río y además pueden resultar igualmente arbitrarios.

El caudal mínimo ecológico en la Unión Europea se determina normalmente por un porcentaje del caudal medio interanual.

Se deben tener en cuenta las migraciones de los peces río arriba, que se verán interrumpidas cuando se construya un embalse o una central.

La solución más común es construir estanques sucesivos comunicados entre sí. De esta forma se minimiza el efecto que tiene la mano del hombre en estos hábitats tan sensibles.

El tamaño y desnivel de los estanques dependerán de las especies implicadas.

En desniveles de pequeño tamaño se emplean pasos con tabiques de tipo vertical, mientras que si el desnivel es grande deberá recurrirse a dispositivos de captura y transporte.

Una cortina de burbujas impedirá que los peces entren en el canal de salida de la turbina.

Pasos ascendentes

Un curso de agua es ante todo un biotopo específico, sede sobre todo de una vida piscícola que se demuestra muy frágil ante la acción del hombre, no sólo como consecuencia de la construcción de aprovechamientos hidroeléctricos. Para poder garantizar su ciclo vital, un pez debe acceder a tres tipos de hábitat generalmente bien diferenciados:

- Zona de reproducción.
- Zona de crecimiento de los juveniles.
- Zona de crecimiento de los genitores.

Para las especies residentes, estos tres hábitats suelen encontrarse en una zona restringida. Por el contrario para los migratorios, estas zonas están muy diferenciadas y la supervivencia de la especie exige que pueda desplazarse fácilmente de una a otra.

Dentro de los peces migratorios hay que diferenciar especie como el salmón, cuyos desplazamientos tienen lugar entre el agua dulce y el mar, y otras, como la trucha, cuya migración se limita al propio curso del río.

El comportamiento de estas especies no es homogéneo. Los grandes salmones superan con facilidad una barrera de tres metros de altura, incluso despreciando las facilidades ofrecidas por un paso ubicado delante de la misma. En el caso de azudes de hasta tres metros, con paramento aguas abajo verticales, y suficiente profundidad de agua al pie del azud para que puedan impulsarse, la circulación de los salmones está garantizada, siempre que en su borde superior exista una escotadura por la que desborde una lámina de agua de suficiente espesor. Si se trata de un azud con paramento aguas abajo inclinado, la lámina de agua será en general de poco espesor, e imposibilitará el paso del salmón en periodos de aguas bajas. Estos pasos naturales, no satisfacen a las autoridades medioambientales, pero hay un gran número de pasos, como el paso con estanques sucesivos, sin duda el más utilizado, que divide la altura a salvar mediante una serie de estanques comunicados entre sí por tabiques con vertederos, orificios o escotaduras verticales. Los estanques poseen un doble papel: crear zonas de descanso para los peces y disipar la energía cinética del agua que desciende por el paso.

Pasos descendentes

Una gran parte de los peces migratorios en su viaje aguas abajo y muchos de los peces residentes que son arrastrados por la corriente pasarán por las turbinas si no se toman las debidas precauciones. Los peces, al pasar por las turbinas, están sujetos a choques con los componentes fijos y móviles de las mismas, a aceleraciones y deceleraciones, a variaciones bruscas de presión y a cavitación.

Hoy en día existe una amplia variedad de dispositivos para evitar la entrada de los peces en la turbina. Estos dispositivos pueden clasificarse en tres categorías:

Sistemas de barrera física

Hay en el mercado gran número de sistemas de barrera física: pantallas fijas, verticales o inclinadas, cintas continuas verticales, tambores horizontales giratorios y pantallas cilíndricas. Todas utilizan un dispositivo provisto de aberturas lo suficientemente pequeñas como para que no puedan pasar por ellas los peces que queremos excluir. La pantalla en sí misma puede ser una malla, tejida con alambre de acero inoxidable o galvanizado o con monofilamento sintético, una chapa de acero o de aluminio perforado o una rejilla construida con perfiles de acero inoxidable.

Con frecuencia se acude a la chapa perforada, generalmente de 2 mm de espesor con agujeros de 4 mm de diámetro y una separación entre ejes de 5 mm, que es barata y se limpia fácilmente con cepillos mecánicos. La malla de monofilamento es demasiado flexible para los cepillos mecánicos aunque puede limpiarse invirtiendo el flujo de agua o con chorros de aire comprimido.

La solución para evitar la mortalidad consiste en impedir su entrada utilizando rejillas, con espaciado suficientemente pequeño para que no puedan atravesarlas los peces. Estas rejillas trabajan enviando el rechazo a un paso alternativo, lo que se consigue con mayor eficacia colocando las rejillas inclinadas, con el canal alternativo situado aguas debajo de la rejilla.

Además, la rejilla debe tener una superficie lo suficientemente amplia como para reducir la velocidad con la que llega la corriente, de modo que los peces puedan escapar nadando sin chocar en ella.

Sistemas de guía de comportamiento

El guiado por comportamiento está basado en la respuesta de los peces a determinados estímulos, ya sean de repulsión o de atracción: o bien se repele a los peces para que no entren en la toma de agua o se los atrae hacia un punto situado fuera de ella. En los últimos años se han ensayado gran número de estímulos: campos eléctricos, lámparas de mercurio y estroboscópicas, sonidos, chorros de agua, y cortinas de burbujas de aire.

Obteniéndose como resultado que los estímulos acústicos son los más eficaces. Para que un pez sea repelido por un sonido es necesario que este sea lo suficientemente fuerte como para destacar sobre el ruido de fondo, sobre todo si la barrera se sitúa en las cercanías de máquinas como turbinas o bombas.

Sistemas de recogida y liberación.

Utilizan conceptos similares a los de los dispositivos utilizados en los trayectos ascendentes: recoger los peces antes de que alcancen la toma de agua para, posteriormente, ser transportados por camión o sistema equivalente. Sin embargo la labor de recogida resulta más complicada que en el caso de los pasos ascendentes, en que los peces acuden a un punto de concentración, atraídos por la contracorriente.

Aquí hay que emplear mallas muy finas de monofilamento, como si fuesen redes de pesca. Los peces recogidos muestran síntomas de estrés y heridas superficiales, por lo que el sistema no es muy recomendable. Estos sistemas son los únicos que garantizan la exclusión de huevos y larvas, aunque se ha demostrado que, con turbinas de reacción los huevos y las larvas no resultan prácticamente dañados.

2.2.4. Impacto biológico sobre la fauna de tierra

Los canales suponen un obstáculo para el movimiento de las diferentes especies de tierra. Este impacto se minimiza cubriendo los canales.

2.2.5. Impacto biológico sobre las aves

Existe un riesgo de que las aves se electrocuten con los cables que salen de la central hidráulica. Para minimizar este riesgo se recomienda que en las zonas de especial importancia para las aves las líneas se sitúen en la base de los riscos o próximas a las pantallas de los árboles, de forma que las aves se vean obligadas a volar a una altura mayor.

2.2.6. Impacto sobre objetos culturales y arqueológicos

Al construir un embalse quedara anegada una amplia zona, por lo que es importante tener en cuenta si existirán objetos culturales o arqueológicos que vayan a desaparecer.

3. IMPACTO DE LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS DE TRANSMISIÓN

3.1. IMPACTO VISUAL

Las líneas eléctricas y los corredores correspondientes, tienen un impacto estético negativo sobre el paisaje. Estos impactos pueden mitigarse adaptando la línea al paisaje, o en casos extremos, enterrándola.

La solución óptima de una línea eléctrica, estudiada desde una óptica técnica y financiera, es en general la que producirá los impactos más negativos. Efectivamente, para conseguir una mayor separación, los pilones se ubican en lo alto de las colinas, con lo que la línea se convierte en un elemento dominante del paisaje. Aunque a priori no puede decirse que una línea quebrada se comporta mejor desde el punto de vista visual que una línea recta, en general estas últimas resultan más impactantes.

3.2. IMPACTO SOBRE LA SALUD

Además del impacto visual provocado por las líneas eléctricas, hay un aspecto que preocupa aún más a los residentes en las cercanías de la línea, esto es, los riesgos sobre la salud de las radiaciones electromagnéticas.

Tras varios años de informes contradictorios, los expertos aseguran ahora que residir en áreas cercanas a líneas eléctricas no incrementa el riesgo de cáncer. Dada la tensión empleada en las minicentrales, en general menor de 66 kV, los campos electromagnéticos generados son inferiores a los generados por algún electrodoméstico.

3.3. IMPACTO SOBRE LAS AVES

Aunque las aves están adaptadas morfológica y aerodinámicamente para moverse en el aire, existen límites en lo que respecta a su habilidad para salvar obstáculos artificiales. Las líneas eléctricas que pasen cerca de áreas claves desde el punto de vista ornitológico, deberán ubicarse cerca de la base de los riscos, o próximas a las pantallas de árboles, para que obliguen a las aves a volar por encima de los cables.

El peligro de electrocución (para electrocutarse un ave tiene que tocar simultáneamente dos fases - o una fase y un neutro) es prácticamente nulo para líneas a más de 130 kV, y muy bajo para el resto si se utilizan aisladores suspendidos en lugar de rígidos. En nuestro caso no se considera la ubicación en un paso migratorio de aves o área clave ornitológica y por lo tanto su impacto será muy bajo.

4. CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO AMBIENTAL

Por lo tanto se concluye que la central minihidráulica que se desea proyectar “Central de Rasines” no supone un impacto ambiental acusado dadas sus características.

Tanto el emplazamiento como algunos de sus elementos principales ya están instalados, por lo que el impacto que existe en la fase de construcción es mínimo, casi nulo.

En la fase de producción los posibles impactos son insignificantes tanto en el ruido producido por la generación de electricidad, como los posibles accidentes en las acciones de operación y mantenimiento. Además el impacto biológico es mínimo y evitable con medidas de seguridad que están tenidas en cuenta, como las rejillas y las cortinas de burbujas instaladas.

Por tanto se puede asegurar que se trata de una instalación ecológicamente sostenible, que ayudará a reducir las emisiones de CO₂ derivadas del empleo de otras fuentes de Energía.

ANEXO N°11:
ESTUDIO DE SEGURIDAD Y
SALUD

CONTENIDO

1. OBJETO DEL ESTUDIO	3
2. ACCESOS Y SEÑALIZACIÓN	3
3. SERVICIOS AFECTADOS	4
3.1. LÍNEAS ELÉCTRICAS	4
3.1.1. Bloqueo y barreras de protección	5
3.1.2. Paso bajo líneas aéreas en tensión	5
3.1.3. Recomendaciones a observar en caso de accidente	6
3.2. CONDUCCIONES DE ABASTECIMIENTO Y/O SANEAMIENTO	7
3.2.1. Normas de seguridad	7
3.3. TRÁFICO RODADO	8
3.4. LÍNEAS TELEFÓNICAS	8
4. MEDIOS AUXILIARES	9
4.1. NORMAS Y CONDICIONES DE SEGURIDAD	9
4.1.1. Escaleras de mano	9
4.1.2. Sierras circulares	9
4.1.3. Manejo de materiales con medios mecánicos	10
4.1.4. Andamios	13
5. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN LAS PRINCIPALES UNIDADES CONSTRUCTIVAS	19
5.1. MOVIMIENTOS DE TIERRA	19
5.1.1. Excavación de trincheras y/o zanjas	19
5.1.2. Terraplenes y/o rellenos	21
5.1.3. Desmontes	22
5.2. FIRMES	24
5.2.1. Riesgos principales	25
5.2.2. Normas básicas de seguridad	25

5.2.3. Equipos de protección individual	27
6. MAQUINARIA	27
6.1. BULLDOZERS	27
6.2. CARGADORAS.....	28
6.3. RETROEXCAVADORAS	28
6.4. RODILLOS.....	30
6.5. MOTO NIVELADORAS	30
6.6. CAMIONES	31
6.7. CAMIÓN GRÚA	32
6.8. CAMIÓN BOMBA DE HORMIGÓN.....	32
6.9. DUMPERS	33
6.10. COMPRESORES.....	34
6.11. PERFORADORAS.....	35
6.12. MOTOVOLQUETES	36
6.13. GRÚAS AUTOMOTORAS	36
6.14. EXTENDEDORAS	36
6.15. NORMAS GENERALES DE CIRCULACIÓN.....	37
6.16. CIRCULACIÓN DE MAQUINARIA EN OBRA.....	38
7. DESCRIPCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE HIGIENE Y BIENESTAR.....	40
8. ORGANIZACIÓN DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN LA OBRA	40
8.1. PERSONAS Y SERVICIOS RESPONSABLES	40
8.2. LIBRO DE INCIDENCIAS	41
8.3. BOTIQUÍN Y URGENCIAS	41
8.4. FORMACIÓN DEL PERSONAL.....	41
9. VALORACION DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	42

1. OBJETO DEL ESTUDIO

En aplicación de la legislación vigente, que se concreta en el Artículo 4 del Real Decreto 1627/ 97, es necesaria la redacción de este estudio de seguridad y salud. En el mismo, se detectaran los riesgos que la obra implica, se analizarán los problemas de seguridad y salud en el trabajo, se diseñaran las líneas preventivas a poner en práctica, la organización segura del trabajo, la protección colectiva y equipos de protección individual entre otros asuntos, a implantar durante todo el proceso de esta construcción de forma técnica y eficaz.

Será la empresa adjudicataria la encargada de implantar en la práctica, en función de su propio proceso productivo, la metodología necesaria para realizar todos los trabajos en las debidas condiciones de seguridad y poner los medios necesarios para desarrollarlos en condiciones de salud.

Por lo tanto, este Estudio de Seguridad servirá para dar directrices básicas al contratista para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales, facilitando su desarrollo, bajo el control de la Dirección de las Obras, a través del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de las obras.

2. ACCESOS Y SEÑALIZACIÓN

Las obras proyectadas están desarrolladas en las proximidades de las vías de comunicación existentes, razón por la cual, aunque los caminos sean de baja intensidad de tráfico, los accesos son múltiples y de muy variadas características.

Ello representa por una parte unos accesos rápidos, y generalmente no congestionados. Cuando afectemos a vías públicas, solicitaremos, con suficiente antelación, la autorización pertinente de los Organismos propietarios, adoptando las medidas que a tal efecto prescriban.

Los múltiples accesos a obra serán señalizados con advertencia de:

"ZONA DE OBRAS"

"PROHIBIDO EL PASO A PERSONAS NO AUTORIZADAS A LA OBRA"

"OBLIGATORIO EL USO DE CASCO".

En las intersecciones:

"CEDA EL PASO"

En la confluencia de accesos con las vías públicas se colocarán señales de:

"STOP".

Se comprobará periódicamente el estado de la señalización, reponiéndola en caso de haber desaparecido y retirándola cuando ya no sea necesaria.

3. SERVICIOS AFECTADOS

Desde el punto de vista de la Prevención de Riesgos Laborales en la obra, la relación de servicios afectados son los siguientes:

- Líneas eléctricas aéreas.
- Líneas eléctricas subterráneas.
- Conducciones de saneamiento y abastecimiento.
- Tráfico rodado.
- Líneas telefónicas/telegráficas.

3.1. LÍNEAS ELÉCTRICAS

Las medidas de seguridad que debemos tomar son las siguientes:

Se solicitará a la Compañía Suministradora, por escrito, proceder al descargo, su desvío, o en caso necesario, su elevación. En el caso de que no se pueda realizar lo anterior se considerarán unas distancias mínimas de seguridad, medidas entre el punto más próximo en tensión y la parte más cercana del cuerpo o herramienta del obrero o de la máquina, considerando siempre, la situación más desfavorable.

Los criterios que pueden aplicarse y que están recogidos en muchas publicaciones especializadas, dan como distancia mínima de seguridad, las siguientes:

- 3m. Para $T < 66.000 \text{ V}$.
- 5m. Para $T > 66.000 \text{ V}$.

La distancia de seguridad mínima es función de la tensión de la línea y del alejamiento de los soportes de ésta. Cuando aumenta la temperatura los conductores se alargan y por este hecho disminuye la distancia con respecto al suelo.

3.1.1. Bloqueo y barreras de protección

Las máquinas de elevación deben llevar unos enclavamientos o bloqueo de tipo eléctrico o mecánico que impidan sobrepasar estas distancias mínimas de seguridad.

Para las máquinas como grúas, palas, excavadoras, etc., se señalizarán las zonas que no deben traspasar y para ello se interpondrán barreras que impidan todo contacto con las partes en tensión.

Estas barreras deben fijarse de forma segura y resistir los esfuerzos mecánicos usuales. El espacio vertical máximo entre los largueros y las tablas no debe sobrepasar un metro. En lugar de colocar largueros o tablas, se pueden utilizar cables de retención provistos de adecuada señalización. Los cables deben estar bien tensos. El espacio vertical entre los cables de retención no debe ser superior a 0.50 metros.

3.1.2. Paso bajo líneas aéreas en tensión

La altura de paso máxima bajo líneas eléctricas aéreas, debe estar delimitada por barreras de protección.

Deben colocarse barreras en cada lado de la línea. Su alejamiento de la zona peligrosa viene determinado por la configuración de las zonas (depresiones de terreno o terraplenes). La altura de paso máxima debe ser señalada por paneles apropiados fijados a la barrera de protección. Las entradas del paso deben señalarse en los dos lados.

3.1.3. Recomendaciones a observar en caso de accidente

Caída de línea

Se debe prohibir el acceso del personal a la zona de peligro hasta que un especialista compruebe que la línea está sin tensión.

No se debe tocar a las personas en contacto con líneas eléctricas en carga.

En el caso de estar seguros de que se trata de una línea de baja tensión se intentará separar al accidentado mediante elementos no conductores, sin tocarle directamente.

Accidentes con máquinas

En el caso de contacto de líneas eléctricas aéreas con máquinas de excavación, transportes, etc. deben observarse las siguientes normas:

El conductor maquinista: (estas recomendaciones se entregarán por escrito con acuse de recibo)

- Conservará la calma incluso si los neumáticos comienzan a arder.
- Permanecerá en su puesto de mando o en la cabina, debido a que allí está libre del riesgo de electrocución.
- Intentará retirar la máquina de la zona de contacto con la línea y situarla fuera de las áreas peligrosas.
- Advertirá a las personas que allí se encuentren, que no deben tocar la máquina.
- No descenderá de la máquina hasta que ésta no se encuentre a una distancia segura. Si lo hace antes, el conductor entra en el circuito línea máquina suelo y está expuesto a electrocutarse.
- Si es imposible separar la máquina, y en caso de absoluta necesidad, el conductor o maquinista no descenderá utilizando los métodos habituales si no que saltará lo más lejos posible evitando tocar ésta.

Normas generales de actuación

No tocar la máquina o la línea caída a tierra.

Permanecer inmóvil o salir de la zona a pequeños pasos.

Advertir a las otras personas amenazadas para que no toquen la máquina o la línea y que no efectúen actos imprudentes.

3.2. CONDUCCIONES DE ABASTECIMIENTO Y/O SANEAMIENTO

3.2.1. Normas de seguridad

Cuando haya que realizar trabajos sobre conducciones de agua, tanto de abastecimiento como de saneamiento, se tomarán las medidas que eviten que accidentalmente se dañen estas tuberías y, en consecuencia, se suprima el servicio, éstas son:

Identificación

En caso de no ser facilitados por la Dirección Facultativa planos de los servicios afectados, se solicitarán a los Organismos encargados a fin de poder conocer exactamente el trazado y profundidad de la conducción. (Se dispondrá en lugar visible, teléfono y Dirección de estos Organismos).

Señalización

Una vez localizada la tubería, se procederá a señalizarla, marcando con piquetas su dirección y profundidad.

Recomendaciones en ejecución

Es aconsejable no realizar excavaciones con máquinas a distancias inferiores a 0,50 metros de la tubería en servicio. Por debajo de esta cota se utilizará la pala normal.

Una vez descubierta la tubería, en el caso en el que la profundidad de la excavación sea superior a la situación de la conducción, se suspenderá o apuntalará a fin de que no rompa por flexión. En tramos de excesiva longitud, se protegerá y señalizará convenientemente para evitar que sea dañada por maquinaria, herramientas, etc.

Se instalarán sistemas de iluminación a base de balizas, hitos reflectantes, etc., cuando el caso lo requiera.

Está totalmente prohibido manipular válvulas o cualquier otro elemento de la conducción en servicio, si no es con la autorización de la Compañía Instaladora.

No almacenar ningún tipo de material sobre la conducción.

Está prohibido utilizar las conducciones como puntos de apoyo para suspender o levantar cargas.

Actuaciones en caso de rotura o fuga en la canalización:

Comunicar inmediatamente con la Compañía Instaladora y paralizar los trabajos hasta que la conducción haya sido reparada.

3.3. TRÁFICO RODADO

En aquellos puntos donde afectemos a vías de uso público, bien mediante desvíos, bien mediante cortes con paso alternativo, emplearemos la señalización indicada en los croquis que se adjuntan, recurriendo a señalitas si el caso lo demanda.

En cualquiera de los casos que se afectase a carreteras de la Red de Interés General del Estado, se estaría, para su señalización, a lo dispuesto en la Norma de Carreteras 8.3 - IC "Señalización de obras".

3.4. LÍNEAS TELEFÓNICAS

Es de prever que se afecten tanto a líneas enterradas como aéreas.

Los encargados o Jefes de obra portarán en todo momento los teléfonos de los propietarios de las líneas para, en caso de incidente proceder a comunicárselo de inmediato.

Todas las líneas serán señalizadas o balizadas en el tramo en que se las afecte.

Ante cualquier duda, se les dará tratamiento de línea eléctrica.

Si se prevé el paso bajo las líneas aéreas, se procederá a dotarlas de pórticos de balizamiento para impedir incidentes.

4. MEDIOS AUXILIARES

4.1. NORMAS Y CONDICIONES DE SEGURIDAD

4.1.1. Escaleras de mano

Las de madera tendrán los largueros de una sola pieza y los peldaños estarán ensamblados y no clavados.

No deben salvar 5 metros a menos que estén reforzadas en su centro quedando prohibido su uso para alturas superiores a 7 m.

Para alturas mayores, será obligatorio el empleo de escaleras especiales susceptibles de ser fijadas sólidamente por su cabeza y su base y será obligatoria la utilización de cinturón. Las escaleras de carro estarán dotadas de barandillas y otros dispositivos que eviten las caídas.

Se apoyarán sobre superficies planas y sólidas.

Estarán provistas de zapatas, grapas, puntas de hierro, etc., antideslizante en su pie y de gancho de sujeción en la parte superior.

Sobrepasarán en 1 metro el punto superior de apoyo.

Si se apoyan en postes se emplearán abrazaderas.

Prohibido transportar a brazo pesos superiores a 25 Kg.

La distancia entre los pies y la vertical de su punto superior de apoyo, será la cuarta parte de la longitud de la escalera hasta tal punto de apoyo.

Las escaleras de tijera o dobles, de peldaños, estarán dotadas de cadena o cable para evitar su cobertura y de topes en su extremo superior.

4.1.2. Sierras circulares

Máquinas de cortar madera:

Estarán dotadas de cuchillo divisor cuya distancia al disco será de 3 mm.

Como máximo y espesor igual al grueso del corte de la sierra, o ligeramente inferior.

Protector de disco que estará sujeto a la parte superior del cuchillo divisor.

Las chapas protectoras laterales estarán unidas con una madera metálica que permita ver el sentido del corte.

Estarán dotados de un interruptor de puesta en marcha de tal manera que no será fácil su puesta en marcha accidental.

Estarán dotadas de carcasa de protección de los elementos móviles.

Estarán dotadas de toma de tierra directa o a través del conductor de protección, incluido en la manguera de alimentación de energía eléctrica.

El operario llevará pantalla protectora.

Máquina de cortar material cerámico:

Llevarán carcasa protectora de disco, de las partes móviles y de la parte interior del disco.

El operario utilizará gafas con lentes de seguridad, mascarilla con filtro y un sistema de pulverización con agua que elimine o reduzca el polvo producido.

El interruptor de corriente estará situado de tal manera que el operario no tenga que pasar el brazo sobre el disco.

No se utilizarán para cortar materiales impropios del disco.

4.1.3. Manejo de materiales con medios mecánicos

En todas las grandes obras, gran parte del movimiento de materiales se realiza por medios mecánicos.

La caída de la carga obedece siempre a fallos técnicos o a fallos humanos.

Los fallos técnicos los podemos encontrar de una manera especial en la rotura de:

- Ganchos.
- Cables.
- Eslingas.

Los fallos humanos los encontramos en la mala elección o en la utilización incorrecta de estos elementos auxiliares.

Ganchos

Los accidentes debidos a fallos de ganchos pueden ocurrir por cuatro causas fundamentales:

Exceso de carga: nunca sobrepasar la carga máxima de utilización.

Deformación del gancho: usar ganchos viejos, no enderezar los ganchos.

Fallos de material en el gancho.

Desenganche de la carga por falta de pestillo.

Cables

Existen muchos tipos de cables, según la disposición de alambres y cordones de la forma de enrollamiento, etc.

Cada tipo de cable está pensado para una utilización concreta, usarlo de otra forma puede dar lugar a accidentes, por tanto debemos:

- Elegir el cable más adecuado.
- Revisarlo frecuentemente.
- Realizar un mantenimiento correcto.

Un cable está bien elegido si tiene la composición adecuada y la capacidad de carga necesaria para la operación a realizar, además de carecer de defectos apreciables.

No obstante, se puede dar una regla muy importante:

Un cable de alma metálica no debe emplearse para confeccionar Eslingas, porque puede partirse con facilidad aun con cargas muy inferiores a lo habituales.

Por eso es absolutamente necesario revisar los cables con mucha frecuencia, atendiendo especialmente a:

- Alambres rotos.
- Alambres desgastados.
- Oxidaciones.
- Deformaciones.

En cuanto a mantenimiento de los cables, damos a continuación las siguientes reglas:

- *Desarrollo de cables:* Si el cable viene en rollos, lo correcto es hacer rodar el rollo.
- *Si viene en carrete,* se colocará éste de forma que pueda girar sobre su eje.
- *Cortado de cables:* El método más práctico para cortar un cable es por medio de soplete; también puede utilizarse una cizalla.
- *Engrase de cables:* La grasa reduce el desgaste y protege al cable de la corrosión.
- *Almacenamiento de cables:* Deberá ser en lugares secos y bien ventilados, los cables no deben apoyar en el suelo.

Eslingas

Eslingas y estrobos son elementos fundamentales en el movimiento de cargas, su uso es tan frecuente en las obras que a menudo producen accidentes debido a la rotura de estos elementos o al desenganche de la carga.

En general, estos accidentes pueden estar ocasionados por:

- 1.- *Mala ejecución de la eslinga:* Las gazas de las eslingas pueden estar realizadas de tres maneras.
 - i) *Gazas cerradas con costuras.* La costura consiste en un entrelazado de los cordones del cable. Tienen buena resistencia.
 - ii) *Gazas cerradas con perrillos.* Son las más empleadas por lo sencillo de su ejecución. El número de perrillos y la separación entre ellos dependen del diámetro del cable que se vaya a utilizar.
 - Hasta 12 mm. Núm. perrillos 3 Distancia 6 Diámetros
 - 12 mm. a 20 mm. Núm. perrillos 4 Distancia 6 Diámetros
 - 20 mm. a 25 mm. Núm. perrillos 5 Distancia 6 Diámetros
 - 25 mm. a 35 mm. Núm. perrillos 6 Distancia 6 Diámetros
 - iii) *Gazas con casquillos prensados.* Se caracteriza porque se realiza el cierre absoluto de los dos ramales mediante un casquillo metálico.
- 2.- *Mala elección de eslingas:* Para elegir correctamente una eslinga, se tendrá en cuenta que el cable que la constituye tenga:

- i) Capacidad de carga insuficiente. La carga máxima depende fundamentalmente del ángulo formado por los ramales. Cuanto mayor sea el ángulo más pequeña es la capacidad de carga de la eslinga. Nunca debe hacerse trabajar una eslinga con un ángulo superior a 90 grados (Ángulo recto).
 - ii) Composición del cable de la eslinga. Deben emplearse siempre cables muy flexibles, por eso se desestiman los de alma metálica. Otra norma muy importante es la de no utilizar jamás redondos de ferralla (cabillas o latiguillos) para sustituir a la eslinga.
- 3.- Utilización de eslingas: Para utilizar correctamente eslingas y estrobos, debemos tener en cuenta los puntos siguientes:
- i) Cuidar del asentamiento de las eslingas, es fundamental que la eslinga quede bien asentada en la parte baja del gancho.
 - ii) Evitar los cruces de eslingas. La mejor manera de evitar éstos es reunir los distintos ramales en un anillo central.
 - iii) Elegir los terminales adecuados. En una eslinga se puede colocar diversos accesorios: anillas, grilletes, ganchos, etc., cada uno tiene una aplicación concreta.
 - iv) Asegurar la resistencia de los puntos de enganche.
 - v) Conservarlas en buen estado. No se deben dejar a la intemperie y menos aún tiradas por el suelo. Están mejor colgadas.

4.1.4. Andamios

Asentamiento

Para garantizar la perfecta estabilidad del andamio se colocarán placas base que permitan repartir la carga o empleando durmientes si el terreno no es suficientemente consistente.

Montaje

En el montaje se tendrá en cuenta:

- Utilización del cinturón de seguridad por el personal del montaje e instalación.
- Arrastramiento del propio andamio.
- Arrastramiento del andamio a paramento para determinadas alturas.

Una vez montado el andamio y habiendo aplicado todos los elementos y condiciones para su seguridad estructural, habrán de montarse los elementos de seguridad personal, siendo éstos los siguientes:

- Plataformas de trabajo.
- Sujeta-tablones.
- Rodapiés.
- Barandillas.

Plataformas de Trabajo

Las condiciones que han de tener las plataformas de trabajo nos las indica la Ordenanza General en su artículo 20, apartado 1, que dice: *“Las plataformas de trabajo, fijas o móviles, estarán constituidas de materiales sólidos, y su estructura y resistencia será proporcional a las cargas fijas o móviles que hayan de soportar”*. Y el mismo artículo en su apartado 2: *“Los pisos y pasillos de las plataformas serán antideslizantes, se mantendrán libres de obstáculos y estarán provistos de un sistema de drenaje que permita la eliminación de productos resbaladizos”*.

El ancho de la plataforma de trabajo viene determinada por el artículo 221 de la Ordenanza de la Construcción, cuyo párrafo siguiente dice: *“El ancho de la andamiada será como mínimo de tres tablones de 20 cm. de ancho y 5 cm. De grueso, de madera bien sana, sin nudos saltadizos ni otros defectos que puedan producir roturas”*.

Respecto a la resistencia de la madera a emplear, la Ordenanza de la Construcción, en su artículo 198 nos indica que: *“La madera empleada en andamios y demás medios auxiliares ofrecerá la resistencia suficiente para el objeto a que se destine pudiendo incluso haber sido utilizada anteriormente en otros usos, siempre que su estado, a juicio de la Dirección Técnica de la obra o persona responsable, delegado de la misma, sea tal que se encuentre apta para realizar los esfuerzos a que esté sometida, estableciéndose una carga de trabajo que resulte aceptable”*. Y las uniones, según el artículo 221 de la Ordenanza de la Construcción: *“Los empalmes del piso de las andamiadas se efectuarán siempre sobre los puentes correspondientes”*.

Estos puentes a los que se refiere la Ordenanza, serán los tubos de diámetro 42 de los SUPLEMENTOS DE ALTURA, en el andamio en el cual nos estamos refiriendo.

Por lo tanto, la plataforma de trabajo se montará unida y exclusivamente sobre los tubos más gruesos de los SUPLEMENTOS DE ALTURA.

En el uso de los andamios tipo G-100 la Colocación de la plataforma de trabajo podrá ser de la forma siguiente:

Para evitar hundimientos de la plataforma de trabajo la Ordenanza de la Construcción, en su artículo 189, párrafo 2 dice: *"Se procurará no cargar los pisos más que en la medida indispensable para la ejecución de los trabajos, procediendo a la elevación de los materiales de acuerdo con estas necesidades"*.

Lo indica también en el artículo 208: *"No se almacenarán sobre los andamios más materiales que los necesarios para asegurar la continuidad de los trabajos, se procurará que sea mínimo el peso de los que quedan depositados en ellos"*. Como complemento, se aconseja no fabricar morteros en los pisos de los andamios, tanto para las sobrecargas como para evitar que esté resbaladizo, tal como dice el artículo 186 de la Ordenanza de la Construcción: *"Se mantendrá libre de obstáculos, adoptándose las medidas necesarias para evitar que el piso resulte resbaladizo"*.

Si por necesidad, y una vez finalizado el trabajo en una plataforma, se ha de retirar algún tablón, se quitará todo el suelo.

Sujeta tablonos

Basándonos en el artículo 206 de la Ordenanza de la Construcción, que dice:

"Los tablonos que forman el piso del andamio se dispondrán de modo que no puedan moverse ni dar lugar a basculamiento, deslizamiento o cualquier otro movimiento peligroso". Y también en el artículo 242 de la misma Ordenanza, cuyo texto es el siguiente: *"El piso de las andamiadas se sujetará a los tubos o perfiles metálicos mediante abrazaderas o piezas similares adecuadas, que impidan el movimiento y hagan sujeción segura"*. Se hace obligatorio el uso de SUJETA TABLONES.

Para la sujeción de los tablones, no solo se hará uso de las cuñas de ajuste que lleva el mismo, sino que se clavará, por medio de puntas, a la plataforma, aprovechando los taladros que llevan con lo que evitaremos el deslizamiento.

Rodapiés

Es obligatorio la colocación de rodapié en ambos lados de la plataforma de trabajo, tal como dice el artículo 206 de la Ordenanza de la Construcción:

"Todo el contorno de los andamios que ofrezca peligro de caída será protegido por los rodapiés adecuados que eviten el deslizamiento de los trabajadores, materiales y herramientas", y su altura viene especificada por el artículo 23 de la Ordenanza General apartado 3: "Los plintos tendrán una altura mínima de 15 cm. Sobre el nivel del piso".

Existen dos modelos del mismo, siendo el más sencillo el SOPORTE DE RODAPIE, el cual se coloca en los pies derechos de los SUPLEMENTOS DE ALTURA.

El segundo modelo se coloca en los tubos horizontales, y su uso es exclusivamente para los casos en los cuales en el anterior no es posible su colocación.

Barandillas

La colocación de barandillas de seguridad es obligatoria en todos los lugares en los que la plataforma de trabajo esté a una altura superior a 2 m. Tal como nos dice el artículo 20 de la Ordenanza General en su apartado 3: *"Las plataformas que ofrezcan peligro de caída desde más de 2 m., estarán protegidas en todo su contorno de barandillas y plintos, con la condición que señala el artículo 23"*, las condiciones de la barandilla que nos indica el artículo 23 de la misma Ordenanza, en sus apartados 1 y 2, son:

"Las barandillas y plintos o rodapiés serán de materiales rígidos y resistentes".

"La altura de las barandillas será de 90 cm, como mínimo, a partir del nivel del piso, y el hueco existente entre el plinto y la barandilla estará protegido por una barra horizontal o Listón intermedio, o por medio de barrotes verticales, con una separación máxima de 15 cm.".

Y por último, vemos que la Ordenanza de la Construcción también nos indica la necesidad de colocar barandillas de seguridad, en el artículo 206, que dice, entre otras cosas: *"Todo el contorno de los andamios que ofrezcan peligro de caída será protegido por sólidas y rígidas barandillas de madera o metálicas de 0,90 m. de altura sobre nivel del piso."*

Existen diversos tipos de barandillas, según el ancho del andamio y dependiendo si la plataforma es interior del andamio o está en la cabeza del mismo.

En el caso de barandillas de plataforma interna, existen dos tipos y su colocación en los andamios dependerá de las medidas de éstos.

Cuando la plataforma de trabajo está situada en la cabeza del andamio existen dos soluciones: Colocar la plataforma de forma que cubra todo el ancho del andamio, o limitar su anchura a lo mínimo exigido por las Ordenanzas Legales, 0,60 cm.

En el primer caso, se colocará en cada SUPLEMENTOS DE ALTURA un PIE DE BARANDILLA, por su parte exterior, fijado con una ABRAZADERA DE EMPALME, y sujetos a ellos unos TRAVESAÑOS DE BARANDILLA con TUBOS de diámetro 42 x 2 x 4.070 CON ENCHUFE, ABRAZADERA DE EMPALME y ABRAZADERA DOBLE FIJA.

Para el cierre lateral se colocarán en los extremos laterales un SUPLEMENTOS DE BARANDILLAS.

Cuando, por los motivos que sean, hemos de colocar una plataforma de menos anchura que en el SUPLEMENTO DE ALTURA la solución a adoptar para colocar la barandilla será la siguiente:

Al final de la plataforma, por la parte exterior, y sujeta al último travesaño del SUPLEMENTO DE ALTURA, se colocarán BRIDAS DE ENCHUFE, y sobre ellas los PIES DE BARANDILLA fijados con una ABRAZADERA DE EMPALME, que se arriostrarán tal como se indica anteriormente, la solución para los laterales será empleando PIES DE BARANDILLA, ABRAZADERA DOBLE FIJA en el PIE DE BARANDILLA EXTERIOR y TUBOS de diámetro 24 x 2.

Tampoco hay que olvidar los rodapiés y los sujeta tablones.

Resumen De Seguridad Para Andamios Tubulares

Preparación adecuada del terreno para el apoyo de los tubos verticales. En terrenos blandos, se repartirán cargas apoyando la placa del asiento sobre durmientes de tablón perfectamente nivelados.

Utilización durante el montaje del cinturón de seguridad, éste, será homologado.

Arrastramiento para evitar desplazamientos laterales.

Periódicamente se comprobará la verticalidad del andamio.

La plataforma de trabajo será de 0,60 m. de anchura como mínimo, estará dotada de barandilla de 0,90 m. de altura y rodapié de 0,20 m.

No se considera protección la "Cruz de San Andrés" que forman las Riostras del andamio. Los tablonces que forman la plataforma de trabajo, estarán perfectamente unidos y dotados en su parte inferior de topes que impidan el deslizamiento.

Se desecharán los tablonces defectuosos o con nudos. Está prohibido subir por los propios tubos del andamio.

Resumen Normas De Seguridad Andamios Con Borriquetes

No se utilizarán para alturas superiores a 6,00 m.

Para alturas superiores a 3,00 m. irán arriostrados.

La máxima separación entre puntos de apoyo será de 3,50 m.

Para alturas de caída superiores a dos metros, dispondrán de barandilla perimetral.

La anchura mínima de plataforma de trabajo será de 0,60 m. El conjunto será estable y resistente.

Cable de sujeción del cinturón de seguridad y sus anclajes

Tendrán suficiente resistencia para soportar los esfuerzos a que serán sometidos de acuerdo con su función protectora.

Barandillas

Las barandillas rodearán el perímetro de riesgo. Deberán tener la suficiente resistencia para que se garantice la retención de las personas.

5. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN LAS PRINCIPALES UNIDADES CONSTRUCTIVAS

Desde el punto de vista de la Prevención de Riesgos Laborales, a la hora de realizar el presente Plan de Seguridad y Salud, se ha decidido hacer especial hincapié en las siguientes unidades de obra, dado que la estadística nos dice que son las de mayor riesgo contra la seguridad y salud laboral:

- Movimientos de tierra.
- Ejecución de estructuras (Viaductos, muros, o. de fábrica, etc.).

5.1. MOVIMIENTOS DE TIERRA

Los trabajos de excavación se realizarán mediante medios mecánicos.

5.1.1. Excavación de trincheras y/o zanjas

Previamente a la iniciación de los trabajos se establecerá un plan de trabajo incluyendo el orden en la ejecución de las distintas fases, maquinaria a emplear en éstos, previsiones respecto a tráfico de vehículos, acceso a vertederos y condiciones de éstos y cuantas medidas sean necesarias para la adecuada ejecución de los trabajos.

Antes de iniciar los trabajos se resolverán las posibles interferencias con conducciones aéreas o enterradas que puedan afectar a las áreas de movimientos de tierras, vertidos de éstas o circulación de vehículos.

La excavación se efectuará con máquinas retroexcavadoras, bulldozers y dumpers y el compactado mediante rodillos vibrantes

Los conductores de vehículos y maquinaria deberán acreditar su capacitación para la conducción de los mismos

El número de operarios por tajo puede variar entre 3 a 10 personas, ya sea para la ejecución de zanjas o desmontes.

Riesgos más comunes de zanjas y taludes

- Desprendimientos y enterramientos.
- Caídas de personas al interior.
- Atrapamientos por maquinaria.
- Interferencias con servicios.
- Inundaciones.
- Golpes por objetos.
- Caídas de objetos.

Normas fundamentales de Seguridad

- El personal estará perfectamente informado de todos los riesgos que implica este trabajo.
- El acceso y salida de la zanja se realizara mediante escalera sólida anclada en el borde superior, sobresaliente 1 m. sobre dicho borde. Estará apoyado sobre superficie sólida de reparto de carga.
- No se acopiará a menos de 2 m. de la zanja.
- Cuando la profundidad sea igual o mayor a 1.3 m., se estudiará su entibación.
- Las zanjas se señalizarán de forma clara y visible (cinta de balizamiento, líneas, etc.), protegiéndose sus bordes mediante barandillas reglamentarias a 2 m. del borde, si la profundidad de las mismas supera los 2 m.
- Si los trabajos requieren iluminación, se usarán para tal fin torretas aisladas con toma de tierra. Si la iluminación deseada es portátil, se efectuará mediante lámparas portátiles de 24 V., Dotadas de rejilla protectora y mango aislante.
- Se puede disminuir la entibación si se desmocha en bisel a 45° del borde del talud.
- Si los taludes deben permanecer estables largo tiempo, se tenderá una malla galvanizada sobre su superficie, firmemente sujetas al terreno con redondos, o bien se juntarán.
- Se deberá revisar el estado de cortes frecuentemente.
- Achicar el agua de inundaciones lo más rápidamente posible mediante bombas sumergibles.

Equipos de protección personal recomendables

- Cascos y calzado de seguridad.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Ropa y calzado impermeable.
- Cinturones de seguridad.
- Guantes de cuero y de goma.
- Protectores oculares y auditivos.
- Protecciones colectivas adecuadas según casos.

5.1.2. Terraplenes y/o rellenos

Riesgos principales

- Accidentes de vehículos por causas diversas (exceso de carga, mal mantenimiento, terrenos defectuosos, etc.).
- Interferencias entre vehículos por señalización defectuosa.
- Atropellos.
- Caídas de material desde las cajas de los vehículos.
- Caídas de personas desde las cajas y carrocerías de los vehículos.
- Accidentes por conducción en ambientes pulverulentos, de poca visibilidad.
- Accidentes por conducción sobre terrenos encharcados o embarrados.
- Caídas de los vehículos desde el borde de los terraplenes.

Medidas de Seguridad

- Se asegurará la pericia de conductores de vehículos y maquinaria.
- Los conductores de vehículos y maquinaria deberán acreditar su capacitación para la conducción de los mismos
- Las máquinas serán objeto de un riguroso mantenimiento de acuerdo con las instrucciones del fabricante
- Los accesos y salidas de los tajos a cualquier vía de circulación estarán debidamente señalizados.
- No se sobrecargarán los vehículos, que llevarán adecuadamente indicado su P.M.A., tara, etc.
- No se portará personal en los vehículos fuera de las cabinas.
- Un Jefe de Equipo coordinará las maniobras de cada equipo de carga.

- Es conveniente regar periódicamente los tajos. Para disminuir la presencia de polvo.
- Es conveniente señalar y balizar convenientemente los accesos de la obra, así como sus salidas a vías públicas.
- Se colocarán topes de limitación de recorrido en los bordes de los terraplenes, para el vertido en retroceso.
- Los vehículos y maquinaria deberán portar indicadores ópticos y auditivos de marcha atrás.
- Los vehículos deberán estar en posesión de póliza de responsabilidad civil ilimitada.
- Se recomienda que la maquinaria y los vehículos pesados, posean cabinas antivuelco.
- Los taludes a emplear son los siguientes.
- Desmontes 1/1 a 1/2.5.

Equipos de protección personal

- Cascos y calzado de seguridad.
- Cinturones de seguridad y anti vibratorio.
- Mascarillas y filtros.
- Protectores oculares y auditivos.
- Chalecos reflectantes.
- Guantes de cuero y goma.
- Equipos impermeables.
- Protecciones colectivas adaptadas a cada caso.

5.1.3. Desmontes

- Riesgos principales
- Derrumbes de taludes por diversas causas, (no emplear el talud adecuado, variación de humedad, filtraciones acuosas, por soportar cargas próximas al borde de talud, por fallo de entibaciones, por bajo nivel freático. etc.)
- Deslizamientos del terreno, por defectos en el talud, o por presencia de agua.
- Caídas desde bordes de terraplenes (de máquinas de personas.)

- Caídas al mismo nivel.
- Contactos eléctricos.
- Problemas de circulación interna, atropellos.
- Embarramiento de los caminos de la obra.

Medidas de Seguridad

• Antes del inicio de las labores pertinentes, es necesario un minucioso estudio del terreno, para determinar su naturaleza y ver si existen posibles grietas o movimientos de terreno.

• El frente de la excavación realizado mecánicamente, no sobrepasará en más de un metro, la altura máxima de ataque del brazo de la máquina.

• Se prohibirá el acopio de materias o tierras a menos de dos metros de los frentes de excavación.

• El saneo de taludes (tierra o roca), mediante palanca o pértiga, se ejecutará provisto del cinturón de Seguridad, anclado a un "punto fuerte".

• Las coronaciones de taludes permanentes a los que deban acceder las personas, se protegerán con barandillas adecuadas (listón intermedio, superior y rodapié).

• Se detendrá cualquier trabajo al pie del talud si no reúne las garantías de seguridad necesarias, definidas por un nivel de estabilidad adecuada.

• Se inspeccionarán las entibaciones antes del inicio de cualquier trabajo en la coronación o base.

• Deben prohibirse los trabajos en la proximidad de los postes eléctricos, de telégrafo o telefónicos, cuya estabilidad no quede garantizada antes del inicio de las labores.

• Deben eliminarse los matorrales y arbustos o árboles cuyas raíces han quedado al descubierto.

• Es necesario tratar adecuadamente los taludes que, por su dudosa estabilidad, así lo requieran. (bulonado, gunitado, bermas o entibación).

• Se recomienda evitar en lo posible los barrizales, en prevención de accidentes.

• Se prohíbe permanecer al pie de un frente de excavación recientemente abierto, antes de que se proceda a su saneo.

- Es conveniente el uso de testigos que delaten movimientos peligrosos del terreno.
- Se señalará mediante una línea de yeso o cal, la distancia de seguridad mínima de aproximación al borde de la excavación.
- La circulación de vehículos debe realizarse a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a los 3-4m.
- Los conductores de vehículos y maquinaria deberán acreditar su capacitación para la conducción de los mismos
- Se conservarán los caminos de circulación interna, cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante zahorra o escorias.
- Los accesos y salidas de los tajos a cualquier vía de circulación serán debidamente señalizados.
- No permanecer al pie de un frente de excavación reciente, sin un saneo previo del mismo.

Equipos de protección personal

- Ropa de trabajo adecuada.
- Cascos y calzado de seguridad.
- Cinturones de seguridad y anti vibratorio.
- Mascarillas y filtros.
- Protectores oculares y auditivos.
- Chalecos reflectantes.
- Guantes de cuero y goma.
- Equipos impermeables.
- Protecciones colectivas adaptadas a cada caso.

5.2. FIRMES

Los trabajos consisten en el extendido y compactado de zahorras en tongadas, para la formación de la sub-base y de la base, terminando con el extendido y compactado de aglomerado asfáltico elaborado con betunes derivados del petróleo mediante extendedoras y su posterior compactado.

La maquinaria a emplear en el extendido de la sub base y la base es la misma que la empleada en los terraplenes (Camiones, volquetes, motoniveladoras, palas, bulldozers y rodillos vibrantes. Del mismo modo para el extendido del aglomerado se utilizara maquinaria de extendido y compactado (extendedoras, camiones, compactadores de ruedas o rodillo).

5.2.1. Riesgos principales

- Caídas al mismo o distinto nivel.
- Ambientes pulvígeno.
- Atropellos.
- Colisiones de la maquinaria y/o vehículos.
- Quemaduras.
- Explosiones o incendios.
- Sobreesfuerzos.
- Salpicaduras en ojos
- Lesiones en la piel por quemaduras
- Incursión de terceros en las zonas de trabajo

5.2.2. Normas básicas de seguridad

- Riegos adecuados con cisternas.
- Señalización provisional adecuada y revisada en cada jornada y tajo.
- Mantenimiento adecuado de la maquinaria y vehículos que intervengan en estas operaciones de acuerdo con las indicaciones del fabricante de la máquina.
- Los conductores de la maquinaria empleada en estas labores serán especialistas en el manejo de la misma. (Camiones, volquetes, moto traíllas, palas, bulldozers y rodillos vibrantes)
- Los conductores de rodillos vibrantes serán profesionales de probada destreza, además deben poner siempre la máxima atención, ya que, la monotonía de este trabajo y la confianza que se adquiere debida a la relativa lentitud de estos vehículos puede causar accidentes por choque o atropello.
- Todos los vehículos recibirán el adecuado mantenimiento y las necesarias revisiones, de forma periódica.

- Todos los vehículos de transporte de material llevarán siempre la "Tara" y la "Carga máxima" debidamente señaladas. Las medidas anteriores deben ser respetadas.

- Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas.

- Se prohíbe la presencia en un radio no inferior a 5 m. alrededor de las máquinas de extendido y compactación.

- Toda la maquinaria de compactación y relleno, dispondrá de avisadores de marcha atrás.

- Las maquinaria móvil a utilizar tendrá cabinas antivuelco, específicas para cada modelo, y que no deben mostrar signos de haber actuado en un vuelco anterior.

- Se prohibirá terminantemente el abandono del rodillo en marcha.

- También el transporte de personas ajenas a la máquina sobre la misma.

- Se prohíbe el acceso a la conducción del anterior con vestimenta sin ceñir, cadenas, pulseras, anillos, relojes; pueden engancharse en los salientes o controles.

- Todas las maniobras de vertido en retroceso serán dirigidas por un mando intermedio.

- Se establecerán a lo largo de la obra letreros indicativos del riesgo que implican estas labores

- Se señalizarán adecuadamente los accesos a las vías públicas.

- Empleo de EPI adecuados: Mono, calzado de seguridad, mascarillas, protección ocular guantes y casco (En función del tipo de trabajo a realizar).

- Uso de avisadores ópticos y/o acústicos en la maquinaria y vehículos que intervengan en estas labores.(Ver Cap. II)

- Limitación de velocidad máxima a 40 km/h. para los vehículos y camiones.

- Los conductores de vehículos pesados y maquinaria habrán de emplear cinturones antivibratorios.

- Instalación y revisión de señalización de prohibición de acceso a terceros a las zonas de obra.

5.2.3. Equipos de protección individual

- Cascos
- Botas de seguridad
- Botas de seguridad con suela anti calórica para extendido aglomerado
- Guantes de cuero o P.V.C.
- Ropa de trabajo
- Gafas contra proyección de partículas
- Cinturones antivibratorios
- Protección auditiva

6. MAQUINARIA

Normas y condiciones de seguridad.

6.1. BULLDOZERS

- La hoja deberá estar bajada para desplazarse con seguridad, tanto hacia delante como hacia atrás.
- Cuando la máquina esté aparcada o durante la revisión, la hoja deberá descansar sobre el suelo.
- No se empleará innecesariamente la alta velocidad, especialmente cuando no haya buena visibilidad, o cuando las condiciones del terreno sean adversas.
- En general, se utilizarán velocidades moderadas.
- No se trabajará en pendientes excesivamente pronunciadas susceptibles de producir vuelco.
- Cuando se quiten obstáculos como troncos de árboles, piedras de gran tamaño, etc. no se cargará contra ellos a alta velocidad, se eliminarán haciendo la excavación a modo de palanca.
- Cuando se trabaje en un vertedero no se llegará nunca hasta el borde, se utilizarán topes de frenado.

6.2. CARGADORAS

- Se inspeccionará el terreno en que ha de trabajar la máquina, ante el peligro de posibles agujeros, surcos, hierros o encofrados
- Se desconectará el motor cuando se aparque y siempre sobre terreno firme y llano.
- Si existiese una pequeña inclinación no es suficiente con aplicar los frenos, se colocarán calzos en las ruedas o en las cadenas.
- Se llevará ropa adecuada.
- Se revisará el funcionamiento de todos los elementos de la máquina antes de empezar cada turno, especialmente luces, frenos, claxon. Se vigilará que no haya derrame de aceites o combustibles.
- Cuando las revisiones se lleven a cabo en el lugar de trabajo porque no haya ningún foso de inspección disponible, lo normal es levantar la máquina con la pala de un extremo, permitiendo así el poderse situar debajo de la máquina. Cuando se hace esta operación la máquina debe estar bloqueada en la posición elevada, por ejemplo utilizando traviesas de ferrocarril.
- No se excavará de manera que se forme un saliente.
- No se circulará nunca con la cuchara en alto, tanto si está llena como vacía.
- No se subirán pendientes marcha atrás con el cucharón lleno.
- Se irá siempre hacia delante.

6.3. RETROEXCAVADORAS

- Cuando no están trabajando, deben estar paradas con los frenos puestos.
- Las máquinas con ruedas deben tener estabilizadores.
- Se colocarán de manera que las ruedas o las cadenas estén a 90 grados respecto a la superficie de trabajo, siempre que sea posible. Esto permite mayor estabilidad y un rápido retroceso.
- Si se utiliza la retroexcavadora sobre cadenas, con pala frontal, deben quedar las ruedas cabillas detrás, para que no puedan sufrir ningún daño, debido a la caída fortuita de materiales.
- En operaciones con pala frontal, sobre masas de una cierta altura, se empezará atacando las capas superiores para evitar derrumbamientos.

- Cuando haya varias máquinas trabajando a diversos niveles, se hará que la máquina ensanche suficientemente su corte antes de comenzar otro más bajo, esto impide que caigan sobre la máquina inferior rocas o tierras. Se evitará que la situada en la parte inferior excave bajo la plataforma superior.
- Cuando sea necesario trabajar en una pendiente, se hará hacia arriba, así el agua no se introducirá en la excavación.
- Cuando se suba o baje por un camino con una pendiente pronunciada, es necesario situar la cuchara a una altura que no choque con los posibles obstáculos, pero lo suficientemente baja como para actuar de soporte de la máquina en caso de que ésta fuese a volcar.
- Otro método, cuando se sube por una pendiente, será llevar el brazo y la cuchara hacia delante y baja, actuando así de contrapeso.
- La cuchara no debe usarse nunca para golpear rocas, especialmente si están medio desprendidas.
- Cuando se circula con retroexcavadora de orugas deben de actuar las ruedas cabillas en la parte trasera para que las cadenas, en contacto con el suelo, estén en tensión.
- Por la razón antes mencionada cuando se usa cucharón retroexcavador, las ruedas cabillas deben estar en la parte delantera (extremo de trabajo).
- Se debe cargar el material en los camiones de manera que la cuchara nunca pase por encima de la cabina del camión o del personal de tierra.
- Cuando se realice la carga, el conductor del vehículo debe estar fuera de la cabina, alejado del alcance de la posible pérdida de material y en un punto de buena visibilidad para que pueda actuar de guía. Si el vehículo tiene una cabina de seguridad, estará mejor dentro de ella.
- Si se instalan en la retroexcavadora una extensión y un gancho grúa, se alteran las características de trabajo.
- Siempre que se cambien accesorios, nos aseguraremos que el brazo esta abajo y parado. Cuando sea necesario, en algunas operaciones de mantenimiento por ejemplo, trabajar con el brazo levantado, utilizaremos puntales para evitar que vuelque. Esta advertencia también es válida para las palas cargadoras.
- Se descargará la tierra a una distancia prudencial del borde de la zanja.

6.4. RODILLOS

- Se solicitará al operador la instrucción necesaria, si con anterioridad no ha manejado máquinas de la misma marca y tipo.
- Antes de subir a la máquina para iniciar la marcha, se comprobará que no hay nadie en las inmediaciones, así como la posible existencia de manchas que indiquen pérdidas de fluidos.
- Se atenderá siempre al sentido de la marcha.
- No se transportará pasajero alguno.
- Cuando se tenga que circular por superficies inclinadas, se hará siempre según la línea de máxima pendiente.
- Se comunicará a los responsables del Parque de Maquinaria, cualquier anomalía observada y se hará constar en el parte de trabajo.
- Al abandonar la máquina se dejará en horizontal, frenada con el motor parado.
- Para abrir el tapón del radiador, se eliminará previamente la presión interior y se tomarán precauciones para evitar quemaduras.
- Se efectuarán todas las normas indicadas en el manual de mantenimiento.
- No se realizarán revisiones o reparaciones con el motor en marcha.

6.5. MOTO NIVELADORAS

- Preparación adecuada del operador de la máquina.
- Se cuidará especialmente la visibilidad, se mejorará el rendimiento y se evitarán accidentes.
- El maquinista dispondrá de casco de seguridad.
- La motoniveladora es para mover materiales ligeros y efectuar refinados. No debe emplearse como si fuera un bulldozer.
- Se comprobará frecuentemente el correcto funcionamiento de los indicadores de la máquina.
- Se atenderá escrupulosamente las normas dictadas por el fabricante para el mantenimiento de la motoniveladora.
- Dispondrán de dispositivo de aviso sonoro.
- Dispondrán de luz indicadora de marcha atrás.

- No se transportaran personas.
- Dispondrá de extintor en cabina.
- Se podrá bloquear la caja de marchas o dirección cuando se esté parado.
- Dispondrá de cartel adhesivo indicativo de "Prohibido permanecer en el radio de acción de esta máquina".

6.6. CAMIONES

- Las maniobras de marcha atrás, al estar el conductor invadiendo zonas que no ve, son causas de accidentes graves.

- Se puede evitar mediante señalización acústica y óptica que actúe automáticamente, al colocar la palanca de cambio en la posición de marcha atrás.

- Deberá existir una persona que facilite las maniobras señaladas anteriormente, así como aquellas de aproximación al vaciado o borde de excavación, independiente de la colocación de topes que impidan de una manera efectiva la caída del camión o de la máquina.

- Se colocará en la máquina cartel de "PROHIBIDO PERMANECER EN EL RADIO DE ACCIÓN DE LA MAQUINA".

- Se comprobará frecuentemente el estado de los frenos.
- Se podrá bloquear la dirección cuando se esté parado.
- Se comprobará periódicamente todos sus mandos y luces.
- Perfecta visibilidad del conductor.
- Uso de casco.
- Disponer de extintor.
- Se comprobará antes de poner en marcha la máquina que no hay personas ni obstáculos en su alrededor.

- No transportar a personas en las máquinas.
- El operario estará dotado de cinturón antivibratorio.
- Se conservarán adecuadamente las vías de servicio.
- Se colocarán carteles de "PRECAUCION MOVIMIENTO DE MAQUINAS PESADAS".

- No se cargará por encima de la cabina.
- En caso de reparación se parará primero el motor.

6.7. CAMIÓN GRÚA

- Todas las indicadas en el punto anterior.
- Durante la elevación, la grúa ha de estar bien asentada sobre terreno horizontal, con todos los gatos extendidos adecuadamente, para que las ruedas queden en el aire. De existir barro o desniveles, los gatos se calzarán convenientemente.
- Durante el desarrollo de los trabajos, el operador vigilara atentamente la posible existencia de líneas eléctricas aéreas próximas.
- En caso de contacto con una línea eléctrica, el operador permanecerá en la cabina sin moverse hasta que no exista tensión en la línea o se haya deshecho el contacto.
- Si fuese imprescindible bajar de la maquina lo hará de un salto.
- En los trabajos de montaje y desmontaje de tramos de pluma, se evitará situarse debajo de ella.
- A fin de evitar atrapamientos entre la parte giratoria y el chasis, nadie deberá permanecer en el radio de acción de la máquina.
- El desplazamiento de la grúa con carga es peligroso. Si el realizarlo fuera imprescindible, deberán observarse minuciosamente las siguientes reglas:
 - o Poner la pluma en la dirección del desplazamiento.
 - o Evitar las paradas y arranques repentinos.
 - o Usar la pluma más corta posible.
 - o Guiar la carga por medio de cuerdas.
 - o Llevar recogidos los gatos.
 - o Mantener la carga lo más baja posible.

6.8. CAMIÓN BOMBA DE HORMIGÓN

- El operador utilizará gafas protectoras.
- Se revisará la tubería, principalmente el tramo de goma.
- En los casos que la tubería sea de enchufe rápido, se tomarán medidas para evitar la apertura intempestiva de los pestillos.
- Se asentarán los gatos en terreno firme, calzándolos con tablones en caso necesario.

- Se tendrá especial cuidado cuando haya que evolucionar en presencia de líneas eléctricas aéreas en carga, manteniéndose en todo momento las distancias de seguridad.
- Se vigilara frecuentemente los manómetros, un aumento de presión indicaría que se ha producido un atasco.
- Con la maquina en funcionamiento, no manipular en las proximidades de las tajaderas.
- No intentar nunca actuar a través de la rejilla de la tolva receptora. En caso ineludible, parar el agitador.
- Para deshacer un atasco no emplear aire comprimido.
- Al terminar el bombeo limpiar la tubería con la pelota de esponja, poniendo la rejilla en el extremo.
- Si una vez introducida la bola de limpieza y cargado el compresor, hubiera que abrir la compuerta antes de efectuar el disparo, se eliminaría la presión previamente.
- Se comunicará cualquier anomalía detectada y se reflejara en el parte de trabajo.

6.9. DUMPERS

- Dispondrán de señalización óptica conectada con la marcha atrás. En los casos que se haga necesario, se conectará también una señal acústica.
- En las maniobras de aproximación a vaciados o bordes de excavación se dispondrá de una persona que auxiliará al conductor, independientemente de la colocación de topes que impidan de una manera efectiva la caída de la máquina.
- Se colocará en la máquina cartel de "PROHIBIDO PERMANECER EN EL RADIO DE ACCIÓN".
- Se comprobará frecuentemente el estado de los frenos.
- Se podrá bloquear la dirección cuando se esté parado.
- Se comprobarán periódicamente todos los mandos y luces.
- Perfecta visibilidad del conductor.
- Uso del casco.
- Disposición de extintor en cabina.

- Se comprobará antes de poner la máquina en marcha que no hay personas ni obstáculos a su alrededor.

- No se transportará persona alguna.
- El conductor estará dotado de cinturón antivibratorio.
- La operación de carga no se realizará por encima de la cabina
- En caso de reparación se parará primero el motor.

6.10. COMPRESORES

- Solamente estarán encargados de su mantenimiento, limpieza, manipulación y desplazamiento los operarios instruidos y aleccionados de los riesgos propios de los distintos aparatos.

- Nunca se engrasarán, limpiarán o echará aceite a mano, a elementos que estén en movimiento, ni se efectuarán trabajos de reparación, registro, control, etc.

- Tampoco se utilizarán cepillos, trapos y, en general, todos los medios que puedan ser enganchados llevando tras de sí un miembro a la zona de peligro.

- El engrase debe hacerse con precaución, ya que un exceso de grasa o de aceite puede ser, por elevación de temperatura, capaz de provocar su inflamación, pudiendo ser origen de una explosión.

- El filtro del aire debe limpiarse diariamente.

- La válvula de seguridad no debe regularse a una presión superior a la efectiva de utilización. Este reglaje debe efectuarse frecuentemente.

- Se llevará un control de toda clase de pérdidas.

- Las protecciones y dispositivos de seguridad no deben quitarse ni ser modificados por los encargados de los aparatos: solo podrán autorizar un cambio de estos dispositivos los jefes responsables, adoptando inmediatamente medios preventivos del peligro a que pueden dar lugar y reducirlos al mínimo. Una vez cesados los motivos del cambio, deben colocarse de nuevo las protecciones y dispositivos con la eficiencia de origen.

- Las poleas, correas, volantes, árboles y engranajes situados a una altura de 2,50 m. deberán estar protegidos. Estas protecciones habrán de ser desmontables para los casos de limpieza, reparaciones, engrase, sustitución de piezas, etc.

- Estarán dotados, en el caso de motores eléctricos de toma de tierra y en caso de motores de gasolina de cadenas, para evitar la acumulación de corriente estática.
- Debe proveerse de un sistema de bloqueo para detener el aparato. El modo más simple es afianzarlo con un sistema de candado, cuya llave la deberá poseer la persona destinada al manejo de estos.
- Si el motor está provisto de batería, que es lo usual, hay que tener en cuenta los siguientes riesgos:
 - El personal que manipule baterías deberá utilizar gafas protectoras.
 - En las proximidades de baterías se prohíbe fumar, encender fuego, etc.
 - Utilizar herramientas aislantes con el fin de evitar cortocircuitos.
 - Siempre que sea posible se emplearán baterías blindadas que lleven los bornes intermedios totalmente cubiertos.
- Cuando se pretenda arrancar una máquina con la batería descargada utilizando otra batería conectada a la primera, se cuidará que la conexión de los polos sea del mismo signo y que la tensión de la batería sea idéntica.

6.11. PERFORADORAS

- Se vigilará que permanezcan en posición correcta los frenos anclajes y guiadora de barrena durante las operaciones de barrenado.
- Dispondrán de adecuados captadores de polvo.
- Se cuidará que el arranque de motores no sea indebido. Por ejemplo, la puesta en marcha del equipo de perforación sin poner el cambio en punto muerto.
- Se evitará el traslado indebido de la máquina, para ello, al realizar el desplazamiento, se dispondrá en condiciones de transporte.
- Se estudiará detenidamente el correcto emplazamiento de la máquina
- Se le dará la utilización debida, cuidando que los aparatos de control dispongan de fácil acceso.
- El operador deberá situarse en los lugares donde no pueda ser alcanzado por una barra en el caso de que se rompa o atranque.
- Las reparaciones se realizarán con la máquina parada.

- Se cuidara especialmente que no se produzca contacto alguno de la ropa con elementos giratorios susceptibles de provocar atrapamientos.
- Se dispondrá de puesta a tierra en las máquinas que utilicen energía.
- En perforadoras accionadas por aire comprimido, se revisara frecuentemente el estado de mangueras y acoplamientos.
- Falta de visibilidad provocada por exceso de polvo.
- Control y reposición de los elementos protectores de las piezas móviles.
- Elementos de protección personal: casco, gafas de seguridad, ropa que se ajuste al cuerpo, mascarillas y protectores auditivos.

6.12. MOTOVOLQUETES

- Su manejo estará reservado a especialistas, debiendo procurarse que el conductor posea permiso de conducción de vehículos.
- No se transportará a personas a no ser que se disponga de un sillón transportador con cinturón de seguridad incorporado.
- Se revisará el estado de frenos y dirección periódicamente.
- Uso del casco.

6.13. GRÚAS AUTOMOTORAS

- Se instalarán letreros o avisos en las cabinas indicando las cargas máximas admisibles para los distintos ángulos de inclinación.
- Las cabinas estarán provistas de una puerta a cada lado y las plataformas serán de materiales antideslizantes.
- Existirá un espacio mínimo de 35 cm. entre los cuerpos giratorios y los elementos fijos, con el fin de evitar el aprisionamiento de los trabajadores entre ambos.
- Estarán equipadas con medios de iluminación y dispositivos sonoros de aviso.

6.14. EXTENDEDORAS

- Cuando no esté trabajando debe estar parada con los frenos puestos.
- La carga de los camiones debe realizarse cuidando que no haya trabajadores en el área de actuación.

- Siempre que se cambien o manipulen accesorios debe hacerse con el motor parado.
- Se dispondrá una persona que facilite las operaciones de carga y extendido.
- Se colocará en la máquina cartel de "PROHIBIDO PERMANECER EN EL RADIO DE ACCIÓN".
- Dispondrá de extintor en cabina.
- Se comprobará periódicamente el estado de mandos y luces.
- El operador dispondrá de cinturón anti vibratorio.
- Casco de seguridad.

6.15. NORMAS GENERALES DE CIRCULACIÓN

- Dentro del recinto de la obra está vigente el código de circulación, en este punto se destacan las siguientes normas sin carácter limitativo:
 - Como norma general, cuando se conduce un vehículo se debe circular por la derecha aun cuando el centro de la calzada se encuentre libre.
 - La velocidad debe adaptarse en todo momento a las características de la calzada, de la visibilidad y de cualquier otra circunstancia.
 - Antes de iniciarse la marcha se asegurará que las ventanillas estén limpias y que nada impida la visibilidad o dificulte el uso de los controles.
 - Se ajustarán los espejos retrovisores.
 - Al iniciar la marcha se comprobará que se puede realizar sin dificultar el paso de los vehículos que se aproximen.
 - Una vez estacionado el vehículo se adoptarán las medidas necesarias para que no pueda ponerse accidentalmente en movimiento.
 - Antes de realizar las operaciones de carga y descarga se asegurará que el vehículo está en terreno firme.
 - La carga se acondicionará a la caja del vehículo, no debiendo sobresalir por el borde del mismo.
 - Está prohibido cargar carburante con el motor en funcionamiento.
 - No se transportarán pasajeros a menos que el vehículo esté provisto de un asiento adecuado. Es responsabilidad del conductor evitar que persona algún viaje en estribo, guardabarros o defensas del mismo.

- Es obligatorio el uso del casco.
- En camiones de gran tonelaje el conductor estará dotado de cinturón anti vibratorio.
- En las proximidades de zonas peligrosas es imprescindible que otra persona ayude al conductor a realizar las evoluciones. Esta, no se situará a menos de 6 metros, no colocándose en zona de posible evolución.
- En zonas de terraplenes o zanjas no circularán ni se estacionarán vehículos a menos de 2 metros del borde.
- Cuando se carguen materiales pesados, el conductor permanecerá fuera de la cabina del vehículo mientras dure la operación, siendo responsable de la adecuada distribución de la misma.

6.16. CIRCULACIÓN DE MAQUINARIA EN OBRA

- Prever accesos de maquinaria a obra separándolos de la entrada de personal.
- Las pendientes máximas autorizadas no serán superiores al 12% en tramos rectos y al 8% en tramos curvos.
- Toda la máquina de obra cumplimentará la siguiente normativa, que será entregada a los operadores con acuse de recibo.
- Cualquier elemento de la máquina, metálico o no, guardará una distancia mínima de 5,00 metros con respecto a las líneas eléctricas de tensión superior a 66.000 voltios y 3,00 metros para tensión inferior a 66.000 voltios.
- Colocar en todas las máquinas, en lugar visible, el cartel de "PROHIBIDO PERMANECER EN EL RADIO DE ACCION DE LA MAQUINA".
- Las máquinas estarán dotadas con medios de iluminación y dispositivos sonoros de aviso.
- Está prohibido el estacionamiento bajo las cargas durante la elevación
- Durante un trabajo con equipo de empuje, es necesario vigilar para no exponerse a derrumbamientos peligrosos. Por esta razón se desaconseja utilizar toda la altura de ataque de la pala.
- Durante un trabajo de equipo de retro, es necesario hacer retroceder la máquina en cuanto la cuchara comience a excavar por debajo del chasis.

- Cuando las máquinas trabajen en zona peligrosa, se colocarán balizas que indiquen claramente la zona donde pueden evolucionar.
- Nunca rebasar las velocidades aconsejables.
- Evitar curvas excesivamente cerradas que puedan producir vuelco.
- Cuando se esté realizando una reparación en la máquina se tomarán las oportunas medidas que eviten que accidentalmente puedan ponerse en marcha atrapando al operario.
- Todo el personal hará uso de casco de seguridad.
- Las maniobras que representen riesgo para el operario y estabilidad de la máquina, serán auxiliadas y dirigidas por otra persona.
- Se podrá bloquear la caja de mandos-cambios y la dirección cuando se esté parado.
- Nunca transportar personas en la máquina.
- No emplear la pala como grúa.
- Proveer a la máquina de cadenas para evitar la corriente estática, sobre todo si son de gasolina.
- Nunca emplear las cuchillas como frenos.
- Al aparcar las máquinas de cazo o cuchillas, bajar éstas hasta el suelo.
- Al realizar una reparación o control, parar primero el motor.
- Nunca utilizar las máquinas para transportar explosivos o materiales inflamables.
- Nunca rebasar las cargas máximas.
- Está totalmente prohibido desconectar o inutilizar los aparatos y accesorios de control y seguridad o trabajar deliberadamente con ellos estropeados.
- Los operarios encargados de manipular vehículos y máquinas tendrán edad de al menos, 18 años. Dispondrán, en cada caso, de las autorizaciones dispuestas por las Normas en España.

7. DESCRIPCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS SERVICIOS DE HIGIENE Y BIENESTAR

El número máximo de trabajadores en la obra se estima en 15 personas.

La obra dispondrá de locales para vestuario, servicio higiénico y comedor debidamente dotado.

El vestuario y aseos tendrán como mínimo dos metros cuadrados por persona y el primero dispondrá de taquillas individuales con llave, asientos e iluminación.

Los servicios higiénicos tendrán un lavabo y una ducha por cada 10 trabajadores, con agua fría y caliente, y un WC por cada 25 trabajadores, disponiendo de espejos e iluminación.

El comedor con una superficie de aproximadamente 45 m² dispondrá de mesas, asientos, pila lavavajillas, calienta comidas e iluminación. Se dispondrá de recipiente para las basuras.

Se ventilarán oportunamente los locales, manteniéndolos además en buen estado de limpieza y conservación por medio de un trabajador que podrá compatibilizar este trabajo con otros de la obra.

8. ORGANIZACIÓN DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN LA OBRA

8.1. PERSONAS Y SERVICIOS RESPONSABLES

Los Delegados de Prevención son los representantes de los trabajadores con funciones específicas en materia de prevención de riesgos en el trabajo.

Serán designados por y entre los representantes del personal, en el ámbito de los órganos de representación previstos en las normas vigentes. En el caso que nos ocupa y por hallarse un número de trabajadores inferior a 50, será preceptiva la existencia de un único Delegado de prevención.

Se constituirá el Comité de Seguridad y salud en aquellos casos en el que el número de trabajadores supere los 50, lo cual no es el caso, no siendo por tanto necesario.

8.2. LIBRO DE INCIDENCIAS

En el centro de trabajo existirá un libro de incidencias con el fin del control y seguimiento del plan de seguridad, el cual constará con hojas por duplicado.

Será facilitado por el colegio profesional del Técnico que haya aprobado el Proyecto de Seguridad y Salud o por la oficina de supervisión de la Administración que haya supervisado el Proyecto.

8.3. BOTIQUÍN Y URGENCIAS

Se realizarán los reconocimientos médicos reglamentarios, así como psicotécnicos para los que manejen maquinaria móvil.

Se analizará el agua destinada al consumo de los trabajadores.

Se realizarán las mediciones de gases, ruidos, polvos, etc., necesarios.

La obra dispondrá de botiquín para primeros auxilios en la zona de instalaciones y repartidos por los diversos tajos.

Se expondrá la dirección y el teléfono del centro o centros asignados para urgencias, ambulancias, médicos, etc., para garantizar un rápido transporte y atención a los posibles accidentados.

8.4. FORMACIÓN DEL PERSONAL

Todo el personal debe recibir al ingresar en la obra, una formación sobre los métodos de trabajo y sus riesgos, así como las medidas de seguridad que deberá emplear.

Eligiendo el personal más cualificado, se impartirán cursillos de socorrismo y primeros auxilios, de forma que todos los tajos dispongan de algún socorrista.

9. VALORACION DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Solo serán objeto de valoración las unidades de protección colectiva y protecciones especiales, así como las instalaciones de higiene y bienestar, medicina preventiva y formación, todas ellas indicadas en el Estudio de Seguridad y Salud de este Proyecto y las aprobadas en el Plan de Seguridad y Salud que sea aprobado para la obra.

El resto de elementos y medios de Seguridad y Salud se consideran costos indirectos de la obra, estando incluida su valoración en la parte proporcional de cada precio unitario, no siendo por tanto objeto de abono independiente.

DOCUMENTO N°3:
PLANOS

DOCUMENTO N°3: PLANOS

PLANO N°1: SITUACIÓN

PLANO N°2: EMPLAZAMIENTO

PLANO N°3: VISTA GENERAL DEL APROVECHAMIENTO

PLANO N°4: VISTA DETALLE DE LA SECCIÓN DEL
CANAL

PLANO N°5: VISTA DETALLE DE LA CÁMARA DE
CARGA

PLANO N°6: VISTA DETALLE DEL ALIVIADERO DE LA
CÁMARA DE CARGA

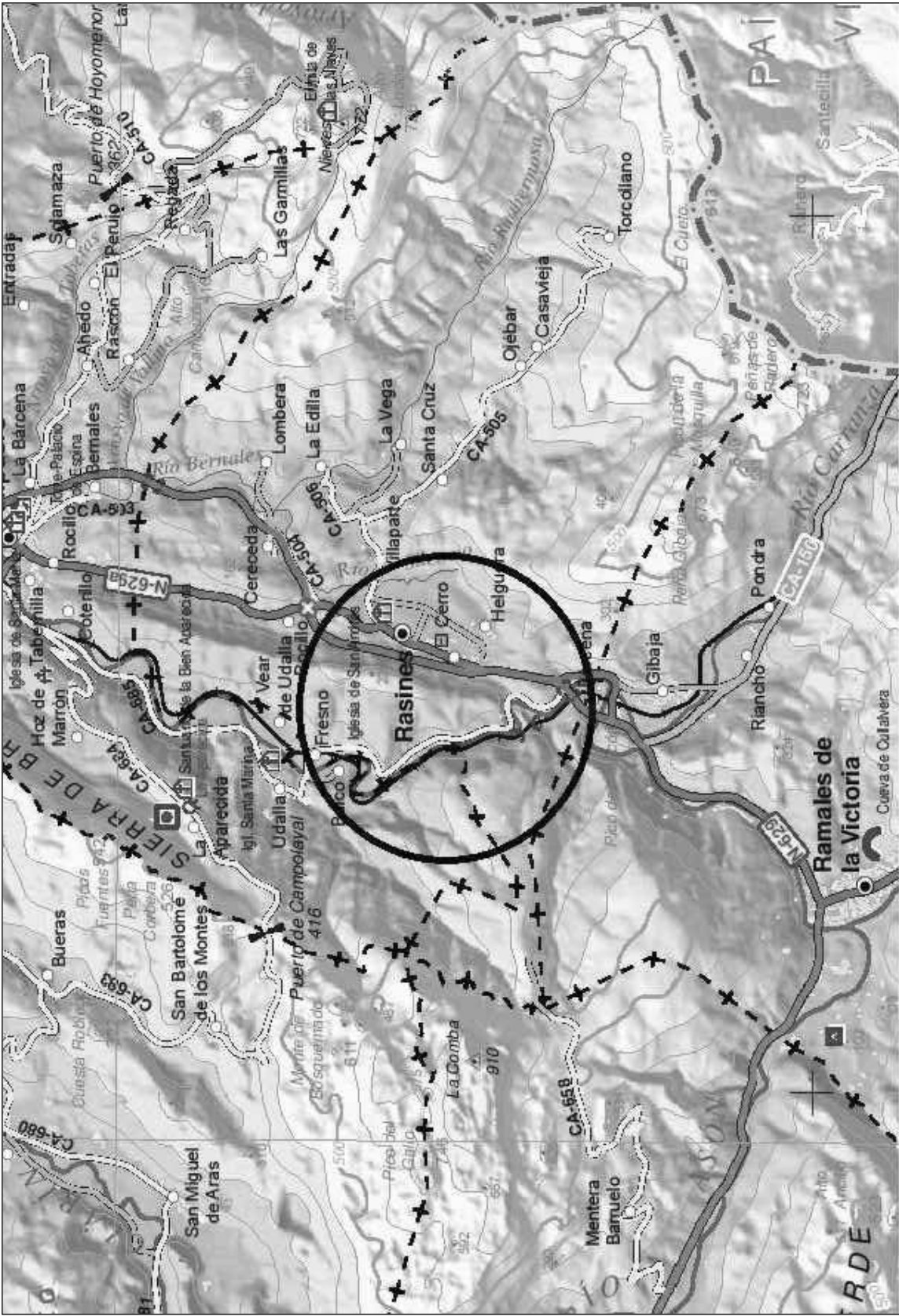
PLANO N°7: VISTA GENERAL DE LA CÁMARA DE
CARGA Y SUS ELEMENTOS



GOBIERNO
de
CANTABRIA
Comunidad Autónoma de Cantabria
Departamento de Infraestructuras e Investigación
Medio Ambiente y Política Social



FECHA :	SEPTIEMBRE 2016	PROYECTO :	ETS. INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
DIBUJADO :	JAVIER FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ	PROYECTO :	CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE RASINES
COMPROBADO :	JOSÉ RAMÓN ARANDA SIERRA		
ESCALA :			
PLANO DE SITUACIÓN			PLANO Nº : 1

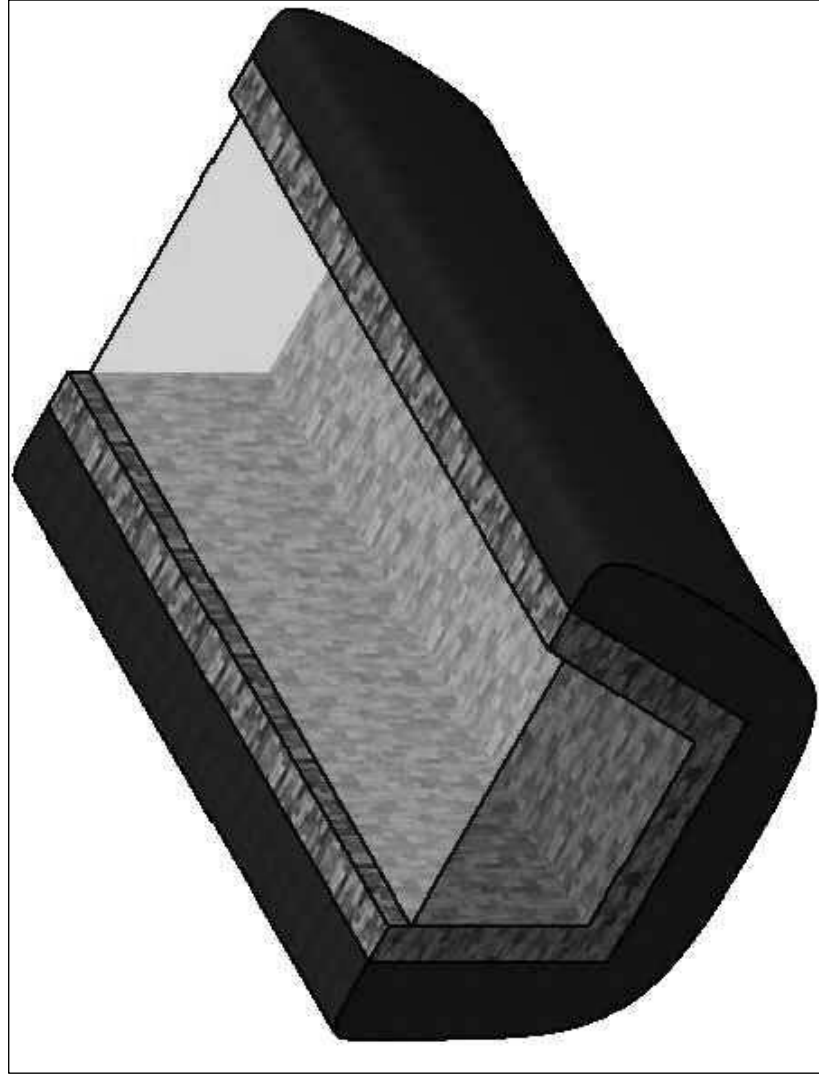
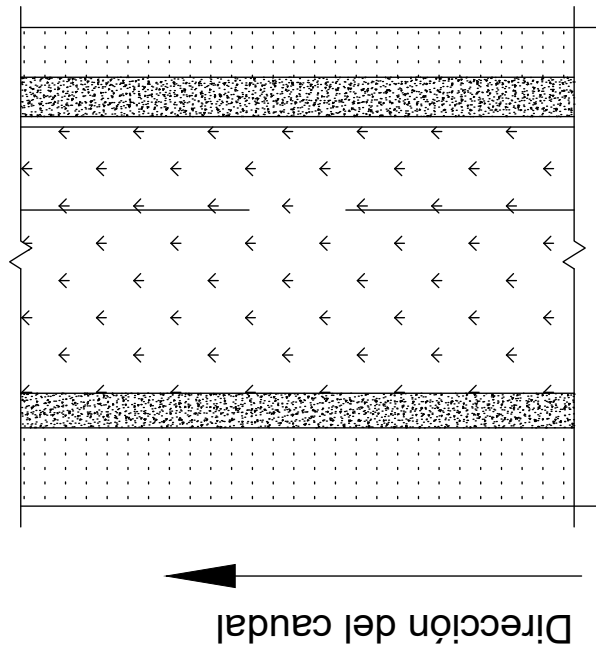
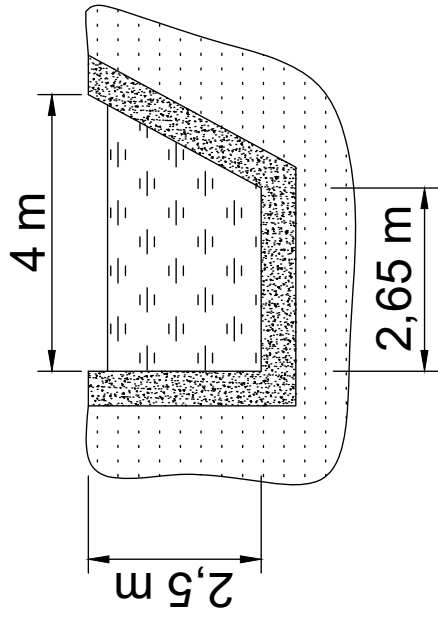


COORDENADAS :
43°18'20.2"N
3°26'55.8"W

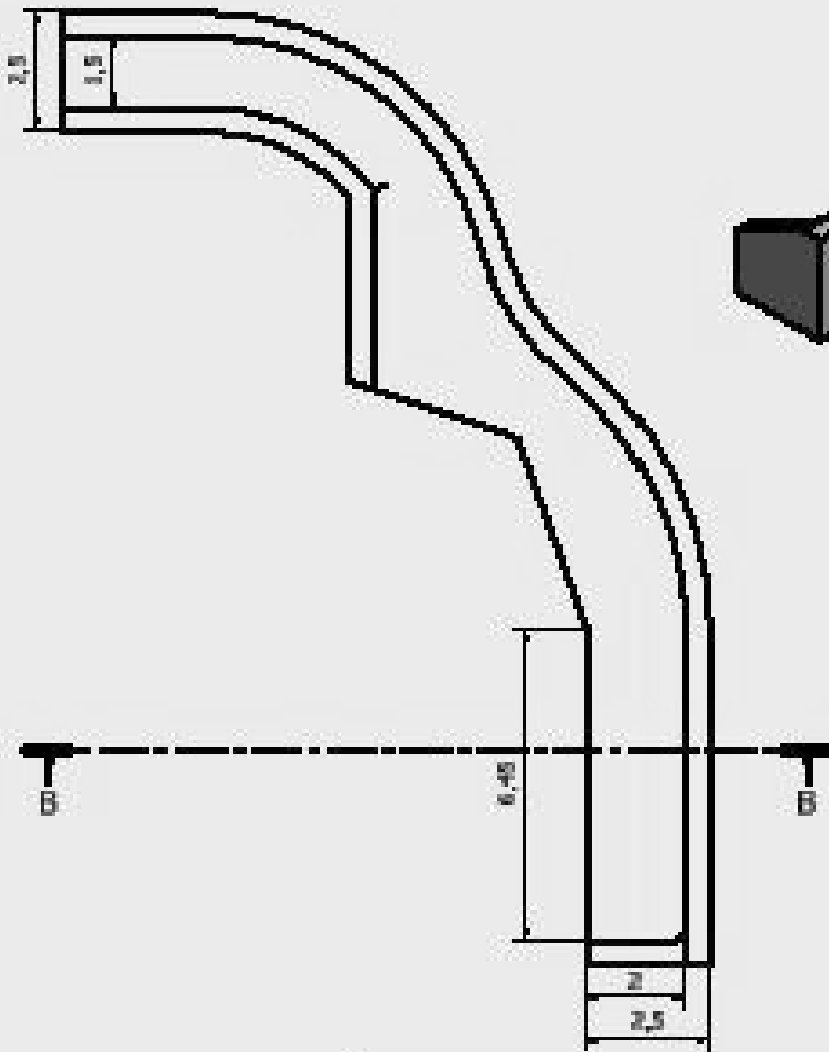
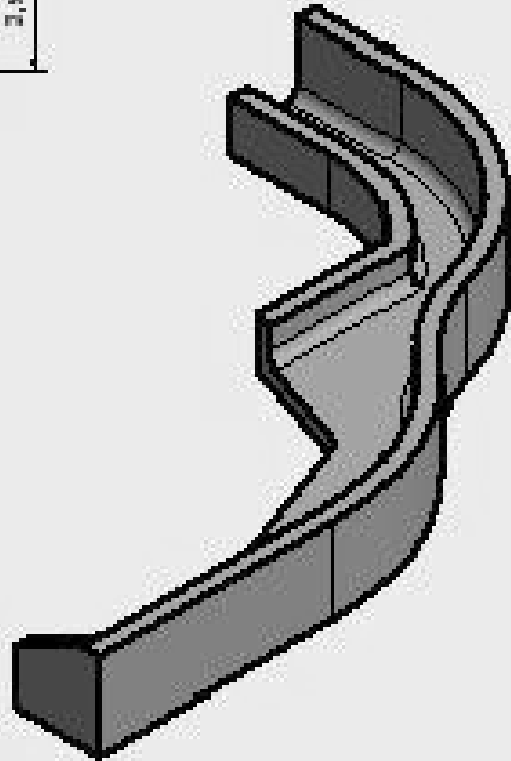
FECHA :	SEPTIEMBRE 2016	PROYECTO :	ETS. INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIONES UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
DIBUJADO :	JAVIER FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ	DE RASINES	
COMPROBADO :	JOSÉ RAMÓN ARANDA SIERRA		
ESCALA :			
PLANO DE EMPLAZAMIENTO			PLANO Nº : 2



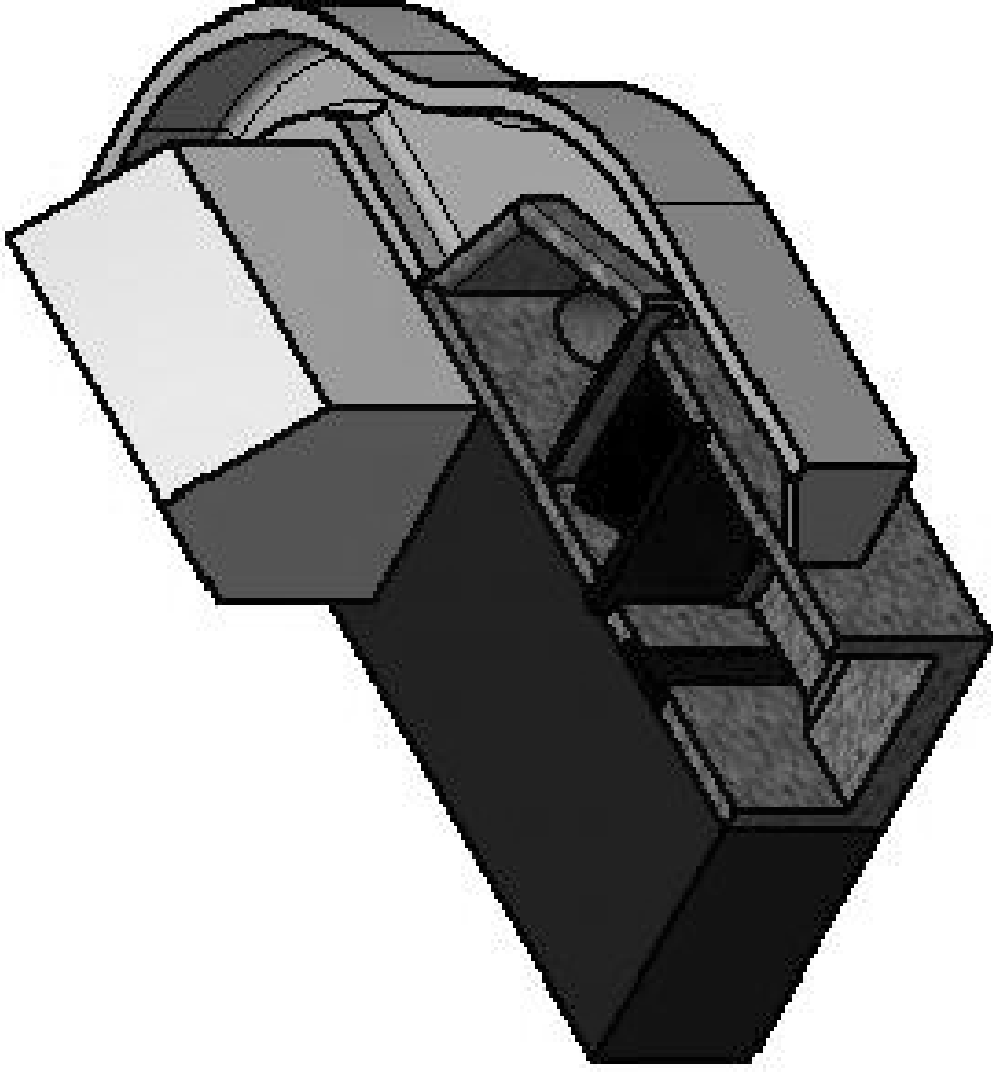
FECHA :	SEPTIEMBRE 2016	PROYECTO :	ETS. INGENIEROS INDUSTRIALES	
DIBUJADO :	JAVIER FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ	CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE RASINES	Y DE TELECOMUNICACIONES	
COMPROBADO :	JOSÉ RAMÓN ARANDA SIERRA		UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	
ESCALA :	1:4000		VISTA GENERAL DEL APROVECHAMIENTO	
			PLANO Nº : 3	



FECHA :	SEPTIEMBRE 2016	PROYECTO :	ETS. INGENIEROS INDUSTRIALES
DIBUJADO :	JAVIER FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ	CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE RASINES	Y DE TELECOMUNICACIONES
COMPROBADO :	JOSÉ RAMÓN ARANDA SIERRA		UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
ESCALA :	1:100	VISTAS EN DETALLE DE LA SECCIÓN DEL CANAL	
			PLANO Nº : 4



FECHA :	SEPTIEMBRE 2016	PROYECTO :	ETS. INGENIEROS INDUSTRIALES
DIBUJADO :	JAVIER FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ	CENTRAL HIDROELÉCTRICA	Y DE TELECOMUNICACIONES
COMPROBADO :	JOSÉ RAMÓN ARANDA SIERRA	DE RASINES	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
ESCALA :	1:100	VISTAS EN DETALLE DE ALIVIADERO DE LA CAMARA	PLANO Nº : 6



FECHA :	SEPTIEMBRE 2016	PROYECTO :	ETS. INGENIEROS INDUSTRIALES
DIBUJADO :	JAVIER FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ	CENTRAL HIDROELÉCTRICA	Y DE TELECOMUNICACIONES
COMPROBADO :	JOSÉ RAMÓN ARANDA SIERRA	DE BASINES	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
ESCALA :	VISTAS GENERAL DE LA CAMARA DE CARGA CON SUS ELEMENTOS		PLANO Nº : 7

DOCUMENTO N°4:
PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO N°4: PLIEGO DE CONDICIONES

1. CONDICIONES GENERALES.....	4
1.1. OBJETO DEL PRESENTE DOCUMENTO.....	4
1.2. DOCUMENTACIÓN APLICABLE	4
1.3. OBRAS A REALIZAR	5
1.4. DISPOSICIONES GENERALES	6
1.4.1. Dirección de obra	6
1.4.2. Organización, representación y personal del Contratista.....	7
1.4.3. Órdenes al contratista	8
1.4.4. Documentación a entregar al contratista.....	9
1.5. INICIACIÓN DE LAS OBRAS.....	10
1.5.1. Plazo de ejecución de las obras.....	10
1.5.2. Programa de trabajos.....	11
1.5.3. Orden de iniciación de las obras	12
1.6. DESARROLLO Y CONTROL DE LA OBRA.....	14
1.6.1. Replanteo.....	14
1.6.2. Equipos y maquinaria.....	16
1.6.3. Instalaciones, medios y obras auxiliares	16
1.6.4. Desarrollo y control de la calidad de las obras.....	17
1.6.5. Materiales.....	19
1.6.6. Vertederos, acopios, yacimientos y préstamos	19
1.6.7. Acceso a las obras.....	21
1.6.8. Seguridad y salud laboral.....	22
1.6.9. Control de ruido y vibraciones.....	23
1.6.10. Emergencias	26
1.6.11. Modificaciones de obra	26
1.6.12. Conservación de las obras ejecutadas durante el plazo	26

1.6.13.	Limpieza final de las obras.....	27
1.7.	RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA.....	27
1.7.1.	Permisos y licencias.....	27
1.7.2.	Seguros.....	28
1.7.3.	Reclamaciones de terceros.....	28
1.8.	MEDICIÓN Y ABONO	28
1.8.1.	Abono de las obras	28
1.8.2.	Precios contradictorios.....	34
1.8.3.	Gastos por cuenta del contratista.....	35
1.9.	OFICINA DE OBRA.....	35
1.9.1.	Oficina de la Administración en obra.....	35
1.10.	DESVÍOS Y SEÑALIZACIÓN	36
1.10.1.	Desvíos provisionales	36
1.10.2.	Señalización y balizamiento de las obras	38
1.10.3.	Consideraciones especiales sobre cruces de cauces de ríos y arroyos, calles, ferrocarriles, gas y otros servicios.....	39
1.10.4.	Carteles y anuncios.....	40
1.11.	RECEPCIÓN Y CERTIFICACIÓN FINAL.....	41
1.11.1.	Proyecto de liquidación	41
1.11.2.	Recepción de las obras.....	41
1.11.3.	Periodo de garantía, responsabilidad del contratista	41
1.11.4.	Certificación final.....	42
2.	CONDICIONES TÉCNICAS Y PARTICULARES PARA ELEMENTOS ELECTROMECAÑICOS.....	43
2.1.	OBJETO	43
2.2.	PARTES IMPLICADAS	43
2.3.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE RECEPCIÓN .	44
2.3.1.	Disposiciones generales	44

2.3.2.	Especificaciones de calidad	50
2.3.3.	Eliminación de defectos	51
2.3.4.	Garantía	54
2.4.	VERIFICACIONES A EFECTUAR.....	55
2.4.1.	Verificación de la composición química de la colada	55
2.4.2.	Verificación de las características mecánicas	56
2.5.	TRATAMIENTOS DE PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN ...	56
2.5.1.	Procedimiento	56
2.5.2.	Normativa y pinturas a emplear	57
2.6.	CONTROLES A REALIZAR EN CADA PIEZA	60
2.6.1.	Controles a realizar en la carcasa.....	60
2.6.2.	Controles a realizar en el rodete	61
2.6.3.	Controles a realizar en el eje.....	62
3.	CONDICIONES TÉCNICAS Y PARTICULARES PARA OBRA CIVIL	63
3.1.	MOVIMIENTO DE TIERRAS	63
3.1.1.	Desbroce del terreno.....	63
3.1.2.	Excavación de la explanación	63
3.1.3.	Rellenos todo-uno	67
3.2.	CIMENTACIONES Y ESTRUCTURAS.....	67
3.2.1.	Hormigones.....	67
3.2.2.	Encofrados y moldes.....	68
3.2.3.	Armaduras a emplear en hormigón armado.....	68
3.3.	CERRAMIENTOS.....	70
3.3.1.	Ejecución	70
3.3.2.	Medición y abono	70

1. CONDICIONES GENERALES

1.1. OBJETO DEL PRESENTE DOCUMENTO

El presente Pliego de Condiciones del Proyecto tiene por finalidad regular la ejecución de las obras fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que corresponden, según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable, al Promotor o dueño de la obra, al Contratista o constructor de la misma, a sus técnicos y encargados, al Arquitecto y al Aparejador o Arquitecto Técnico, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de obra.

1.2. DOCUMENTACIÓN APLICABLE

En la ejecución de las unidades de obra descritas en este Pliego se cumplirá lo especificado en la siguiente documentación:

- Planos.
- Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Durante la ejecución del presente proyecto se aplicarán en su totalidad las pertinentes normas legales vigentes en la fecha de su aprobación y que se encuentran recogidas en Disposiciones y Reglamentos, entre las que se encuentran:

- Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación.
- Reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias.
- Código Técnico de la Edificación.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

En caso de discrepancia entre lo especificado en dicha documentación, salvo manifestación expresa en contrario en el presente Proyecto, se entenderá que es válida la prescripción más restrictiva.

Cuando en alguna disposición se haga referencia a otra que haya sido modificada o derogada, se entenderá que dicha modificación o derogación se extiende a aquella parte de la primera que haya quedado afectada.

Además, serán de aplicación las siguientes disposiciones sobre protección del entorno o Impacto Ambiental:

- Reales Decretos de traspaso al Gobierno de Cantabria de funciones y servicios en materia ambiental.
- Real Decreto Legislativo 1/2001 de 20 de Julio. Ley 46/1999, de 13 de Diciembre, de Aguas. Título V: de la protección del dominio público hidráulico y de calidad de las aguas continentales, capítulo I, II, V.
- Ley 16/1985, de 25 de Junio, del Patrimonio Histórico Español
- Ley 20/1986, de 14 de Mayo, básica de residuos tóxicos y peligrosos.
- Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de Junio, de evaluación de impacto ambiental.
- Ley 4/1989, de 27 de Marzo, de Conservación de las Especies Naturales y de Flora y Fauna Silvestres
- Real Decreto 439/1990, de 30 de Marzo, por el que se regula el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas.
- Real Decreto 1481/2001, de 27 de Septiembre de 2001, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Ley 16/2002, de 1 de Julio de 2002, de prevención y control integrados de la contaminación.

Cuantas disposiciones oficiales existan sobre la materia de acuerdo con la legislación vigente que guarde relación con la misma, con sus instalaciones auxiliares o con trabajos necesarios para ejecutarlas.

1.3. OBRAS A REALIZAR

El presente proyecto se basa en la instalación de una central minihidráulica con una potencia de 664 kW en la localidad de Rasines.

El emplazamiento de las obras se detalla en los Planos del Proyecto.

1.4. DISPOSICIONES GENERALES

1.4.1. Dirección de obra

El Director de Obra es la persona con titulación adecuada y suficiente, directamente responsable de la comprobación y vigilancia de la correcta realización de las obras contratadas.

Las funciones del Director, en orden a la dirección, control y vigilancia de las obras que fundamentalmente afectan a sus relaciones con el Contratista, son las siguientes:

- Exigir al Contratista, directamente o a través del personal a sus órdenes, el cumplimiento de las condiciones contractuales.
- Garantizar la ejecución de las obras con estricta sujeción al proyecto aprobado, o modificaciones debidamente autorizadas, y el cumplimiento del programa de trabajos.
- Definir aquellas condiciones técnicas que este Pliego de Condiciones deja a su decisión.
- Resolver todas las cuestiones técnicas que surjan en cuanto a interpretación de planos, condiciones de materiales y de ejecución de unidades de obra, siempre que no se modifiquen las condiciones del Contrato.
- Estudiar las incidencias o problemas planteados en las obras que impidan el normal cumplimiento del Contrato o aconsejen su modificación, tramitando, en su caso, las propuestas correspondientes.
- Proponer las actuaciones procedentes para obtener, de los organismos oficiales y de los particulares, los permisos y autorizaciones necesarios para la ejecución de las obras y ocupación de los bienes afectados por ellas, y resolver los problemas planteados por los servicios y servidumbres relacionados con las mismas.
- Asumir personalmente y bajo su responsabilidad, en casos de urgencia o gravedad, la dirección inmediata de determinadas operaciones o trabajos en curso; para lo cual el Contratista deberá poner a su disposición el personal y material de la obra.
- Acreditar al Contratista las obras realizadas, conforme a lo dispuesto en los documentos del Contrato.

- Participar en la recepción de la obra y redactar la liquidación de la misma, conforme a las normas legales establecidas.

Las atribuciones asignadas en el presente Pliego al Director de Obra y las que le asigne la legislación vigente, podrán ser delegadas en su personal colaborador, de acuerdo con las prescripciones establecidas, pudiendo exigir el Contratista que dichas atribuciones delegadas se emitan explícitamente en orden que conste en el correspondiente "Libro de Órdenes" de la obra.

Cualquier miembro del equipo colaborador del Director de Obra, incluido explícitamente el órgano de Dirección de Obra, podrá dar en caso de emergencia, a juicio del mismo, las instrucciones que estime pertinentes dentro de las atribuciones legales, que serán de obligado cumplimiento por el Contratista.

1.4.2. Organización, representación y personal del Contratista

El Contratista con su oferta incluirá un Organigrama designando el personal que compromete en la realización de los trabajos, incluyendo como mínimo las funciones que más adelante se indican independientemente de que puedan ser asumidas varias de ellas por una misma persona.

El Contratista está obligado a adscribir con carácter exclusivo y con residencia a pie de obra un **Ingeniero Industrial** sin perjuicio de que cualquier otro tipo de Técnicos tengan las misiones que le corresponden, quedando aquél como representante de la contrata ante la Dirección de las Obras.

El Contratista antes de que se inicien las obras comunicará por escrito el nombre de la persona que haya de estar por su parte al frente de las obras para representarle como "Delegado de Obra", este debe de ser un "Ingeniero Jefe de Obra", según lo dispuesto en el pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de Obras del Estado y Pliegos de Licitación.

Este representante con plena dedicación a la obra tendrá la titulación de Ingeniero Industrial y la experiencia profesional suficiente a juicio de la Dirección de Obra, debiendo residir en la zona donde se desarrollen los trabajos y no podrá ser sustituido sin previo conocimiento y aceptación por parte de aquélla.

El Contratista deberá contar con una asesoría cualificada o persona con titulación adecuada; Ingeniero Agrónomo o de Montes, o Ingeniero Técnico Agrícola o Forestal, directamente responsable en temas medioambientales y procedimientos de revegetación.

El Propietario, o el Director de Obra, comunicará el nombre del Coordinador en materia de Seguridad y Salud responsable de la misma.

El Contratista incluirá con su oferta los curriculum vitae del personal de su organización que asignaría a estos trabajos, hasta el nivel de encargado inclusive, en la inteligencia de que cualquier modificación posterior solamente podrá realizarse previa aprobación de la Dirección de Obra o por orden de ésta.

Antes de iniciarse los trabajos, la representación del Contratista y la Dirección de Obra, acordarán los detalles de sus relaciones estableciéndose procedimientos para comunicación escrita entre ambos, transmisión de órdenes, así como la periodicidad y nivel de reuniones para control de la marcha de las obras. Las reuniones se celebrarán cada quince días salvo orden escrita de la Dirección de Obra.

1.4.3. Órdenes al contratista

El Delegado y Jefe de Obra será el interlocutor del Director de la Obra, con obligación de recibir todas las comunicaciones verbales y/o escritas, que dé la Dirección directamente o a través de otras personas; debiendo cerciorarse, en este caso, de que están autorizadas para ello y/o verificar el mensaje y confirmarlo, según su procedencia, urgencia e importancia.

Todo ello sin perjuicio de que el Director pueda comunicar directamente con el resto del personal oportunamente, que deberá informar seguidamente a su Jefe de Obra.

El Delegado es responsable de que dichas comunicaciones lleguen fielmente hasta las personas que deben ejecutarlas, y de que se ejecuten. Es responsable a su vez, de que todas las comunicaciones escritas de la Dirección de Obra estén custodiadas, ordenadas cronológicamente y disponibles en obra para su consulta en cualquier momento. Se incluye en este concepto los planos de obra, ensayos, mediciones, etc.

El Delegado deberá acompañar al Ingeniero Director en todas sus visitas de inspección a la obra, y transmitir inmediatamente a su personal las instrucciones que reciba del Ingeniero Director, incluso en presencia suya, si así lo requiere dicho Director.

El Delegado tendrá obligación de estar enterado de todas las circunstancias y marcha de la obra e informar al Director a su requerimiento en todo momento, o sin necesidad de requerimiento si fuese necesario o conveniente.

Lo expresado vale también para los trabajos que efectuasen subcontratistas o destajistas, en el caso de que fuesen autorizados por la Dirección.

Se entiende que la comunicación Dirección de Obra/Contratista se canaliza entre el Ingeniero/Arquitecto Director y el Delegado Jefe de Obra, sin perjuicio de que para simplificación y eficacia especialmente en casos urgentes o rutinarios, pueda haber comunicación entre los respectivos personales; pero será en nombre de aquellos y teniéndoles informados puntualmente, basadas en la buena voluntad y sentido común, y en la forma y materias que aquellos establezcan, de manera que si surgiese algún problema de interpretación o una decisión de mayor importancia, no valdrá sin la ratificación por los indicados Director y Delegado, acorde con el Comité de cada uno.

Se abrirá el "Libro de Órdenes" por el Ingeniero Director y permanecerá custodiado en obra por el Contratista, en lugar seguro y de fácil disponibilidad para su consulta y uso. El Delegado deberá llevarlo consigo al acompañar en cada visita al Ingeniero Director, se cumplirá respecto al "Libro de Órdenes" lo dispuesto en el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales.

1.4.4. Documentación a entregar al contratista

Los documentos, tanto del Proyecto como otros complementarios que la Dirección de Obra entregue al Contratista, pueden tener un valor contractual o meramente informativo.

Documentos contractuales

Será de aplicación lo dispuesto en el Reglamento General de Contratación, en adelante RGC y en el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de Obras del Estado, en adelante PCAG, así como los incluidos en el presente Proyecto.

El Contratista deberá necesariamente conservar en ella copia autorizada de los documentos contractuales del proyecto o proyectos base del contrato y el "Libro de Órdenes"; a tales efectos, la Administración suministrará a aquel una copia de aquellos documentos antes de la fecha en que tenga lugar la comprobación del replanteo.

Documentos informativos

Los datos que se incluyen en la Memoria, son documentos informativos. Dichos documentos representan una opinión fundada de la Administración. Sin embargo, ello no supone que se responsabilice de la certeza de los datos que se suministra; y, en consecuencia, deben aceptarse tan solo como complementos de la información que el Contratista debe adquirir directamente y con sus propios medios.

Por tanto, el Contratista será responsable de los errores que se puedan derivar de su defecto o negligencia en la consecución de todos los datos que afecten al Contrato, al planeamiento y a la ejecución de las obras.

El Contratista no podrá proceder al cambio o traslado de la oficina de obras sin previa autorización de la dirección.

1.5. INICIACIÓN DE LAS OBRAS

1.5.1. Plazo de ejecución de las obras

Las obras, a que se refiere el presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, deberán quedar terminadas en el plazo que se señala en las condiciones de la licitación para la ejecución por contrata, o en el plazo que el Contratista hubiese ofrecido con ocasión de dicha licitación y fuese aceptado por el contrato subsiguiente. Lo anteriormente indicado es asimismo aplicable para los plazos parciales si así se hubieran hecho constar.

Todo plazo comprometido comienza al principio del día siguiente al de la firma del acta o del hecho que sirva de punto de partida a dicho plazo. Cuando se fija en días, éstos serán naturales y el último se computará como entero.

Cuando el plazo se fije en meses, se contará de fecha a fecha salvo que se especifique de qué mes del calendario se trata. Si no existe la fecha correspondiente en la que se finaliza, éste terminará el último día de dicho mes.

1.5.2. Programa de trabajos

El Contratista está obligado a presentar un programa de trabajos de acuerdo con lo que se indique respecto al plazo y forma en los Pliegos de Licitación, o en su defecto en el anexo del plan de obra de la petición de oferta.

Este programa deberá estar ampliamente razonado y justificado, teniéndose en cuenta las interferencias con instalaciones y conducciones existentes, los plazos de llegada a la obra de materiales y medios auxiliares, y la interdependencia de las distintas operaciones, así como la incidencia que sobre su desarrollo hayan de tener las circunstancias climatológicas, estacionales, de movimiento de personal y cuantas de carácter general sean estimables según cálculos probabilísticos de posibilidades, siendo de obligado ajuste con el plazo fijado en la licitación o con el menor ofertado por el Contratista, si fuese éste el caso, aún en la línea de apreciación más pesimista.

La Dirección de Obra y el Contratista revisarán conjuntamente, y con una frecuencia mínima quincenal, la progresión real de los trabajos contratados y los programas parciales a realizar en el período siguiente, sin que estas revisiones eximan al Contratista de su responsabilidad respecto de los plazos estipulados en la adjudicación.

La maquinaria y medios auxiliares de toda clase que figuren en el programa de trabajo lo serán a efectos indicativos, pero el Contratista está obligado a mantener en obra y en servicio cuantos sean precisos para el cumplimiento de los objetivos intermedios y finales, o para la corrección oportuna de los desajustes que pudieran producirse respecto a las previsiones, todo ello en orden al exacto cumplimiento del plazo total y de los parciales contratados para la realización de las obras.

Las demoras que en la corrección de los defectos que pudiera tener el programa de trabajo propuesto por el Contratista, se produjeran respecto al plazo legal para su ejecución, no serán tenidas en cuenta como aumento del concedido para realizar las obras, por lo que el Contratista queda obligado siempre a hacer sus previsiones y el consiguiente empleo de medios de manera que no se altere el cumplimiento de aquél.

1.5.3. Orden de iniciación de las obras

La fecha de iniciación de las obras será aquella que conste en la notificación de adjudicación y respecto de ella se contarán tanto los plazos parciales como el total de ejecución de los trabajos.

El Contratista iniciará las obras tan pronto como reciba la orden del Director de Obra y comenzará los trabajos en los puntos que se señalen, para lo cual será preceptivo que se haya firmado el Acta de Comprobación de Replanteo, se haya aprobado el Programa de Trabajos y se haya elaborado y aprobado el Plan de Seguridad y Salud, recogiendo todo ello dentro del Acta de Inicio de Obras.

1.5.3.1. Examen de las propiedades afectadas por las obras

Es obligación del Contratista la recopilación de información apropiada sobre el estado de las propiedades antes del comienzo de las obras, si pueden ser afectadas por las mismas, o causa de posibles reclamaciones de daños (recomendándose la realización de un informe a presentar a la Entidad Contratante y a la Dirección de las Obras).

El Contratista informará al Director de Obra de la incidencia de los sistemas constructivos en las propiedades próximas.

El Director de Obra de acuerdo con los propietarios establecerá el método de recopilación de la información sobre el estado de las propiedades y las necesidades de empleo de actas notariales o similares.

1.5.3.2. Servicios afectados

La situación de los servicios y propiedades que se indican en los Planos ha sido definida con la información disponible pero no hay garantía sobre la total exactitud de estos datos. Tampoco se puede garantizar que no existan otros servicios y propiedades que no hayan podido ser detectados, por lo que el Contratista se pondrá en contacto con el Ayuntamiento y con todos los entes públicos o privados de Servicio Público.

El Contratista consultará a los afectados antes del comienzo de los trabajos sobre la situación exacta de los servicios existentes y adoptar sistemas de construcción que eviten daños.

El Contratista tomará medidas para el desvío o retirada de servicios que puedan exigir su propia conveniencia o el método constructivo. En este caso requerirá previamente la aprobación del afectado y del Director de Obra.

Si se encontrase algún servicio no señalado en el Proyecto el Contratista lo notificará inmediatamente por escrito al Director de Obra.

El programa de trabajo aprobado y en vigor suministra al Director de Obra la información necesaria para organizar todos los desvíos o retiradas de servicios previstos en el Proyecto en el momento adecuado para la realización de las obras.

1.5.3.3. Vallado de terrenos y accesos provisionales a propiedades

Tan pronto como el Contratista tome posesión de los terrenos procederá a su vallado si así estuviera previsto en el Proyecto o lo exigiese la Dirección de Obra y/o el Coordinador de Seguridad y Salud. El Contratista inspeccionará y mantendrá el estado del vallado y corregirá los defectos y deterioros con la máxima rapidez. Se mantendrá el vallado de los terrenos hasta que se terminen las obras en la zona afectada.

Antes de cortar el acceso a una propiedad, el Contratista, previa aprobación del Director de Obra, informará con quince días de antelación a los afectados y proveerá un acceso alternativo.

El Contratista ejecutará los accesos provisionales que determine el Director de Obra a las propiedades adyacentes cuyo acceso sea afectado por los trabajos o vallados provisionales.

1.6. DESARROLLO Y CONTROL DE LA OBRA

1.6.1. Replanteo

Como acto inicial de los trabajos, la Dirección de Obra y el Contratista comprobarán e inventariarán las bases de replanteo que han servido de soporte para la realización del Proyecto. Solamente se considerarán como inicialmente válidas aquellas marcadas sobre monumentos permanentes que no muestren señales de alteración.

1.6.1.1. Elementos que se entregarán al contratista

Mediante un acta de reconocimiento, el Contratista dará por recibidas las bases de replanteo que se hayan encontrado en condiciones satisfactorias de conservación. A partir de este momento será responsabilidad del Contratista la conservación y mantenimiento de las bases, debidamente referenciadas y su reposición con los correspondientes levantamientos complementarios.

1.6.1.2. Plan de replanteo

El Contratista, en base a la información del Proyecto, e hitos de replanteo conservados, elaborará un plan de replanteo que incluya la comprobación de las coordenadas de los hitos existentes y su cota de elevación, colocación y asignación de coordenadas y cota de elevación a las bases complementarias y programa de replanteo y nivelación de puntos de alineaciones principales, secundarias y obras de fábrica.

Este programa será entregado a la Dirección de Obra para su aprobación e inspección y comprobación de los trabajos de replanteo.

1.6.1.3. Replanteo y nivelación de puntos de alineación principales

El Contratista procederá al replanteo y estaquillado de puntos característicos de las alineaciones principales partiendo de las bases de replanteo comprobadas y aprobadas por la Dirección de Obra como válidas para la ejecución de los trabajos. Asimismo, ejecutará los trabajos de nivelación necesarios para asignar la correspondiente cota de elevación a los puntos característicos.

La ubicación de los puntos característicos se realizará de forma que pueda conservarse dentro de lo posible en situación segura durante el desarrollo de los trabajos.

1.6.1.4. Replanteo y nivelación de los restantes ejes y obras de fábrica

El Contratista situará y construirá los puntos fijos o auxiliares necesarios para los sucesivos replanteos de detalle de los restantes ejes y obras de fábrica. La situación y cota quedará debidamente referenciada respecto a las bases principales de replanteo.

1.6.1.5. Comprobación del replanteo

La Dirección de Obra comprobará el replanteo realizado por el Contratista, incluyendo como mínimo el eje principal de los diversos tramos de obra y de las obras de fábrica así como los puntos fijos o auxiliares necesarios para los sucesivos replanteos de detalle.

El Contratista transcribirá y el Director de Obra autorizará con su firma el texto del Acta de Comprobación del Replanteo y el Libro de Órdenes. Los datos, cotas y puntos fijados se anotarán en un anejo al acta.

1.6.1.6. Responsabilidad del replanteo

Será responsabilidad del Contratista la realización de los trabajos incluidos en el plan de replanteo, así como todos los trabajos de topografía precisos para la ejecución de las obras, conservación y reposición de hitos, excluyéndose los trabajos de comprobación realizados por la Dirección de Obra.

Los trabajos, responsabilidad del Contratista, anteriormente mencionados, serán a su costa y por lo tanto se considerarán repercutidos en los correspondientes precios unitarios de adjudicación.

1.6.2. Equipos y maquinaria

Los equipos y maquinaria necesarios para la ejecución de todas las unidades de obra deberán ser justificados previamente por el Contratista, de acuerdo con el volumen de obra a realizar y con el programa de trabajos de las obras, y presentados a la Dirección de Obra para su aprobación.

Dicha aprobación de la Dirección de Obra se referirá exclusivamente a la comprobación de que el equipo mencionado cumple con las condiciones ofertadas por el Contratista y no eximirá en absoluto a éste de ser el único responsable de la calidad y del plazo de ejecución de las obras.

El equipo habrá de mantenerse en todo momento, en condiciones de trabajo satisfactorias y exclusivamente dedicadas a las obras del contrato, no pudiendo ser retirado sin autorización escrita de la Dirección de Obra, previa justificación de que se han terminado las unidades de obra para cuya ejecución se había previsto.

1.6.3. Instalaciones, medios y obras auxiliares

1.6.3.1. Proyecto de instalaciones y obras auxiliares

El Contratista queda obligado a proyectar y construir por su cuenta todas las edificaciones auxiliares para oficinas, almacenes, cobertizos, instalaciones sanitarias y demás de tipo provisional.

Será asimismo de cuenta del Contratista el enganche y suministro de energía eléctrica y agua (tanto abastecimiento como saneamiento) para la ejecución de las obras, las cuales deberán quedar realizadas de acuerdo con los reglamentos vigentes y las normas de la Compañía Suministradora.

Los proyectos de las obras e instalaciones auxiliares deberán ser sometidos a la aprobación de la Dirección de Obra.

1.6.3.2. Ubicación y ejecución

La ubicación de estas obras, cotas e incluso el aspecto de las mismas cuando la obra principal así lo exija, están indicados en el Plan de Seguridad y Salud. Será de aplicación asimismo, lo indicado en el apartado sobre ocupación temporal de terrenos.

1.6.3.3. Retirada de instalaciones y obras auxiliares

El Contratista al finalizar las obras, o con antelación en la medida en que sea posible, retirará por su cuenta todas las edificaciones, obras e instalaciones auxiliares y/o provisionales.

Una vez retiradas, procederá a la limpieza de los lugares ocupados por las mismas, dejando éstos, en todo caso, limpios y libres de escombros.

El Contratista procederá al tratamiento adecuado de las superficies compactadas por las instalaciones y obras auxiliares y a su posterior restauración.

1.6.4. Desarrollo y control de la calidad de las obras

1.6.4.1. Replanteo de detalle de las obras

El Contratista será directamente responsable de los replanteos particulares y de detalle.

1.6.4.2. Ensayos

1.6.4.2.1. Autocontrol del contratista

El Contratista estará obligado a presentar un Plan de Aseguramiento de la Calidad de la obra para su aprobación realizando su autocontrol, de cotas, tolerancias y geométrico en general, y el de calidad, mediante ensayos de materiales, densidades de compactaciones, etc. Para la fijación del número de ensayos y su frecuencia, tanto sobre materiales como sobre unidades de obra terminadas.

Previo al comienzo de la obra el Plan de Aseguramiento de la Calidad propuesto ha de ser sometido a la aprobación del Director de las Obras.

El contratista contará en obra con un equipo de calidad y que será responsable del cumplimiento del Plan.

Se entiende que no comunicará a la Administración, representada por el Ingeniero Director de la Obra o a persona Delegada por el mismo al efecto, que una unidad de obra está terminada a juicio del Contratista para su comprobación por la Dirección de Obra (en cada tramo) hasta que el mismo Contratista, mediante su personal facultado para el caso haya hecho sus propias comprobaciones y ensayos y que se haya asegurado de cumplir las especificaciones, esto es sin perjuicio de que la Dirección de Obra pueda hacer las inspecciones y pruebas que crea oportunas en cualquier momento de la ejecución.

Para ello, el Contratista está obligado a disponer en obra de los equipos necesarios y suficientes, tanto materiales de laboratorio, instalaciones, aparatos, etc., como humanos, con facultativos y auxiliares, capacitados para dichas mediciones y ensayos. Se llamará a esta operación "autocontrol".

Los ensayos de "autocontrol" serán enteramente a cargo del Contratista, por tanto, después de que el Contratista se haya asegurado con sus ensayos y mediciones de autocontrol de que una unidad de obra esté terminada y cumpla las especificaciones, lo comunicará a la Dirección de Obra para que ésta pueda proceder a sus mediciones y ensayos de control, para los que prestará la máximas facilidades.

1.6.4.2.2. Control de la Dirección

Con independencia de lo anterior, la Dirección de Obra efectuará las comprobaciones, mediciones y ensayos que estime oportunos que llamaremos de "control", a diferencia del autocontrol.

El Ingeniero Director de la Obra podrá prohibir la ejecución de una unidad de obra si no están disponibles dichos elementos de autocontrol para la misma, siendo entera responsabilidad del Contratista las eventuales consecuencias de demora, costes, etc.

El importe de estos ensayos de "control" será por cuenta del Contratista de acuerdo con el Programa de Control de Calidad de este proyecto

Estas cantidades no son reducibles por el eventual coeficiente de baja en la adjudicación del Contrato.

1.6.5. Materiales

Todos los materiales han de ser adecuados al fin al que se destinen y serán de la mejor calidad en su clase de entre los existentes en el mercado.

Por ello, y aunque por sus características particulares o menor importancia relativa no hayan merecido ser objeto de definición más explícita, su utilización quedará condicionada a la aprobación del Director de Obra, quien podrá determinar las pruebas o ensayos de recepción adecuados al efecto.

En todo caso los materiales serán de igual o mejor calidad que la que pudiera deducirse de su procedencia, valoración o características, citadas en algún documento del Proyecto, se sujetarán a normas oficiales o criterios de buena fabricación del ramo, y el Director de Obra podrá exigir su suministro por firma que ofrezca las adecuadas garantías.

Las cifras que para pesos o volúmenes de materiales figuran en las unidades compuestas del cuadro de precios N°2, servirán sólo para el conocimiento del coste de estos materiales acopiados a pie de obra, pero por ningún concepto tendrán valor a efectos de definir las proporciones de las mezclas ni el volumen necesario en acopios para conseguir la unidad de éste, compactada en obra.

1.6.6. Vertederos, acopios, yacimientos y préstamos

1.6.6.1. Acopios

El acopio se llevará a cabo en los lugares elegidos y de acuerdo con la Dirección de Obra, de forma que no interfieran el normal desarrollo de las obras y respetando el entorno y conforme a las instrucciones descritas en la unidad de obra correspondiente. Será aplicado lo indicado en el apartado de ubicación temporal de materiales.

El Contratista podrá buscar otros depósitos/acopios temporales si lo estima procedente, siempre que se sitúen dentro de la zona de obras y no afecten al entorno, bajo su única responsabilidad y con la aprobación de la Dirección de Obra. Una vez retirados los acopios, la superficie afectada será tratada adecuadamente de acuerdo con las condiciones técnicas y materiales descritos en este Pliego.

El Contratista utilizará en las obras los materiales que obtenga de la excavación siempre que éstos cumplan las condiciones previstas en este Pliego. Estará obligado a eliminar a su costa los materiales de calidad inferior a la exigida que aparezcan durante la excavación, y transportarlos a los vertederos propuestos en este proyecto.

No se afectará más superficie que la inicialmente prevista para los acondicionamientos de terreno. Los árboles que quedan contiguos al relleno y cuya persistencia se decida, deben ser protegidos evitando la compactación sobre la zona de su base correspondiente al vuelo de la copa.

1.6.6.2. Préstamos

La búsqueda de préstamos y su abono a los propietarios será por cuenta y cargo del Contratista, así como las operaciones necesarias para su inicio y explotación, que quedarán bajo la aprobación y supervisión de la Dirección de Obra.

El Director de Obra dispondrá de un mes de plazo para aceptar o rehusar los lugares de préstamo propuestos por el Contratista. Este plazo se contará a partir del momento en que el Contratista notifique los acondicionamientos de terreno, préstamos y/o canteras que se propone utilizar y que por su cuenta y riesgo, realizadas calicatas suficientemente profundas, haya entregado las muestras solicitadas por el Director de Obra para comprobar la calidad y características de los materiales propuestos.

La aceptación por parte del Director de Obra de los lugares de extracción y depósito no limita la responsabilidad del Contratista, tanto en lo que se refiere a la calidad de los materiales como al volumen explotable del yacimiento y a la obtención de las correspondientes licencias y permisos.

El Contratista está obligado a eliminar a su costa los materiales de calidad inferior a la exigida que aparezca durante los trabajos de explotación del préstamo previamente autorizado.

Si durante el curso de la explotación los materiales dejan de cumplir las condiciones de calidad requeridas, o si el volumen o la producción resultaran insuficientes, por haber aumentado la proporción de material no aprovechable, el Contratista, a su cargo, deberá procurarse otro lugar de extracción siguiendo las normas dadas en párrafos anteriores y sin que el cambio de yacimiento natural le dé opción a exigir indemnización alguna.

1.6.7. Acceso a las obras

1.6.7.1. Construcción de caminos de acceso

Las rampas y accesos provisionales a los diferentes tajos serán construidos por el Contratista, bajo su responsabilidad y por su cuenta. La Dirección de Obra podrá pedir que todos o parte de ellos sean construidos antes de la iniciación de las obras.

El Contratista deberá presentar los planos taquimétricos necesarios con las plantas, perfiles longitudinales y transversales, caños, etc. de los caminos de acceso, teniendo en cuenta la mínima afección al entorno natural y deberán ser sometidos a la aprobación de la Dirección de Obra.

El Contratista procederá al tratamiento adecuado de las superficies compactadas para su utilización durante la construcción y a su posterior restauración de acuerdo con las condiciones técnicas y materiales descritas en el Proyecto de Revegetación.

El Contratista quedará obligado a reconstruir por su cuenta todas aquellas obras, construcciones e instalaciones de servicio público o privado, tales como cables, aceras, cunetas, alcantarillado, etc., que se vean afectados por la construcción de los caminos, accesos y obras provisionales.

Igualmente deberá colocar la señalización necesaria en los cruces o desvíos con carreteras nacionales o locales, calles etc. y retirar de la obra a su cuenta y riesgo, todos los materiales y medios de construcción sobrantes durante la ejecución de las obras y, una vez terminadas las mismas, dejando las zonas perfectamente limpias.

Los caminos o accesos estarán situados, en la medida de lo posible, fuera del lugar de emplazamiento de las obras definitivas. En el caso excepcional de que necesariamente hayan de producirse interferencias, las modificaciones posteriores necesarias para la ejecución de los trabajos serán a cargo del Contratista.

1.6.7.2. Conservación y uso

El Contratista conservará a su costa y en condiciones adecuadas para su utilización los accesos y caminos provisionales de obra.

En caso de utilización de carreteras y/o caminos públicos que puedan ser utilizados por terceros, los caminos se mantendrán en las debidas condiciones para el acceso de vehículos ligeros.

En el caso de caminos que han de ser utilizados por varios Contratistas, éstos deberán ponerse de acuerdo entre sí sobre el reparto de los gastos de su construcción y conservación, que se hará en proporción al tráfico generado por cada Contratista. La Dirección de Obra, en caso de discrepancia, arbitrará el reparto de los citados gastos abonando o descontando las cantidades resultantes, si fuese necesario, de los pagos correspondientes a cada Contratista.

1.6.8. Seguridad y salud laboral

Se define como seguridad y salud laboral a las medidas y precauciones que el Contratista está obligado a realizar y adoptar durante la ejecución de las obras para prevención de riesgos, accidentes y enfermedades profesionales, así como los derivados de los trabajos de higiene y bienestar de los trabajadores.

De acuerdo con el Real Decreto 1627/1997 del 24 de Octubre, en el presente Proyecto, el Contratista elaborará un plan de seguridad y salud ajustado a su forma y medios de trabajo.

La valoración de ese plan no será nunca inferior al del presupuesto del proyecto de seguridad y salud correspondiente a este Proyecto.

El abono del presupuesto correspondiente al proyecto de seguridad y salud se realizará de acuerdo con el correspondiente cuadro de precios que figura en el mismo, o en su caso en el plan de seguridad y salud laboral, aprobado por la Administración, y que se considera documento del contrato a dichos efectos.

1.6.9. Control de ruido y vibraciones

El Contratista adoptará las medidas adecuadas para minimizar los ruidos y vibraciones.

Las mediciones de nivel de ruido en las zonas urbanas permanecerán por debajo de los límites que se indican en este apartado.

Toda la maquinaria situada al aire libre se organizará de forma que se reduzca al mínimo la generación de ruidos.

En general el Contratista deberá cumplir lo prescrito en las Normas Vigentes, sean de ámbito Nacional (Reglamento de Seguridad e Higiene) o de uso Municipal. En caso de duda se aplicará la más restrictiva.

1.6.9.1. Compresores móviles y herramientas neumáticas

En todos los compresores que se utilicen al aire libre, el nivel de ruido no excederá de los valores especificados en la siguiente tabla:

Caudal de aire (m ³ /min)	Máximo nivel (dB)	Máximo nivel en 7 m (dB)
Inferior a 10	100	75
10-30	104	79
Superior a 30	106	81

Los compresores que produzcan niveles de sonido a 7 m superiores a 75 dB no serán situados a menos de 8 m de viviendas o similares.

Los compresores que produzcan niveles sonoros a 7 m superiores a 70 dB no serán situados a menos de 4 m de viviendas o similares.

Los compresores móviles funcionarán y serán mantenidos de acuerdo con las instrucciones del fabricante para minimizar los ruidos.

Se evitará el funcionamiento innecesario de los compresores.

Las herramientas neumáticas se equiparán en lo posible con silenciadores.

1.6.9.2. Utilización de explosivos

La adquisición, transporte, almacenamiento, conservación, manipulación y empleo de las mechas, detonadores y explosivos se regirán por las disposiciones vigentes que regulan la materia y por las instrucciones especiales complementarias que figuren en su caso en el pliego de Prescripciones Técnicas, requiriéndose además la aprobación previa por escrito del Director de Obra.

Aunque por la tipología de la obra no es previsible en ninguno de los casos su utilización, se cree apropiada su regulación en el presente Pliego en aras de evitar la aparición de problemas innecesarios durante la ejecución de las obras.

Así, con carácter general, la velocidad máxima de las partículas y la frecuencia de la vibración predominante provocadas por la explosión será, en estos casos, inferior a los valores indicados en la norma DIN 4150, en función del tipo de edificio.

Se tomarán las medidas adecuadas para que las voladuras no proyecten fragmentos fuera de las zonas de trabajo y que las sobrepresiones atmosféricas producidas por la voladura no superen los 35 milibares (0,5 psi).

El Plan de Voladuras incluirá los cálculos precisos y las actuaciones oportunas para controlar la onda aérea, vibraciones inducidas y las proyecciones de materiales y defender de ellas y de sus efectos al arbolado contiguo, la superficie circundante y las viviendas y edificaciones próximas.

Se procurará realizar las voladuras en épocas de menor actividad biológica. Este período corresponde fundamentalmente con la primavera, época de cría de las aves.

El Director de Obra podrá modificar estas limitaciones en circunstancias especiales.

El Contratista tomará las medidas adecuadas para evitar el desprendimiento de lajas o roturas en los taludes rocosos.

En las excavaciones subterráneas la relación V/C deberá ser menor de 0,10.

Los almacenes de explosivos serán claramente identificados y estarán situados a más de trescientos metros (300 m) de la carretera o cualquier construcción.

En voladuras se pondrá especial cuidado en la carga y pega de los barrenos, dando aviso de las descargas con antelación suficiente para evitar posibles accidentes. La pega de los barrenos se hará, a ser posible, a hora fija y fuera de la jornada de trabajo, o durante los descansos del personal operario al servicio de la obra en la zona afectada por las voladuras, no permitiéndose la circulación de personas o vehículos dentro del radio de acción de los barrenos, desde cinco minutos (5 min) antes de prenderse el fuego a las mechas hasta después que hayan estallado todos ellos.

Se usará perfectamente el sistema de mando a distancia eléctrico para la pegas, comprobando previamente que no son posibles explosiones incontroladas debido a instalaciones, líneas eléctricas próximas o corrientes erráticas. En todo caso se emplearán siempre mechas y detonadores de seguridad.

El personal que intervenga en la manipulación y empleo de explosivos deberá ser reconocida práctica y pericia en estos menesteres, y reunirá condiciones adecuadas en relación con la responsabilidad que corresponda a estas operaciones.

El Contratista suministrará, colocará las señales y pondrá el personal necesario para advertir al público de su trabajo con explosivos. La ubicación de la señalización y su estado de conservación garantizará en todo momento su perfecta visibilidad.

En todo caso, el Contratista cuidará especialmente de no poder en peligro vidas o propiedades, y será responsable de los daños que se deriven del empleo de explosivos.

1.6.10. Emergencias

El Contratista dispondrá de la organización necesaria para efectuar trabajos urgentes, fuera de las horas de trabajo, necesarios en opinión del Director de Obra, para solucionar emergencias relacionadas con las obras objeto del Contrato.

El Director de Obra dispondrá en todo momento de una lista actualizada de direcciones y números de teléfono del personal del Contratista y responsable de la organización de estos trabajos de emergencia.

1.6.11. Modificaciones de obra

Si durante la ejecución de los trabajos surgieran causas que motivaran modificaciones en la realización de los mismos con referencia a lo proyectado o en condiciones diferentes, el Contratista pondrá estos hechos en conocimientos de la Dirección de Obra para que autorice la modificación correspondiente.

En el plazo de veinte días desde la entrega por parte de la Dirección de Obra al Contratista de los documentos en los que se recojan las modificaciones del Proyecto elaboradas por dicha Dirección, o en su caso simultáneamente con la entrega a la Dirección de Obra por parte del Contratista de los planos o documentos en los que éste propone la modificación, el Contratista presentará la relación de precios que cubran los nuevos conceptos.

Para el abono de estas obras no previstas o modificadas se aplicará lo indicado en el apartado sobre precios contradictorios.

1.6.12. Conservación de las obras ejecutadas durante el plazo de garantía

El Contratista queda comprometido a conservar a su costa, hasta que sean recibidas, todas las obras que integren el Proyecto.

Asimismo queda obligado a la conservación de las obras durante el plazo de garantía establecido en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares a partir de la fecha de recepción, por lo cual se le abonarán, previa justificación, los gastos correspondientes.

A estos efectos, no serán computables las obras que hayan sufrido deterioro por negligencia u otros motivos que le sean imputables al Contratista, o por cualquier causa que pueda considerarse como evitable.

Asimismo los accidentes o deterioros causados por terceros, con motivo de la explotación de la obra, será de obligación del Contratista su reposición y cobro al tercero responsable de la misma.

1.6.13. Limpieza final de las obras

Una vez que las obras se hayan terminado, todas las instalaciones, depósitos y edificios construidos con carácter temporal para el servicio de la obra, deberán ser removidos y los lugares de su emplazamiento restaurados a su forma original.

De análoga manera deberán tratarse los caminos provisionales, incluso los accesos a préstamos y canteras.

Todo ello se ejecutará de forma que las zonas afectadas queden completamente limpias y en condiciones estéticas, acordes con el paisaje circundante.

Estos trabajos se considerarán incluidos en el contrato y, por tanto, no serán objeto de abonos directos por su realización.

Las indicaciones técnicas de la Dirección de Obra, no serán objeto de abono como en el caso de los acondicionamientos de terreno cuya disposición sea facilitada por la Administración, debiendo cumplir, asimismo, con las obligaciones que indique la Dirección para el acondicionamiento final de éstas.

1.7. RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA

1.7.1. Permisos y licencias

El Contratista deberá obtener a su costa, los permisos o licencias necesarios para la ejecución de las obras, con excepción de los correspondientes a la expropiación de las zonas definidas en el proyecto.

1.7.2. Seguros

El Contratista contratará un seguro "a todo riesgo" que cubra cualquier daño o indemnización que se pudiera producir como consecuencia de la realización de los trabajos.

1.7.3. Reclamaciones de terceros

Todas las reclamaciones por daños que reciba el Contratista serán notificadas por escrito y sin demora al Director de Obra.

La Dirección de Obra notificará al contratista de las quejas recibidas.

El Contratista notificará al Director de Obra por escrito y sin demora cualquier accidente o daño que se produzca durante la ejecución de los trabajos.

El Contratista tomará las precauciones necesarias para evitar cualquier clase de daños a terceros y atenderá a la mayor brevedad, las reclamaciones de propietarios afectados que sean aceptadas por el Director de Obra.

En el caso de que produjesen daños a terceros, el Contratista informará de ellos al Director de Obra y a los afectados. El Contratista repondrá el bien a su situación original con la máxima rapidez, especialmente si se trata de un servicio público fundamental o si hay riesgos importantes.

1.8. MEDICIÓN Y ABONO

1.8.1. Abono de las obras

Salvo indicación en contra, de los Pliegos de Licitación y/o del Contrato de Adjudicación, las obras contratadas se pagarán como "Trabajos a precios unitarios" aplicando los precios unitarios a las unidades de obra resultantes.

Asimismo podrán liquidarse en su totalidad o en parte, por medio de partidas alzadas de acuerdo con las indicaciones del Cuadro de Precios del Proyecto.

En todos los casos de liquidación por aplicación de precios unitarios las cantidades a tener en cuenta se establecerán en base a las cubicaciones deducidas de las mediciones.

Las mediciones son los datos recogidos de los elementos cualitativos y cuantitativos que caracterizan las obras ejecutadas, los acopios realizados, o los suministros efectuados; constituyen comprobación de un cierto estado de hecho y se realizarán por la Dirección de Obra quien la presentará al Contratista para su comprobación y comentarios.

El Contratista está obligado a pedir (a su debido tiempo) la presencia de la Dirección de Obra, para la toma contradictoria de mediciones en los trabajos, prestaciones y suministros que no fueran susceptibles de comprobaciones o de verificaciones ulteriores, a falta de lo cual, salvo pruebas contrarias que debe proporcionar a su costa, prevalecerán las decisiones de la Dirección de Obra con todas sus consecuencias.

1.8.1.1. Certificaciones

Salvo indicación en contra de los Pliegos de Licitación y/o del Contrato de Adjudicación, todos los pagos se realizarán contra certificaciones mensuales de obras ejecutadas.

La Dirección de Obra redactará, a fin de cada mes, una relación valorada provisional de los trabajos ejecutados en el mes precedente y a origen para que sirva para redactar la certificación correspondiente, procediéndose según lo especificado en el pliego de Cláusulas Administrativas Generales para los contratos del Estado.

Se aplicarán los precios de contrato o bien los contradictorios que hayan sido aprobados por la Dirección de Obra.

Los precios de contrato son fijos y con la revisión si hubiere que marque el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares.

El abono del importe de una certificación se efectuará siempre a buena cuenta y pendiente de la certificación definitiva, con reducción del importe establecido como garantía, y considerándose los abonos y deducciones complementarias que pudieran resultar de las cláusulas del Contrato de Adjudicación.

A la terminación total de los trabajos se establecerá una certificación general y definitiva.

El abono de la suma debida al Contratista, después del establecimiento y la aceptación de la certificación definitiva y deducidos los pagos parciales ya realizados, se efectuará, deduciéndose la retención de garantía y aquellas otras que resulten por aplicación de las cláusulas del Contrato de Adjudicación y/o Pliegos de Licitación.

Las certificaciones provisionales mensuales, y las certificaciones definitivas, se establecerán de manera que aparezca separadamente, acumulado desde el origen, el importe de los trabajos liquidados por administración y el importe global de los otros trabajos.

En todos los casos los pagos se efectuarán de la forma que se especifique en el Contrato de Adjudicación, Pliegos de Licitación y/o fórmula acordada en la adjudicación con el Contratista.

1.8.1.2. Precios de aplicación

Los precios unitarios, elementales y alzados de ejecución material a utilizar, serán los que resulten de la aplicación de la baja realizada por el Contratista en su oferta, a todos los precios correspondientes del proyecto, salvo en aquellas unidades especificadas explícitamente en los correspondientes artículos del capítulo "unidades de obra" de este Pliego, en las cuales se considere una rebaja al ser sustituido un material de préstamo, cantera o cualquier otra procedencia externa, por otro obtenido en los trabajos efectuados en la propia obra.

Todos los precios unitarios o alzados de "ejecución material" comprenden sin excepción ni reserva, la totalidad de los gastos y cargas ocasionados por la ejecución de los trabajos correspondientes a cada uno de ellos, comprendidos los que resulten de las obligaciones impuestas al Contratista por los diferentes documentos del contrato y especialmente por el presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Estos precios comprenderán todos los gastos necesarios para la ejecución de los trabajos correspondientes hasta su completa terminación y puesta a punto, a fin de que sirvan para el objeto que fueron proyectados y, en especial los siguientes:

- Los gastos de mano de obra, de materiales de consumo y de suministros diversos, incluidas terminaciones y acabados que sean necesarios, aún cuando no se hayan descrito expresamente en la justificación de precios unitarios.
- Los gastos de la maquinaria de cualquier tipo necesaria para la correcta ejecución y montaje de las distintas unidades de obra.
- Los gastos de planificación, coordinación y control de calidad.
- Los gastos de realización de cálculos, planos o croquis de construcción.
- Los gastos de almacenaje, carga, transporte, descarga, herramientas y personal necesario.
- Los gastos de transporte, funcionamiento, conservación y reparación del equipo auxiliar de obra, así como los gastos de depreciación o amortización del mismo.
- Los gastos de ejecución y conservación de los caminos auxiliares de acceso de otras obras provisionales.
- Los gastos de energía eléctrica para fuerza motriz y alumbrado, salvo indicación expresa en contrario.
- Los seguros de toda clase.
- Los gastos de financiación.

En los precios de "ejecución por contrata" obtenidos según los criterios de los Pliegos de Licitación o Contrato de Adjudicación, están incluidos además:

- Los gastos generales y el beneficio industrial.
- Los impuestos y tasas de toda clase.

Los precios cubren igualmente:

- Los gastos no recuperables relativos al estudio y establecimiento de todas las instalaciones auxiliares, salvo indicación expresa de que se pagará separadamente.
- Los gastos no recuperables relativos al desmontaje y retirada de todas las instalaciones auxiliares, incluyendo el arreglo de los terrenos correspondientes, a excepción de que se indique expresamente que será pagados separadamente.

Aquellas unidades que no se relacionan específicamente en el presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares se abonarán completamente terminadas con arreglo a condiciones a los precios fijados en el cuadro Nº 1 que comprenden todos los gastos necesarios para su ejecución, entendiendo que al decir completamente terminadas se incluyen materiales, medios auxiliares, pinturas, pruebas, puesta en servicio y todos cuantos elementos u operaciones se precisen para el uso de las unidades en cuestión.

Salvo los casos previstos en el presente Pliego, el Contratista no puede, bajo ningún pretexto, pedir la modificación de los precios de adjudicación.

1.8.1.3. Partidas alzadas

Son partidas del presupuesto correspondiente a la ejecución de una obra, o de una de sus partes, en cualquiera de los siguientes supuestos:

- Por un precio fijo definido con anterioridad a la realización de los trabajos y sin descomposición en los precios unitarios (partida alzada de abono íntegro).
- Justificándose la facturación a su cargo mediante la aplicación de precios unitarios elementales o alzados existentes a mediciones reales cuya definición resulte imprecisa en la fase de proyecto (Partida alzada a justificar).

En el primer caso la partida se abonará completa tras la realización de la obra en ella definida y en las condiciones especificadas, mientras que en el segundo supuesto sólo se certificará el importe resultante de la medición real, siendo discrecional para la Dirección de Obra la disponibilidad uso total o parcial de las mismas, sin que el Contratista tenga derecho a reclamación por este concepto.

Las partidas alzadas tendrán el mismo tratamiento en cuanto a su clasificación (ejecución material y por contrata) que el indicado para los precios unitarios y elementales.

1.8.1.4. Trabajos no autorizados y trabajos defectuosos

No serán de abono los trabajos no contemplados en el Proyecto y realizados sin la autorización escrita de la Dirección de Obra, así como aquellos trabajos defectuosos que deberán ser demolidos y repuestos en los niveles de calidad exigidos en el Proyecto.

No obstante si alguna unidad de obra que no se haya ejecutado exactamente con arreglo a las condiciones estipuladas en los Pliegos y/o en los Planos del Proyecto o en los croquis aceptados por la Dirección de Obra, y fuesen sin embargo, admisible a juicio de la Dirección de Obra, podrá ser recibida, pero el Contratista quedará obligado a conformarse sin derecho a reclamación de ningún género, con la rebaja económica que se determine, salvo el caso en que el Contratista prefiera demolerla a su costa y rehacerla con arreglo a las condiciones del Proyecto dentro del plazo contractual establecido.

1.8.1.5. Unidades de obra incompletas

Cuando por rescisión u otra circunstancia fuera preciso valorar obras incompletas, se aplicarán los precios del cuadro N° 2 sin que pueda pretenderse la valoración de cada unidad de obra distinta a la valoración de dicho cuadro, ni que tenga derecho el Contratista a reclamación alguna por insuficiencia u omisión del coste de cualquier elemento que constituye el precio. Las partidas que componen la descomposición del precio serán de abono, cuando estén acopiadas la totalidad del material, incluidos los accesorios, o realizada en su totalidad las labores u operaciones que determinan la definición de la partida ya que el criterio a seguir ha de ser que sólo se consideran abonables fases con ejecución terminada, perdiendo el Contratista todos los derechos en el caso de dejarlas incompletas.

1.8.1.6. Excesos de obra

Cualquier exceso de obra que no haya sido autorizado por escrito por el Director de Obra no será de abono.

El Director de Obra podrá decidir en este caso, que se realice la restitución necesaria para ajustar la obra a la definición del Proyecto, en cuyo caso serán de cuenta del Contratista todos los gastos que ello ocasione.

1.8.1.7. Abono de materiales acopiados

La Dirección de Obra se reserva la facultad de hacer al Contratista a petición de éste, abonos sobre el precio de ciertos materiales acopiados en la obra, adquiridos en plena propiedad y efectivamente pagados por el Contratista.

Los abonos serán calculados por aplicación de los precios elementales que figuran en los cuadros de precios.

Si los cuadros de precios no especifican los precios elementales necesarios, los abonos pueden ser calculados a base de las facturas presentadas por el Contratista.

Los materiales acopiados sobre los que se han realizado los abonos, no podrán ser retirados de la obra sin la autorización de la Dirección de Obra y sin el reembolso previo de los abonos.

Los abonos sobre acopios serán descontados de las certificaciones provisionales mensuales, en la medida que los materiales hayan sido empleados en la ejecución de la obra correspondiente.

Los abonos realizados sobre acopio de materiales no podrán ser invocados por el Contratista para atenuar su responsabilidad, relativa a la buena conservación hasta su utilización, del conjunto de los acopios. El Contratista es responsable en cualquier situación de los acopios constituidos en la obra para sus trabajos, cualquiera que sea su origen.

Los abonos adelantados en concepto de acopios no obligan a la Dirección de Obra en cuanto a aceptación de precios elementales para materiales, siendo únicamente representativos de cantidades a cuenta.

1.8.2. Precios contradictorios

Si el desarrollo de la obra hiciera necesaria la ejecución de unidades, de las cuales no existieran precios en los cuadros de precios de este Proyecto, se formularán conjuntamente por la Dirección de Obra y el Contratista, los correspondientes precios unitarios.

Los precios auxiliares (materiales, maquinaria y mano de obra) y los rendimientos medios a utilizar en la formación de los nuevos precios, serán los que figuren en el Anejo de Justificación de Precios, del presente Proyecto tanto en el listado de precios elementales como en la descomposición de precios.

El precio de aplicación será fijado por la Administración, a la vista de la propuesta del Director de Obra y de las observaciones del Contratista.

1.8.3. Gastos por cuenta del contratista

De forma general son aquellos especificados como tales en los capítulos de este Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y que se entienden repercutidos por el Contratista en los diferentes precios unitarios, elementales y/o alzados, como se señala en el apartado segundo del presente Artículo.

1.9. OFICINA DE OBRA

1.9.1. Oficina de la Administración en obra

Como complemento del pliego de cláusulas Administrativas Generales, para la Contratación de Obras del Estado, se prescribe la obligación por parte del Contratista de poner a disposición del Director de Obra las dependencias suficientes (dentro del área de su oficina de obra) para las instalaciones que pueda necesitar para el control y vigilancia de las obras. Se instalará una oficina en obra para uso exclusivo de los servicios técnicos de la Dirección de Obra. La superficie útil de las citadas oficinas será como mínimo de 100 m².

Estas instalaciones estarán construidas y equipadas con los servicios de agua, saneamiento, servicios, duchas, luz, y aire acondicionado, teléfono y fax, de forma que estén disponibles para su ocupación y uso a los treinta días de la fecha de comienzo de los trabajos y hasta la finalización de los mismos.

El Contratista facilitará un equipo de limpieza, como mínimo tres días a la semana, hasta la terminación de los trabajos.

El teléfono y fax de estas oficinas serán totalmente independientes, de forma que asegure su privacidad.

El costo de la instalación y los gastos correspondientes durante toda la duración de la obra serán a cargo del Contratista y se entenderán repercutidos en los costos indirectos de la obra.

1.10. DESVÍOS Y SEÑALIZACIÓN

1.10.1. Desvíos provisionales

1.10.1.1. Definición

Se define como desvíos provisionales y señalización durante la ejecución de las obras, al conjunto de obras accesorias, medidas y precauciones que el Contratista está obligado a realizar y adoptar durante la ejecución de las obras para mantener la circulación en condiciones de seguridad.

Durante dicho período el Contratista tendrá en cuenta lo previsto en el pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de Obras del Estado, las aclaraciones complementarias de la Dirección General de Carreteras, norma de carreteras sobre señalización de obras y demás disposiciones al respecto que pudiesen entrar en vigor antes de la terminación de las obras.

1.10.1.2. Normas generales

El Contratista estará obligado a establecer contacto, antes de dar comienzo a las obras, con el Director de la Obra, con el fin de recibir del mismo las instrucciones particulares referentes a las medidas de seguridad a adoptar así como las autorizaciones escritas que se consideren eventualmente necesarias y cualquier otra prescripción que se considere conveniente.

El Contratista informará anticipadamente al Director de Obra acerca de cualquier variación de los trabajos.

En el caso de que se observe falta de cumplimiento de las presentes normas, las obras quedarán interrumpidas hasta que el Contratista haya dado cumplimiento a las disposiciones recibidas.

En el caso de producirse incidentes o cualquier clase de hechos lesivos para los usuarios o sus bienes por efecto de falta de cumplimiento de las Normas de Seguridad, la responsabilidad de aquéllos recaerá sobre el Contratista, el cual asumirá las consecuencias de carácter legal.

Ninguna obra podrá realizarse en caso de niebla, de precipitaciones de nieve o condiciones que puedan, de alguna manera, limitar la visibilidad o las características de adherencia del piso.

En el caso de que aquellas condiciones negativas se produzcan una vez iniciadas las obras, éstas deberán ser suspendidas inmediatamente, con la separación de todos y cada uno de los elementos utilizados en las mismas y de sus correspondientes señalizaciones.

La presente norma no se aplica a los trabajos que tiene carácter de necesidad absoluta en todos los casos de eliminación de situaciones de peligro para la circulación. Tal carácter deberá ser decidido en todo caso por el Ingeniero Director, a quien compete cualquier decisión al respecto.

El Director de Obra ratificará o rectificará el tipo de señal a emplear conforme a las normas vigentes en el momento de la construcción, siendo de cuenta y responsabilidad del Contratista el establecimiento, vigilancia y conservación de las señales que sean necesarias.

El Contratista señalará la existencia de zanjas abiertas, impedirá el acceso a ellas a todas las personas ajenas a la obra y vallará toda zona peligrosa, debiendo establecer la vigilancia necesaria, en especial por la noche, para evitar daños al tráfico y a las personas que hayan de atravesar la zona de las obras.

El Contratista bajo su cuenta y responsabilidad, asegurará el mantenimiento del tráfico en todo momento durante la ejecución de las obras.

Cuando la ausencia de personal de vigilancia o un acto de negligencia del mismo produzca un accidente o cualquier hecho lesivo para los usuarios o sus bienes, la responsabilidad recaerá sobre el Contratista, el cual asumirá todas las consecuencias de carácter legal.

A la terminación de las obras, el Contratista deberá dejar perfectamente limpio y despejado el tramo de calzada que se ocupó, sacando toda clase de materiales y de desperdicios de cualquier tipo que existieran allí por causa de la obra.

Si se precisase realizar posteriores operaciones de limpieza debido a la negligencia del Contratista, serán efectuadas por el personal de conservación, con cargo al Contratista.

En los casos no previstos en estas normas o bien en situaciones de excepción (trabajos de realización imprescindible en condiciones precarias de tráfico o de visibilidad), el Director de Obra podrá dictar al Contratista disposiciones especiales en sustitución o en derogación de las presentes normas.

1.10.2. Señalización y balizamiento de las obras

El Contratista colocará a su costa la señalización y balizamiento de las obras con la situación y características que indiquen las ordenanzas y autoridades competentes y el Proyecto de Seguridad. Asimismo, cuidará de su conservación para que sirvan al uso al que fueron destinados, durante el período de ejecución de las obras.

Si alguna de las señales o balizas deben permanecer, incluso con posterioridad a la finalización de las obras, se ejecutará de forma definitiva en el primer momento en que sea posible.

Se cumplirán en cualquier caso los extremos que a continuación se relacionan, siempre y cuando no estén en contradicción con el Estudio de Seguridad y Salud:

- Las vallas de protección distarán no menos de 1 m del borde de la excavación o de la zanja cuando se prevea paso de peatones paralelo a la dirección de la misma y no menos de 2 m cuando se prevea paso de vehículos.
- Cuando los vehículos circulen en sentido normal al borde de la excavación o al eje de la zanja, la zona acotada se ampliará a dos veces la profundidad de la excavación o zanja en este punto, siendo la anchura mínima 4 m y limitándose la velocidad en cualquier caso.
- El acopio de materiales y tierras extraídas en cortes de profundidad mayor de 1,30 m se dispondrá a una distancia no menor de 2 m de borde.
- En las zanjas o pozos de profundidad mayor de 1,30 m siempre que haya operarios trabajando en el interior, se mantendrá uno de retén en el exterior.

- La iluminación se efectuará mediante lámparas situadas cada 10 m.
- Las zanjas de profundidad mayor de 1,30 m estarán provistas de escaleras que rebasen 1 m la parte superior del corte.
 - En zona urbana las zanjas estarán completamente circundadas por vallas.
 - En zona rural las zanjas estarán acotadas vallando la zona de paso o en la que se presuma riesgo para peatones, animales o vehículos.
- Las zonas de construcción de obras singulares, estarán completamente valladas.
 - Al finalizar la jornada o en interrupciones largas, se protegerán las bocas de los pozos de profundidad > 1,30 m con un tablero resistente, red o elemento equivalente.
 - Como complemento a los cierres de zanja se colocarán todas las señales de tráfico incluidas en el código de circulación que sean necesarias.

1.10.3. Consideraciones especiales sobre cruces de cauces de ríos y arroyos, calles, ferrocarriles, gas y otros servicios

Antes del comienzo de los trabajos que afecten al uso de carreteras, viales o vías ferroviarias, a cauces o a otros servicios, el Contratista propondrá el sistema constructivo que deberá ser aprobado por escrito por el Director de Obra y el Organismo responsable.

Durante la ejecución de los trabajos el Contratista seguirá las instrucciones previa notificación y aceptación del Director de Obra, hechas por el Organismo afectado.

Todas las instrucciones de otros Organismos deberán dirigirse al Director de Obra pero si estos Organismos se dirigiesen al Contratista para darle instrucciones, el Contratista las notificará al Director de Obra para su aprobación por escrito.

El Contratista tomará las medidas adecuadas para evitar que los vehículos que abandonen las zonas de obras depositen restos de tierra, barro, etc., en las calles adyacentes. En todo caso eliminará rápidamente estos depósitos.

El Contratista mantendrá en funcionamiento los servicios afectados, tanto los que deba reponer como aquellos que deban ser repuestos por los Organismos competentes. En el caso de conducciones de abastecimiento y saneamiento, deberá mantener la circulación de aguas potables y residuales en los conductos existentes durante la ejecución de las obras que afecten a los mismos, efectuando en su caso los desvíos provisionales necesarios que, previa aprobación por la Dirección de Obra, se abonarán a los precios del cuadro N° 1 que le fueran aplicables. Los citados desvíos provisionales serán totalmente estancos.

El Contratista dispondrá del equipo de seguridad necesario para acceder con garantías a conducciones, arquetas y pozos de registro. El Contratista dispondrá de un equipo de detección de gas, el cual estará en todo momento accesible al personal del Director de Obra. El equipo incluirá sistemas de detección del anhídrido sulfhídrico.

1.10.4. Carteles y anuncios

Podrán ponerse en las obras las inscripciones que acrediten su ejecución por el Contratista. A tales efectos, éste cumplirá las instrucciones que tenga establecidas la Propiedad y en su defecto las que dé el Director de Obra.

Por otra parte, el Contratista estará obligado a colocar dos carteles informativos de la obra a realizar, en los lugares indicados por la Dirección de Obra, de acuerdo a las siguientes características:

- Dimensiones máximas 4.500 mm. x 3.150 mm. con una relación máxima entre dimensiones horizontal y vertical de 0,6.
- Perfiles extrusionados de aluminio modulable (174 x 45 mm) esmaltados y rotulados en castellano, en los que debe aparecer como mínimo la propiedad, el contratista y la ingeniería consultora redactora del proyecto.
- Soporte de IPN 140, placas base y anclajes galvanizados.

El costo de los carteles y accesorios, así como la instalación y retirada de los mismos, será por cuenta del Contratista.

1.11. RECEPCIÓN Y CERTIFICACIÓN FINAL

1.11.1. Proyecto de liquidación

El Contratista entregará a la Dirección de Obra para su aprobación todos los croquis y planos de obra realmente construida y que supongan modificaciones respecto al Proyecto o, permitan y hayan servido para establecer las ediciones de las certificaciones.

Con toda esta documentación debidamente aprobada, o los planos y mediciones contradictorios de la Dirección de Obra en su caso, se constituirá el Proyecto de liquidación, en base al cual se realizará la liquidación de las obras en una certificación única final según lo indicado en el apartado sobre certificaciones.

1.11.2. Recepción de las obras

Al término de la ejecución de las obras se comprobará que hayan sido terminadas con arreglo a las condiciones prescritas, en cuyo caso se llevará a cabo la recepción según lo establecido en el RD 3/2011, de 14 de noviembre.

En el Acta de Recepción se hará constar las deficiencias que, a juicio de la Dirección de Obra, deben ser subsanadas por el Contratista; estipulándose un plazo para llevar a cabo las subsanaciones. Si transcurrido dicho plazo el contratista no lo hubiera efectuado, podrá concedérsele otro nuevo plazo improrrogable o declarar resuelto el contrato.

1.11.3. Periodo de garantía, responsabilidad del contratista

El plazo de garantía a contar desde la recepción de las obras, será el establecido en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares, durante el cual el Contratista tendrá a su cargo la conservación ordinaria de aquéllas cualquiera que fuera la naturaleza de los trabajos a realizar, siempre que no fueran motivados por causas de fuerza mayor. Igualmente deberá subsanar aquellos extremos que se reflejaron en el acta de recepción de las obras. No será inferior a un año, salvo casos especiales.

Serán de cuenta del Contratista los gastos correspondientes a las pruebas generales que durante el período de garantía hubieran de hacerse, siempre que

hubiese quedado así indicado en el acta de recepción de las obras.

El período de garantía para las actuaciones relacionadas con las siembras y plantaciones, descritas en el Proyecto de Tratamiento paisajístico, será el establecido en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares.

Durante ese período de garantía se establecerá un mantenimiento y conservación de las plantas, siembras, y obras relacionadas, tal y como se especifica en el Pliego de Prescripciones Particulares del Proyecto Paisajístico.

El mantenimiento comprende todos aquellos trabajos que son necesarios realizar de forma periódica, diaria o estacional, sobre las zonas plantadas para permitir su evolución y desarrollo tal y como habían sido diseñadas en el proyecto y así alcanzar las características funcionales y botánicas que las definen y diferencian, así como para obtener aumentos en el valor ornamental para el que han sido a menudo plantadas.

Para el mantenimiento y conservación se establece en el Presupuesto una partida de mantenimiento y conservación de plantaciones a lo largo del período de garantía. La Dirección de Obra, realizará cuantas inspecciones juzgue oportunas para ordenar el buen mantenimiento de las plantas, siembras y construcciones.

En lo que se refiere a la responsabilidad del Contratista corresponde a la Dirección de Obra juzgar la verdadera causa de los deterioros o deficiencias, decidiendo a quién corresponde afrontar los costes de las reparaciones.

Si la obra se arruina con posterioridad a la expiración del plazo de garantía por vicios ocultos de la construcción, debido al incumplimiento del contrato por parte del contratista, responderá éste de los daños y perjuicios durante el término de quince años a contar desde la recepción. Transcurrido este plazo sin que se haya manifestado ningún daño o perjuicio, quedará totalmente extinguida la responsabilidad del contratista.

1.11.4. Certificación final

Dentro del plazo de tres meses contados a partir de la recepción, el órgano de contratación deberá aprobar la certificación final de las obras ejecutadas, que será abonada al contratista a cuenta de la liquidación del contrato.

2. CONDICIONES TÉCNICAS Y PARTICULARES PARA ELEMENTOS ELECTROMECAÑICOS

2.1. OBJETO

El objeto de este documento es definir inequívocamente las condiciones técnicas y particulares en la adquisición de cualquier pieza fabricada en acero que forme parte de la maquinaria hidráulica, así como de las condiciones que ha de reunir para estar dentro de los requerimientos exigibles en el presente proyecto.

Para conseguir esto, se han de definir los métodos de control, los procedimientos, la interpretación de resultados, los criterios de aceptación y los documentos, informes y registros necesarios para los controles de recepción o los realizados durante la fabricación en los talleres del suministrador o del constructor.

2.2. PARTES IMPLICADAS

- Se empleará la siguiente terminología para referirse a las diferentes partes implicadas en el desarrollo del presente proyecto:
 - Suministrador: es el que se ocupa de la fabricación y entrega de las piezas conformadas por moldeo, mecanizado, o cualquier otro método de fabricación. Estas piezas son las subcontratadas por el constructor como elementos a partir de los que desarrollará sus propios productos.
 - Constructor: es el poseedor del contrato (o el representante del mismo). Es el encargado del diseño, fabricación e instalación de la maquinaria y equipamiento hidráulico.
 - Cliente: el comprador de la máquina hidráulica y el resto del equipamiento para ser puesto en servicio en sus instalaciones (o el representante del mismo).

La opinión dada por el constructor respecto a los medios de control, su puesta en ejecución, o los resultados obtenidos, será preponderante.

2.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES DE RECEPCIÓN

2.3.1. Disposiciones generales

2.3.1.1. Introducción

Las actividades relacionadas con la compra y recepción del producto seguirán las condiciones que establece la norma ISO 9001 con la condición de que exista alguna certificación realizada por un organismo acreditado por ENAC (Entidad Nacional de Acreditación). En caso de no existir esta certificación, el cumplimiento de las condiciones establecidas por la norma en cuanto a las actividades señaladas no será obligatorio, aunque sí recomendable. Por esta razón, se incluirán como parte integrante del Pliego de Condiciones un extracto de los puntos más interesantes de la norma en lo relativo a compras y recepción de productos.

Téngase en cuenta que el cumplimiento de los puntos establecidos en el Pliego de Condiciones no garantiza la conformidad del producto adquirido con los requisitos definidos en la norma ISO 9001, a menos que el producto (ya sea una empresa, un proceso, un producto o un determinado servicio del suministrador) esté certificado por una entidad de certificación acreditada.

2.3.1.2. Compras

Será preciso establecer y se conservar procedimientos documentados para asegurar que los materiales comprados satisfacen los requerimientos especificados.

2.3.1.2.1. Evaluación de subcontratistas

Por un lado, se procederá a la evaluación y selección de los posibles subcontratistas teniendo en cuenta su sistema de calidad y los requisitos aplicables a cada uno de ellos.

Se deberán definir los tipos de subcontratistas y los controles a efectuar sobre los mismos, asimismo, se establecerán y mantendrán registros de los subcontratistas que resulten aceptables.

Para aquellas compras de tipo repetitivo, puede ser útil elaborar una lista de proveedores y subcontratistas aprobados, a la que el departamento de compras se ceñirá a la hora de realizar las compras anteriormente mencionadas.

Deberá estar claramente definida la responsabilidad interna para la aprobación de esta lista, así como los criterios a seguir para la incorporación de un proveedor a la lista y para su mantenimiento o exclusión de la misma, esto es, la evaluación y el seguimiento del mismo.

El suministrador deberá demostrar de forma fehaciente su aptitud para el desempeño de todas las actividades concretadas en las especificaciones de calidad que adjunte a la oferta que realice al constructor.

La capacidad técnica deberá mostrarse con aprobación de prototipos o primeras piezas, mientras que la capacidad de aseguramiento de la calidad vendrá dada por auditorias de calidad, certificaciones externas ostentadas por éste, experiencia histórica u otras formas que se consideren adecuadas.

En las especificaciones de calidad podrán incluirse el diseño de los productos, su fabricación, instalación, el servicio posventa que se preste, así como la inspección y el ensayo de los mismos antes de que ser suministrados.

En general, el suministrador deberá poseer las instalaciones técnicas necesarias y otras capacidades que serán detalladas en las especificaciones de calidad. Entre estas figuran habitualmente por ser comunes en la fundición de piezas de acero para máquinas hidráulicas, las siguientes:

- Conocimiento adecuado de la metalurgia de su acero.
- Conocimiento adecuado de los procesos de conformado que se realizarán en sus instalaciones, entre ellas figuran el moldeo, forjado, mecanizado, y las que se consideren necesarias para la fabricación de piezas pertenecientes a maquinaria hidráulica.
- Conocimiento adecuado de los tratamientos térmicos que pudieran ser necesarios y de los electrodos que pudieran necesitarse.
- Soldadores de cualificación suficiente para el trabajo a realizar.
- Medios y personal adecuados para la realización de ensayos no destructivos a las piezas que se vayan a suministrar.

2.3.1.2.2. Datos necesarios en las compras

Para garantizar en todo momento la correcta identificación de los productos comprados será necesario contar por lo menos con:

- Identificación: incluyendo tipo, clase y aquellos datos que se consideren necesario.
- Especificaciones, planos, etc... indicando la revisión a la que pertenezca.
- Sistema de calidad empleado (por ejemplo ISO 9001) en el caso de que esto sea necesario.

2.3.1.2.3. Identificación y especificaciones del producto

Si procede, se establecerá y mantendrá un procedimiento que permita identificar el producto a partir de las especificaciones que deba cumplir, durante la totalidad de las etapas de la fabricación de este y su entrega. Las características mínimas de los productos serán establecidas por la empresa en función de sus criterios y las exigencias indicadas en las especificaciones de calidad.

2.3.1.2.4. Verificación en origen de los productos comprados

La verificación en origen de los productos comprados podrá ser realizada de dos maneras diferentes:

- Por el proveedor, esto es, el suministrador cuando provee al constructor y este último cuando provee al cliente.
- Por el cliente, o sea, aquel que realiza la compra.

En los casos antes mencionados, implicará que la inspección será llevada cabo por el constructor o el cliente.

2.3.1.3. Inspección y ensayos

Será preciso establecer y se conservar procedimientos documentados para las inspecciones y ensayos requeridos para comprobar que los productos cumplen las especificaciones de calidad referidas a ellos.

2.3.1.3.1. Inspección y ensayos en recepción

En la recepción de suministros habrán de seguirse una serie de indicaciones genéricas, entre las que figuran el no emplear productos que no se hayan sometido a las inspecciones y ensayos previstos en las especificaciones de calidad para los mismos.

Para determinar la cantidad y tipo de inspección y ensayo debe tenerse en cuenta el control ejercido en origen y la evidencia que exista de ello.

Si por necesidades de fabricación es imprescindible el empleo de materiales sin inspeccionar, debe identificarse por si es necesario repescarlo.

Los ensayos de recepción en la Fundición están definidos por la "Especificación de Calidad". Entre lo que se puede incluir figura la verificación de la composición química, de las características mecánicas, así como los ensayos no destructivos que fuesen necesarios. Estos ensayos serán efectuados por el suministrador en presencia del constructor y/o el cliente, si así ha sido requerido previamente en el pedido realizado. En el caso de que el suministrador deba cumplir el requisito anterior, deberá avisar por escrito al constructor con un plazo mínimo de una semana antes de la fecha en que los ensayos vayan a ser realizados. El constructor deberá confirmar al suministrador la fecha de su llegada y la de su cliente (o la de ambos si así fuera) a los talleres del suministrador.

2.3.1.3.2. Registros de inspección y ensayo

Se deberán definir y conservar los registros que prueben que los productos han sido inspeccionados y ensayados. En estos deberá figurar obligatoriamente el hecho de que los productos hayan superado o no los criterios de aceptación que se hubiesen establecido.

2.3.1.3.3. Control de los equipos de inspección, medida y ensayo

Será necesario establecer y mantener procedimientos documentados para controlar, calibrar y mantener los equipos de inspección, medición y ensayo que se empleen para demostrar la conformidad del producto según las especificaciones que deba cumplir el mismo. La incertidumbre de estos equipos debe ser conocida y adecuada con las necesidades de medida que deba realizar.

Procedimientos de control

Para controlar las especificaciones de los productos se procederá, en primer lugar, a determinar las medidas a tomar y la incertidumbre requerida. Se identificarán y calibrarán los equipos periódicamente o al menos antes de su uso, utilizando patrones que sigan los estándares internacionales.

Los diversos equipos de inspección, medida y ensayo deberán ser calibrados según un procedimiento escrito, además, llevarán un indicador del estado de calibración de los mismos y se mantendrán los registros de calibración.

Si se detecta que un instrumento no está bien calibrado, se investigarán las medidas realizadas anteriormente por el mismo. Se asegurará que las condiciones ambientales son adecuadas para la calibración o la realización de medidas por el mismo. La manipulación, preservación y almacenaje de los equipos será la adecuada para los mismos y se protegerán los mandos de ajuste de estos.

Si no se está totalmente seguro de que las indicaciones de los aparatos de medida son correctas se podrían provocar problemas importantes, por lo que no se deberán tomar decisiones basadas en estas medidas. Por esto se establecerá un sistema de confirmación meteorológica que confirme el estado de calibración de los instrumentos utilizados y que permitirán que las medidas tengan una calidad adecuada. El fabricante del equipo recomienda un intervalo en los manuales y los laboratorios de calibración pueden recomendar en base a su experiencia. Sin embargo, la responsabilidad para fijar el intervalo entre calibraciones recae sobre la empresa, quien la fija en base a las recomendaciones anteriores, el uso previsto y el histórico de calibraciones anteriores.

No es preciso tener calibrados aquellos equipos para los que no se prevea su utilización en un futuro ya que el período de validez de la calibración los superaría de forma improductiva. Pero estos equipos deberán estar identificados para impedir su uso por error.

Cuando se cuente con un conjunto de dos o más equipos iguales o similares, puede ser útil la adquisición de patrones de transferencia y realizar las calibraciones internamente.

Naturalmente, este patrón será preciso enviarlo periódicamente a un laboratorio externo a calibrar. No es preciso que los laboratorios de calibración externos tengan un reconocimiento oficial (en España RELE calibración, antes Sistema de Calibración Industrial). En caso de que el laboratorio externo no poseyera un reconocimiento oficial, será necesario comprobar que sus patrones son compatibles con los estándares internacionales y que sus procedimientos de calibración son adecuados. El método de cálculo de la incertidumbre de la medida responde a la buena práctica, el laboratorio cuenta con medios y condiciones adecuadas, y su personal cuenta con la formación necesaria.

2.3.1.3.4. Estado de inspección y ensayos

Es preciso señalar de manera precisa el estado de inspección y ensayos en el que se encuentren los distintos productos: aceptados, rechazados y pendientes.

La señalización del estado de inspección de los productos se puede efectuar mediante distintos procedimientos, como:

- Marcas.
- Estampillas autorizadas.
- Etiquetas.
- Hojas de ruta.
- Registros de inspección de las zonas señalizadas.

También se podrá utilizar cualquier medio que se juzgue adecuado para indicar la conformidad (o no) de los productos respecto a las especificaciones que se esperan de ellos.

2.3.1.4. Control de productos no conformes

Los productos no conformes son aquellos que no satisfacen los requerimientos indicados en la "Especificación de Calidad", por ello no deben ser utilizados. Para evitar su empleo por error, se establecerán y mantendrán procedimientos documentados adecuados: se incluirá su identificación, documentación, evaluación, separación y las áreas afectadas de estos productos.

2.3.1.4.1. Examen y tratamiento de los productos no conformes

Previamente se deberá fijar la responsabilidad de la revisión de estos productos y la autoridad para elegir el tratamiento que se les dará a posteriori, esto es:

- Reprocesarlos hasta alcanzar los requerimientos especificados.
- Repararlos.
- Aceptarlos en su estado no conforme.
- Destinarlos para otros usos en los que sean adecuados.
- Eliminarlos.

Una vez detectado un material no conforme es preciso proceder a su identificación, separación y tomar una decisión sobre su tratamiento posterior. Para ello, es necesario que esté claramente especificado quién es el encargado en la organización de tomar este tipo de decisiones.

Cuando la no conformidad afecte además de a los requisitos internos, a los requisitos contractuales, se deberá informar al cliente y solicitar su aprobación formal respecto a la decisión que se tome. La concesión es una autorización escrita para utilizar o entregar el producto no conforme con los requisitos especificados para el mismo, pudiéndose emplear para otros usos en los que sea adecuado.

El suministrador es responsable respecto al constructor y éste para con el cliente, de comunicar a tiempo todas las no conformidades respecto al Pliego de Condiciones y al pedido.

2.3.2. Especificaciones de calidad

La "Especificación de Calidad" es un documento donde se establecen todos los requerimientos que han de cumplir los productos, procesos, condiciones de ensayos, y aquello que se considere también necesario.

Los criterios de aceptación podrán servir de orientación para la elección de las exigencias industrialmente razonables. La selección de las inspecciones o ensayos es competencia y responsabilidad de la empresa y de acuerdo con lo establecido por los reglamentos aplicables, los cuales pueden exigir unas inspecciones o ensayos encaminados a la "demostración de la calidad".

- La "Especificación de Calidad" establece el número y las condiciones que tienen que cumplir esas inspecciones o ensayos para que sean fiables y otros requerimientos generales o relacionados con las operaciones de fabricación y control de los productos. Entre ellas figuran:
 - El o los organismos encargados de la recepción.
 - Las prescripciones encaminadas a la verificación de propiedades químicas y mecánicas de los productos.
 - La preparación de las superficies a inspeccionar y cuáles serán estas.
 - Cómo se extrapolan los resultados de un control parcial a toda la zona prescrita.
 - Dónde se realizarán las inspecciones, así como el personal y la instrumentación necesarios para tal fin.
 - Los criterios de aceptación a emplear, así como posibles desviaciones.
 - Se define a estas como autorizaciones escritas para desviarse de los requisitos especificados.
 - Formas de actuación en caso de litigio.
 - Derogaciones, esto es, autorizaciones escritas para utilizar o entregar productos no conformes con los requisitos que se hayan especificado para los mismos.
 - Condiciones particulares de garantía.

Las especificaciones de calidad se deberán adjuntar con la oferta del constructor al cliente, con las peticiones de oferta del constructor al suministrador y con el pedido del constructor al suministrador. Estas especificaciones de calidad prevalecerán sobre el resto de documentos.

2.3.3. Eliminación de defectos

Generalmente, tanto el suministrador como el constructor toman a su cargo la reparación de los defectos que les incumban, siempre que éstos no superen los criterios de aceptación establecidos en la Especificación de Calidad y que hayan cumplido el Pliego de Condiciones Técnicas y Particulares. Podrán ser detectados estos defectos por uno cualquiera de los métodos indicados en la misma o mediante un simple examen visual.

El suministrador deberá hacerse cargo de aquellos defectos cuyo origen es de tipo metalúrgico o que se deban a la forma en que se realizó la fundición.

Por el contrario, el constructor deberá hacerse cargo de aquellos defectos cuyo origen se deba a una incorrecta concepción, dimensionamiento de la pieza o a una realización en los talleres inadecuada.

Por último, las reparaciones que incumben al cliente son aquellas que se deban a un funcionamiento fuera de las condiciones de servicio garantizadas por el constructor, así como las que resulten de un desgaste por abrasión del material relacionado con la naturaleza del agua explotada.

Antes de su reparación por soldadura, los defectos deberán ser eliminados hasta que desaparezca cualquier indicación fuera de criterios que se deban cumplir.

Salvo convención particular en el pedido, las reparaciones serán sometidas a los mismos exámenes que los inicialmente previstos en la zona considerada. El constructor podrá siempre aceptar bajo su responsabilidad que ciertas cavidades de saneado no sean recargadas, en tanto no subsistan en los mismos defectos fuera del criterio que se haya establecido y que esta circunstancia no perjudique el buen funcionamiento de la pieza.

2.3.3.1. Defectos detectados en la fundición

Los defectos detectados durante el curso de la fabricación en los talleres del suministrador serán saneados y reparados mediante el procedimiento de soldadura. Las dimensiones y posiciones de las cavidades de saneado que superen los límites que se hayan definido en la Especificación de Calidad, serán anotadas y facilitadas al constructor. Las reparaciones correspondientes se denominan "importantes".

Si la Especificación de Calidad lo requiere, se someterán a la aprobación del constructor para que exprese su conformidad antes de iniciar los trabajos:

- El procedimiento de soldadura.
- Los procedimientos de cualificación de soldadores y operadores.

No se deberá rehacer cualquier cualificación certificada y existente que responda los criterios que se hayan definidos. Después de la soldadura deberá hacerse un tratamiento térmico de reducción de tensiones que no podrá ser suprimido salvo que se produzca un acuerdo con el constructor.

2.3.3.2. Defectos detectados en los talleres del constructor

Si el constructor ha de realizar soldaduras debido a la aparición de defectos durante el mecanizado del producto, el modo en el que se realicen estas reparaciones dependerá de las características de la zona a reparar.

Para reparaciones en zonas poco solicitadas en las que no sea necesario un tratamiento térmico de reducción de tensiones, estas podrán ser hechas por el constructor según un procedimiento fijado o aceptado por el suministrador. Para reparaciones importantes, que afectan a zonas solicitadas en las que se exige un tratamiento de distensionamiento, será necesario un tratamiento térmico de reducción de tensiones. Excepto en casos particulares, estas reparaciones serán efectuadas por el suministrador, debiéndose registrar las mismas de forma adecuada.

Será muy recomendable establecer de común acuerdo y con anterioridad a que se tengan que realizar las reparaciones, la repartición del coste adicional que suponen estas. Si esto no se ha hecho, la repartición deberá ser realizada de un acuerdo entre el suministrador y el constructor antes de comenzar los trabajos de reparación. Lo anterior se puede hacer sobre varios criterios, como controles de la superficie, características de las cavidades de saneado o el precio de la pieza a reparar.

2.3.3.3. Defectos detectados en las instalaciones del cliente

Durante el período de garantía la reparación debe ser efectuada por el suministrador o el constructor.

Fuera del período de garantía, la reparación es efectuada por el cliente o por el constructor o suministrador, sin garantía por parte del constructor ni del suministrador, esto es, el cliente sufraga los costes de la reparación por haber expirado la garantía.

2.3.4. Garantía

La garantía cubre todas las anomalías susceptibles de perturbar el funcionamiento del producto considerado o de alterar efectivamente la seguridad del conjunto del que forma parte. Por esta garantía, el constructor y el suministrador se comprometen a efectuar las reparaciones necesarias en un plazo breve y conforme a María O las reglas que sean necesarias, de forma que se devuelva la pieza conforme a las prescripciones de origen o, en su defecto, conforme con los usos de la profesión.

Las condiciones de garantía del suministrador están estrechamente ligadas a las que el constructor debe asegurar a su cliente para los conjuntos suministrados. El constructor debe, por lo tanto, informar al suministrador antes del pedido, de sus propios compromisos a este respecto y no podrá imponer condiciones más severas que las que él mismo ha aceptado.

En los contratos a los cuales se aplica el presente Pliego de Condiciones, la similitud de intereses es evidente. Por ello es indispensable que se establezca un estrecho espíritu de cooperación ente el suministrador y el constructor, para asegurar la garantía requerida.

El periodo de garantía del suministrador corresponde al del constructor.

El propio uso de los órganos de máquinas hidráulicas implica que la garantía cubra un intervalo de tiempo de explotación a contar a partir de la recepción provisional del conjunto que podrá ser expresado en millares de horas o meses, con un límite razonable en el tiempo a contar desde una fecha de partida estipulada en el Pliego de Condiciones constructor/cliente.

La diversidad de casos y formas de explotación justifica que la duración de la garantía sea cada vez objeto de negociaciones comerciales entre cliente y constructor. Toda petición de puesta en práctica de la garantía debe ser comunicada por el medio más rápido a partir de la detección de la anomalía y confirmada por escrito. En este caso, se comunicará a la parte interesada todo tipo de información que pueda resultar útil, como puede ser el modo de detección de la anomalía, la localización de la misma y sus dimensiones geométricas (incluyendo si fuera posible un croquis acotado y fotografías de la misma).

La parte receptora de una petición de puesta en práctica de su garantía, debe en el más breve plazo posible, hacer todo lo que sea necesario para proponer las reparaciones a efectuar, realizarlas y, llegado el caso, suministrar las piezas necesarias, quedando entendido que le está siempre permitido solicitar la constatación de las anomalías por sí mismo.

No se emprenderá ninguna reparación sin el acuerdo de la parte supuestamente responsable de la misma, ni será ejecutada sin estar conforme con las instrucciones que pudiera dar la misma. Cualquier infracción a esta regla comporta la anulación de toda responsabilidad para la otra parte. La garantía dejará de tener validez en caso de que no se respeten las prescripciones de explotación que el constructor haya especificado y previamente haya aceptado el cliente.

2.4. VERIFICACIONES A EFECTUAR

2.4.1. Verificación de la composición química de la colada

El suministrador deberá revisar la composición química de la colada, sin embargo, el constructor podrá efectuar un análisis de comprobación sobre la pieza a condición de que esto y las condiciones de extracción, figuren explícitamente en la petición de oferta y en el pedido que hayan sido dirigidos al suministrador.

El tipo de acero debe estar claramente definido en la demanda de oferta dirigida al suministrador. Este debe precisar la composición química de su material en la oferta y el constructor deberá obligatoriamente hacer mención de la misma en el pedido.

En lo que concierne a los contenidos de azufre y fósforo, se aplicarán por lo general las disposiciones siguientes:

- Aceros no aleados: 0,040% S, 0,040% P.
- Aceros aleados: 0,030% S, 0,030% P.

2.4.2. Verificación de las características mecánicas

2.4.2.1. Características a controlar en los ensayos

Las características a controlar en los ensayos más importantes son:

- Resistencia a la tracción expresada en MPa.
- Límite de elasticidad, en MPa
- Alargamiento y estricción, en tanto por ciento.
- Resistencia a la temperatura indicada en la Especificación de Calidad.

Las formas, dimensiones y cantidad de probetas empleadas en los ensayos deben fijarse en la Especificación de Calidad.

La cantidad de probetas prescritas se entenderá siempre por pieza y no por colada.

En el caso de series de piezas obtenidas de la misma colada, el constructor prescribirá la cantidad de ensayos sobre el lote.

2.5. TRATAMIENTOS DE PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

2.5.1. Procedimiento

La protección frente a la corrosión se aplicará a todos los elementos fabricados en acero al carbono de la turbina durante su fabricación o en reparación. Esta prescripción será aplicada siempre que no existan otros acuerdos con el cliente que modifiquen lo aquí establecido.

Las superficies antes de proceder a chorrearlas deben estar limpias de posibles restos de aceite o grasa. Las rebabas, las aristas vivas, las capas gruesas de óxido y los posibles restos de escorias de soldaduras se eliminarán por medio de cincel, cepillo de alambre o por otro sistema que se considere adecuado antes de realizar el chorreado, este podrá efectuarse con arena o con granalla. Se chorreará hasta un grado de acabado indicado en la norma ISO 8503-2:2012.

Para el caso de chorreado por el exterior del equipo, los agujeros se taparán adecuadamente con contra bridas (si las conexiones son mediante bridas), o en otro caso, mediante tapas adecuadas para tal fin. Las conexiones roscadas se taparán mediante tapones también roscados. Se busca evitar con esto la entrada de arena o granalla en el interior del equipo.

En todo caso, se protegerán las superficies mecanizadas y las roscas utilizando para ello Tesaband u otro medio adecuado. En el caso de soldaduras de obra, se dejará una banda de 60 mm sin pintar a ambos lados de la soldadura, para evitar que el calor que posibilita la soldadura dañe a la pintura.

El chorreado se efectuará dentro del taller previsto al efecto evitándose condiciones indeseables para esta operación, entre las que figuran una humedad relativa superior al 80%, condensaciones, humedad sobre la superficie apreciable a simple vista o un abrasivo húmedo. Una vez concluida la operación de chorreado, se eliminará cuidadosamente toda la arena o granalla que haya podido quedar sobre el equipo, así como el polvo que se produzca mediante aire comprimido limpio y seco, aspirador de polvo o un cepillo limpio. La pintura se aplicará sobre las superficies a pintar según las especificaciones técnicas que facilite su fabricante. Para poder pintar, se tendrán que verificar necesariamente los siguientes puntos:

- Preparación de la superficie.
- Control del grado de acabado.
- Pintura utilizada de imprimación.
- Pintura utilizada en la terminación.
- Espesor y adherencia del pintado de acabado.
- Verificación visual del resultado.

2.5.2. Normativa y pinturas a emplear

El tipo de pintura a utilizar se elegirá según las características de la superficie a pintar. Las normas que se deberán seguir para los distintos aspectos son:

- Rugosidad: ISO 8501
- Adherencia: ASTM D 3359-83.
- Espesores: según el tipo de pintura empleado.

2.5.2.1. Superficies en contacto con el agua

Para las superficies en contacto con el agua, su preparación deberá ser de grado 2 y habrá cuatro capas de protección. Cada una de estas capas es detallada a continuación:

- Primera capa: se empleará pintura Epoxi rica en Zinc de dos componentes 221, su espesor oscilará entre 80 y 90 μm y su color será gris metálico.
- Segunda capa: la pintura será Epoxi-Poliamida Óxido de Hierro Micáceo 2x6, su espesor será de 80 μm y de color gris claro. Se deberá aplicar en las 48 horas siguientes a la capa de imprimación.
- Tercera y cuarta capa: estas capas tendrán pintura Alquitrán-Epoxi 5x4 y espesor 100 μm (en cada capa). Serán de color negro.

Se dejarán libres de pintura sesenta milímetros en el borde de todas las uniones soldadas a realizar en obra, para proteger la pintura del calentamiento que se genera al soldar.

Para limpiar la soldadura por el interior se esmerilará hasta metal blanco y se pintará según lo anteriormente expuesto. En el caso de que se tenga que soldar por el exterior anclajes u otros accesorios para ayudar al montaje se comprobará que por el interior no se ha dañado a la pintura. Si sucediera esto último, habrá que reparar la zona dañada.

2.5.2.2. Superficies en contacto con aceite

Estas superficies serán preparadas para que presenten una preparación de superficie de grado 2, y tendrán tres capas de protección:

- Primera capa: utilizará pintura Epoxi rica en Zinc de dos componentes 221, su espesor oscilará entre 80 y 90 μm . Su color será gris metálico.
- Segunda capa: su pintura será Epoxi-Poliamida Óxido de Hierro Micáceo 2x6, con espesor igual a 80 μm y color gris claro. Se deberá aplicar esta capa en las 48 horas siguientes a la de imprimación.
- Tercera capa: su pintura será Esmalte Poliuretano Alifático de dos componentes 5W, con espesor comprendido entre 40 y 50 μm . Su color será el blanco.

2.5.2.3. Superficies en contacto con el ambiente

En este apartado se distinguirán dos casos, que serán las superficies en contacto con el ambiente y las correspondientes a la turbina montada.

Para las superficies en contacto con el ambiente, con excepción de las de la tubería montada, se prepararán con grado 2, y tendrán dos capas de protección. Estas últimas serán como sigue:

- Primera capa: usará pintura Epoxi rica en zinc de dos componentes 221, espesor comprendido entre 80 y 90 μm y color gris metálico.
- Segunda capa: su pintura será del tipo Epoxi-Poliamida Óxido de Hierro Micáceo 2x6, con un espesor de 80 μm y color gris claro. Esta capa deberá aplicarse en las 48 horas posteriores a la capa de imprimación.

Las superficies de turbina montada se prepararán las superficies con grado 2 y tendrán cuatro capas de protección. Las características de estas serán las siguientes:

- Primera capa: pintura Epoxi rica en zinc de dos componentes, con espesor entre 80 y 90 μm . Su color será el gris metálico.
- Segunda capa: empleará pintura Epoxi-Poliamida Óxido de Hierro Micáceo 2x6, con espesor igual a 80 μm y color gris claro. Se deberá aplicar en las 48 horas siguientes a la capa de imprimación.
- Tercera y cuarta capa: emplearán pintura Esmalte Poliuretano de dos componentes 5P9, con espesores comprendidos entre 35 y 40 μm en cada una de las capas. El color será azul RAL 5015.

2.5.2.4. Superficies mecanizadas

Este tipo de superficies llevarán una sola capa de protección, con pintura del tipo Barniz Pelable, con un espesor de al menos 80 μm y color amarillo.

2.6. CONTROLES A REALIZAR EN CADA PIEZA

2.6.1. Controles a realizar en la carcasa

En esta pieza se realizarán un total de cuatro controles: inspección visual, examen por líquidos penetrantes, certificados de materiales, control dimensional.

- Inspección visual: se busca con esto detectar los defectos de cualquier tipo o las faltas de soldadura apreciables a simple vista. Las chapas que no se consideren aptas se apartarán y marcarán para realizar con ellas la opción que se considere más adecuada entre desecharlas o emplearlas en algo en lo que sean válidas. Si existiesen mordeduras, salpicaduras o grietas (tanto de cráter, como longitudinales o transversales) en alguna soldadura, se procederá a su levantado y volverán a depositarse. Si existiesen defectos como descolgadas, falta de penetración o rechupes (defectos en la raíz), serán levantadas estas soldaduras para ser depositadas de nuevo si fuera posible.

- Líquidos penetrantes: este examen se realiza en las zonas en las que se produzcan cruces entre cordones de soldadura distintos. Se busca poder detectar defectos superficiales cuyo tamaño no permita apreciarlos a simple vista, debido a que pueden disminuir peligrosamente la resistencia del cordón de soldadura en los citados cruces. En caso de encontrarse, se levantarán los cordones correspondientes y su repetición.

- Certificados de materiales: se pedirán para su comprobación los certificados de los materiales que conforman la carcasa, de cara sobre todo a garantizar que su tensión máxima mínima tiene el valor especificado en la norma UNE-EN 10253-1: 2000 y que dicho valor se encuentra dentro de tolerancias que se hayan especificado.

- Control dimensional: se realizará en todas las chapas que conforman a la carcasa antes de proceder a su soldadura, si no se realizase así, se correría el riesgo de tener que desmontar la carcasa entera y volverla a hacer. Una vez que la carcasa esté construida, se realizará el control dimensional de las cotas que no se hubiesen medido en el paso anterior.

2.6.2. Controles a realizar en el rodete

En el rodete se realizarán de nuevo los mismos cuatro controles que se aplicaron a la carcasa: inspección visual, examen por líquidos penetrantes, certificados de materiales y control dimensional.

- **Inspección visual:** se debe hacer una vez sacada la pieza de la fundición para poder encontrar en el rodete las grietas superficiales que pudiesen producirse por el enfriamiento del molde, al ser el acero empleado en su fabricación autotemplable, en el que las tensiones internas por cambio de fases pueden crear las citadas grietas. También se buscarán rechupes o faltas de llenado que se produzcan en el molde por falta de material frente a lo necesario por la contracción del acero. Las faltas de llenado se dan como consecuencia de que el metal líquido que entra en el molde solidifica antes de lo necesario, impidiendo la entrada del resto del metal líquido. Si existiesen grietas de temple, se deberá corregir el proceso de enfriamiento y ralentizar a este en lo posible, si estas grietas se produjesen por faltas de relleno o rechupes, deberá rediseñarse el molde. En todos los casos en que se presenten alguno de los defectos anteriormente citados, el rodete deberá volverse a fundir para ser sometido a continuación al mismo examen visual.

- **Líquidos penetrantes:** este control debe realizarse tras las fases de mecanizado a las que se vea sometido el rodete de cara a encontrar grietas y otros defectos superficiales que se hubiesen podido generar. La existencia de poros en el rodete puede dar lugar a fenómenos de cavitación si estos se encuentran en la zona de los alabes y en contacto con el agua.

- **Certificado de materiales:** serán pedidos y comprobados para garantizar que el acero que se haya empleado en el rodete tiene una composición que respeta las tolerancias dadas en la norma UNE-EN 10088- 1: 1996. Esto se debe a que en el rodete es particularmente importante, por motivos obvios, que el acero inoxidable tenga la calidad y la resistencia a la corrosión que se espera en él.

- También se realiza esto porque se debe emplear un acero con una buena característica de dureza, ya que va a estar sometido a abrasión por los materiales en suspensión que pudiese llevar el agua turbinada y por las posibles cavitaciones que pudiesen ocurrir.

- Control dimensional: Se realizará después de cada una de las etapas de mecanizado, en los planos del rodete se suministran también los límites admisibles en las tolerancias dimensionales, geométricas y de rugosidad.

2.6.3. Controles a realizar en el eje

En esta pieza se realizarán un total de cinco controles: inspección visual, líquidos penetrantes, ultrasonidos, certificado de materiales y control dimensional.

- Inspección visual: se deberá realizar una vez realizado el forjado, para buscar pliegues superficiales grandes y apreciables a simple vista. Este tipo de defectos hacen que la pieza sea inutilizable, al haber perdido resistencia en su periferia, lo cual es particularmente grave porque el eje trabaja a flexión y a torsión. El eje deberá ser templado, una vez realizada esta operación, también se comprobará visualmente la existencia de grietas apreciables a simple vista.
- Líquidos penetrantes: se encargarán de buscar defectos superficiales de pequeño tamaño, como grietas debidas al proceso de temple o pequeños pliegues provocados por el forjado que no se hubiesen detectado con anterioridad.
- Ultrasonidos: se realizará con ellos una inspección completa del eje para encontrar los defectos internos que no pudiesen ser detectados mediante los procedimientos antes empleados.
- Certificado de materiales: de nuevo se pedirán los certificados y se revisarán, las proporciones entre los elementos del acero empleado han de estar dentro de los límites previstos por la norma UNE-EN 10083-2: 1997.
- Control dimensional: se realizará sobre las cotas que figuren en el plano que corresponda.

Las tolerancias referentes a circularidad y a la perpendicularidad respecto de la cara en contacto con el rodete son especialmente importantes, ya que si no toman valores adecuados, se pueden generar desequilibrios importantes.

3. CONDICIONES TÉCNICAS Y PARTICULARES PARA OBRA CIVIL

3.1. MOVIMIENTO DE TIERRAS

3.1.1. Desbroce del terreno

La ejecución del desbroce incluye la retirada de estacas de los cerramientos rurales y sus cimentaciones, así como del resto de los elementos que los constituyen (cables, mallas, etc.). Así como, la eliminación de los árboles de perímetro inferior a 60 cm, los árboles de cualquier perímetro que no hayan sido contemplados de forma individualizada en el Proyecto, así como los arbustos, plantas, maleza y otros elementos de similar naturaleza.

3.1.1.1. Ejecución

Deberá retirarse la tierra vegetal de las superficies de terreno afectadas por excavaciones o terraplenes hasta una profundidad mínima de 10 cm o la que indique el Director de Obra.

Los pozos y agujeros resultantes de las operaciones de desbroce que queden dentro de la explanación se rellenarán con material del terreno y al menos con el mismo grado de compactación.

3.1.1.2. Medición y abono

La presente unidad se medirá y abonará de acuerdo a los cuadros de precios del Proyecto por los metros cuadrados (m²) realmente ejecutados medidos sobre el terreno.

El precio no incluye la unidad de tala de árbol y extracción de tocón, en el caso de que sea de abono independiente. Tampoco incluye la retirada de señalización vertical, farolas y postes, así como la retirada de barreras de seguridad que, en su caso, sean de abono independiente.

3.1.2. Excavación de la explanación

Se consideran los siguientes tipos de excavación:

- Excavación en roca con explosivos: se considera excavación en roca con explosivos a efectos del presente Pliego y en consecuencia, a efectos de medición y abono, la correspondiente a todas las masas de roca, depósitos estratificados y aquellos materiales que presenten características de roca masiva o que se encuentren cementados tan sólidamente que no puedan excavararse empleando escarificadores profundos y pesados y hayan de ser excavados utilizando explosivos.
- Excavación en roca con martillo hidráulico acoplado a retroexcavadora: comprende la correspondiente a todas las masas de roca, depósitos estratificados y aquellos materiales que presenten características de roca masiva o que se encuentren cementados tan sólidamente que hayan de ser excavados empleando martillo hidráulico acoplado a retroexcavadora.
- Este tipo de excavación se emplea únicamente para pequeños volúmenes de roca, cuando así sea contemplada en el Proyecto o sea indicado por el Director de Obra, en aquellas zonas en las que por diversas circunstancias no sea posible emplear explosivos. En cualquier caso, el empleo de esta unidad de obra deberá contar, obligatoriamente, con la aprobación previa del Director de Obra.
- Excavación en tierras y tránsito: comprende la correspondiente a los materiales formados por tierras, rocas descompuestas meteorizadas y estratificadas y en general, todos aquellos que para su excavación no sea necesario el empleo de explosivos o martillo hidráulico acoplado a retroexcavadora.

En el caso de “excavación clasificada”, el Contratista informará durante la ejecución, y notificará por escrito, para su aprobación, si procede, al Director de Obra, las unidades que corresponden a excavaciones en roca con explosivos, excavaciones en roca con martillo hidráulico acoplado a retroexcavadora y excavación en tierras y tránsito, teniendo en cuenta para ello las definiciones anteriores, y los criterios definidos por el Director de Obra.

3.1.2.1. Ejecución

En el caso de excavación en roca con explosivos, el Contratista presentará al Director de Obra una propuesta de Plan de excavación por voladura firmada por un técnico competente, en la que se especificará al menos:

- Maquinaria y método de perforación.
- Longitud máxima de perforación.
- Diámetro y longitud de los barrenos de contorno y disposición de los mismos.
- Diámetro y longitud de los barrenos de destroza y disposición de los mismos.
- Explosivos utilizados, dimensiones de los cartuchos, sistemas de retacado y esquema de cargas de los distintos tipos de barreno.
- Método de fijación de las cargas en los barrenos con carga discontinua.
- Método de iniciación de las cargas y secuencias de iniciación.
- Método de comprobación del círculo de encendido.
- Tipo de explosor.
- Exposición detallada de resultados obtenidos con el método de excavación propuesto en terrenos análogos al de la obra.
- Medidas de seguridad para la obra (trabajadores y equipos) y terceros.
- Personal cualificado y autorizado para realizar los trabajos.

Los perforistas presentarán un parte de perforación donde se indicarán las posibles oquedades detectadas durante la operación para evitar cargas concentradas excesivas, y tomarán las medidas necesarias para que los barrenos permanezcan limpios una vez completados con el fin de realizar su carga prevista.

La aprobación del Plan de excavación por voladura por parte del Director de Obra indicará, tan sólo, que la Administración acepta el resultado final previsto de dicho Plan no eximiendo al Contratista de su responsabilidad.

Durante la excavación el Contratista deberá disponer a pie de obra de un técnico experto en voladuras que participe en las fases de preparación del Plan de excavación por voladura y de dispositivos que eviten los riesgos, así como en la ejecución de esta unidad de obra. Este técnico deberá ser aprobado previamente por el Director de Obra, debiendo tener una titulación suficiente y con amplia experiencia en la materia.

Las tolerancias máximas admisibles expresadas en centímetros entre los planos y superficies de taludes previstos en el Proyecto y los realmente construidos serán las siguientes:

- Taludes de hasta 3 m: + 15 cm
- Taludes de 3 a 10 m: + 25 cm
- Taludes de más de 10 m: + 40 cm

Estas tolerancias podrán ser modificadas por el Director de Obra.

La tolerancia máxima admisible en pendientes, fondos de cunetas y drenajes será función de la pendiente definida en el Proyecto para cada unidad de obra.

- Cunetas y drenajes con pendiente entre el: $3\text{‰} - 5\text{‰} = \pm 1 \text{‰}$
- Cunetas y drenajes con pendiente entre el: $5\text{‰} - 1\% = \pm 2 \text{‰}$
- Cunetas y drenajes con pendiente mayor: del $1\% = \pm 4 \text{‰}$

La desviación máxima en planta de cunetas y drenajes con respecto a lo definido en el Proyecto será de 10 cm.

3.1.2.2. Medición y abono

En todos los casos, el precio incluye la terminación de los taludes y la eliminación de los materiales desprendidos o movidos.

En la excavación en roca con explosivos, el precio no incluye la excavación especial de taludes en roca, abonándose de forma independiente.

En el caso de excavación en roca con martillo hidráulico acoplado a retroexcavadora, excavación tierras y tránsito y excavación no clasificada: El precio incluye el refino de los taludes, salvo que sea objeto de medición y abono de forma independiente.

3.1.3. Rellenos todo-uno

3.1.3.1. Medición y abono

La presente unidad se medirá y abonará de acuerdo a los cuadros de precios del Proyecto por los metros cúbicos (m³) realmente ejecutados medidos sobre el terreno.

3.2. CIMENTACIONES Y ESTRUCTURAS

3.2.1. Hormigones

Los hormigones procederán de central, la cual dispondrá de un Control de Producción y estará en posesión de un Sello o Marca de Calidad oficialmente reconocido por un Centro Directivo de las Administraciones Públicas (General del Estado o Autonómicas), con competencias en el campo de la construcción, por lo que no será necesario el control de los materiales componentes del hormigón, según se recoge en el Artículo 81.- “Control de los componentes del hormigón” de la EHE.

La consistencia del hormigón se determinará con el cono de Abrams, según la norma UNE 83313.

El curado del hormigón se realizará de acuerdo a lo establecido en el Artículo 74.- “Curado del hormigón” de la EHE. En caso de que dicho curado se realice manteniendo húmedas las superficies de los elementos de hormigón, su duración mínima será de 3 días.

Será de aplicación todo lo dispuesto en el título VI “Control” de la vigente “Instrucción de Hormigón Estructural (EHE)” o normativa que la sustituya. El nivel de control de calidad es el definido en el Proyecto para cada estructura.

3.2.1.1. Medición y abono

La presente unidad se medirá y abonará de acuerdo a los cuadros de precios del Proyecto.

3.2.2. Encofrados y moldes

Se define como el elemento destinado al moldeo in situ de hormigón y morteros.

La ejecución de la unidad de obra incluye las siguientes operaciones: o Proyecto de encofrado y cálculo estructural.

- Montaje y apuntalamiento del encofrado.
- Preparado de las superficies interiores del encofrado con desencofrante.
- Tapado de juntas entre piezas.
- Desmontaje y retirada del encofrado y todo el material auxiliar, una vez la pieza estructural esté en disposición de soportar los esfuerzos previstos.

Cuando el acabado superficial sea para que el hormigón quede visto, los encofrados serán de madera machihembrada.

Cuando los encofrados sean de madera, el número máximo de puestas admitido, salvo que en la descripción del precio se indique otra cosa, será el siguiente:

- Encofrados rectos o curvos: 5.
- Encofrados de madera machihembrada: 3.

3.2.2.1. Ejecución

Los encofrados se construirán sobre planos de detalle que prepare el Contratista, quien deberá presentarlos, con sus cálculos justificativos detallados, proyecto de encofrado y cálculo estructural, a examen aprobación del D.O.

3.2.2.2. Medición y abono

La presente unidad se medirá y abonará de acuerdo a los cuadros de precios del Proyecto. El precio incluye todos los materiales, medios, operaciones y costes necesarios para la completa ejecución de la unidad.

3.2.3. Armaduras a emplear en hormigón armado

Se usarán los siguientes materiales:

- Según Artículo 240: “Barras corrugadas para hormigón estructural” del PG-3.

- Según Artículo 24: “Mallas electrosoldadas” del PG-3.
- Según Artículo 242 “Armaduras básicas electrosoldadas en celosía” del PG-3.

3.2.3.1. Ejecución

La forma y dimensiones de las armaduras son las definidas en el Proyecto.

El doblado de las armaduras a emplear en hormigón armado se realizará de acuerdo con el apartado 66.3. “Doblado de las armaduras pasivas” de la vigente Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

Los aceros serán acopiados por el Contratista en el lugar adecuado para su conservación, clasificados por tipos y diámetros, de forma que sea fácil su identificación, recuento, pesaje y manipulación.

Las armaduras se dispondrán según lo definido en el Proyecto, y de acuerdo con lo establecido en el apartado 66.4 “Distancias entre barras de armaduras pasivas” de la EHE.

El control de calidad se realizará de acuerdo con lo prescrito en el Artículo 90. “Control de la Calidad del Acero” de la EHE. El nivel de control de calidad es el definido en el Proyecto para cada estructura.

3.2.3.2. Medición y abono

Las armaduras de acero empleadas en hormigón armado se abonarán por su peso en kilogramos (kg) deducido de los Planos, aplicando para cada tipo de acero los pesos unitarios correspondientes a las longitudes deducidas de dichos Planos.

El precio incluye las mermas y despuntes, que se consideran incluidos en el del kilogramo (kg) de armadura, así como el conjunto de operaciones y costes necesarios para la completa ejecución de la unidad.

3.3. CERRAMIENTOS

Se define como tal al elemento de cierre y seguridad constituido por postes tubulares cimentados en hormigón o fábrica, a los cuales se une mediante la adecuada tornillería, un enrejado de simple torsión fabricado con alambre de acero.

3.3.1. Ejecución

Los cierres irán emplazados en los lugares indicados en el Proyecto o, en su defecto, donde indique el Director de Obra

En primer lugar, se colocarán los postes, cimentados en hormigón o fábrica. Posteriormente se colocará la malla, sujetándola a los postes mediante los correspondientes accesorios.

3.3.2. Medición y abono

La presente unidad se medirá y abonará, de acuerdo a los cuadros de precios del Proyecto, por los metros (m) de cierre realmente colocados.

El precio incluye la malla, los postes y sujeciones, así como el conjunto de operaciones y costes necesarios para la completa ejecución de la unidad. La cimentación de los postes es de abono independiente.

Santander a Septiembre, 2.016

El ingeniero:

Javier Fernández Fernández



DOCUMENTO N°5:
MEDICIONES

DOCUMENTO N°6: PRESUPUESTO

CAPÍTULO 1: OBRA CIVIL	2
CAPÍTULO 2: GRUPO TURBO-GENERADOR	4
CAPÍTULO 3: ELECTRICIDAD	4

CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE RASINES

CAPÍTULO 1: OBRA CIVIL				
Capítulo	Código	Acción - Descripción	Unidades	Cantidad
01	01.01	Toma de agua		
01	01.01.01	Hormigón hidrófugo	m ³	3,00
		Reparación de desperfectos en la estructura a base de hormigón hidrófugo.		
01	01.01.02	Rejilla de 9x3 m	ud	1,00
		Rejilla de 9 x 3 m con barrotes redondos de 35 mm y separación de 150mm para entrada a la toma. 48 barrotes. Totalmente instalada		
01	01.01.03	Sistema de repulsión de peces	ud	1,00
		Sistema de repulsión de peces a base de cortina de burbujas. Manguera PBT Polyplumb de 22 mm de diámetro. Incluido compresor de 2 CV y paneles fotovoltaicos para alimentarlo. Totalmente instalado		
01	01.02	Canal		
01	01.02.01	Hormigón hidrófugo	m ³	1.116,90
		Reparación de desperfectos en la estructura a base de hormigón hidrófugo.		
01	01.02.02	Limpieza del canal	m ²	6.989,00
		Limpieza del canal de derivación de piedras, arenas y vegetación.		
01	01.02.03	Compuerta entrada	ud	2,00
		Compuerta de entrada al canal de derivación de 2,5 metros de ancho por 4 metros de alto. Acero. Totalmente instalado		
01	01.02.04	Compuerta salida	ud	1,00
		Compuerta de salida del canal de derivación. 4x3 metros. Accionamiento manual por piñón.		
01	01.02.05	Aliviadero a la entrada	ud	1,00
		Aliviaderos de compuerta deslizante de chapa de acero inoxidable y funcionamiento manual, con palanca y tornillo sin-fín. Totalmente instalado		
01	01.02.06	Aliviadero a la salida	ud	1,00
		Aliviaderos de compuerta deslizante de chapa de acero inoxidable y funcionamiento manual, con palanca y tornillo sin-fín. Incluyendo excavación bajo tierra de vuelta al río. Ver planos. Totalmente instalado.		

CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE RASINES

Capítulo	Código	Acción - Descripción	Unidades	Cantidad
01	01.02.07	Geomembrana de HDPE	m ²	21.300,00
		Geomembrana de Polietileno de alta densidad (HDPE) de 1 cm. Color negro. Totalmente instalado		
01	01.03	Cámara de carga		
01	01.03.01	Construcción	ud	1,00
		Movimiento de tierras, obra de adecuación y limpieza de terreno. Incluye maquinaria utilizada y permisos. Según planos		
01	01.03.02	Rejilla de entrada a la cámara de carga	ud	1,00
		Reja de entrada a la cámara de carga de 4x3 m. Barrotes formados por pletina de acero de 40 x 20 mm. Separación de 50 mm. Totalmente instalado.		
01	01.03.03	Aliviadero	m ³	20,00
		Obra de aliviadero. Incluyendo excavación bajo tierra de vuelta al río. Compuerta manual. Ver planos. Totalmente instalado.		
01	01.04	Tubería forzada		
01	01.04.01	Tubería forzada	m	10,00
		Tubería forzada de 1,40 m de diámetro		
01	01.05	Edificio de la central		
01	01.05.01	Edificio	ud	1,00
		Obra de adecuación del edificio. Reparación de desperfectos. Reparación de fachada y pintado. Sustitución de ventanas.		
01	01.05.02	Obras	ud	1,00
		Obra de limpieza		
01	01.05.03	Accesos	ud	1,00
		Limpieza de maleza en los accesos. Asentamiento del suelo. Movimiento de tierras. Estado actual impracticable		

CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE RASINES

CAPÍTULO 2: GRUPO TURBO-GENERADOR				
Capítulo	Código	Acción - Descripción	Unidades	Cantidad
02	02.01	Turbina		
02	02.01.01	Turbina Kaplan	ud	1,00
		Turbina Kaplan de eje vertical en cámara cerrada. 644 kW. 4 álabes. 1,25 m diámetro de rodete. Totalmente instalado		
02	02.02	Generador		
02	02.02.01	Generador 830 kVA. Síncrono	ud	1,00
		Generador de potencia de 830 kVA. 7 pares de polos. Factor de potencia 0,8. Síncrono. Totalmente instalado		
02	02.02.02	Transformador de potencia	ud	1,00
		Transformador de potencia. Totalmente instalado		

CAPÍTULO 3: ELECTRICIDAD				
Capítulo	Código	Acción - Descripción	Unidades	Cantidad
03	03.01	Sistema Eléctrico general		
03	03.01.01	Instalación eléctrica	ud	1,00
		Instalación eléctrica de la casa de máquinas y todos los sistemas de control de la central		
03	03.01.02	Línea eléctrica	ud	1,00
		Parte de la línea de distribución y conexión a red. Incluyendo CT y columnas necesarias.		

DOCUMENTO N°6:
PRESUPUESTO

DOCUMENTO N°6: PRESUPUESTO

1. CUADRO DE PRECIOS N°1	2
CAPÍTULO 1: OBRA CIVIL	2
CAPÍTULO 2: GRUPO TURBO-GENERADOR.....	4
CAPÍTULO 3: ELECTRICIDAD	5
2. CUADRO DE PRECIOS N°2	6
CAPÍTULO 1: OBRA CIVIL	6
CAPÍTULO 2: GRUPO TURBO-GENERADOR.....	8
CAPÍTULO 3: ELECTRICIDAD	8
3. PRESUPUESTOS PARCIALES	9

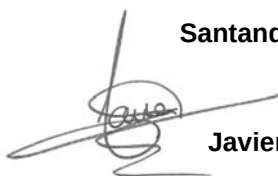
1. CUADRO DE PRECIOS Nº1

CAPÍTULO 1: OBRA CIVIL			
Código	Acción - Descripción	Precio cifra	Precio letra
01.01	Toma de agua		
01.01.01	Hormigón hidrófugo	412,95 €	Cuatrocientos doce euros con noventa y cinco céntimos
	Reparación de desperfectos en la estructura a base de hormigón hidrófugo.		
01.01.02	Rejilla de 9x3 m	1.780,00 €	Mil setecientos ochenta euros
	Rejilla de 9 x 3 m con barrotes redondos de 35 mm y separación de 150mm para entrada a la toma. 48 barrotes. Totalmente instalada		
01.01.03	Sistema de repulsión de peces	3.200,00 €	Tres mil doscientos euros
	Sistema de repulsión de peces a base de cortina de burbujas. Manguera PBT Polyplumb de 22 mm de diámetro. Incluido compresor de 2 CV y paneles fotovoltaicos para alimentarlo. Totalmente instalado		
01.02	Canal		
01.02.01	Hormigón hidrófugo	153.741,00 €	Ciento cincuenta y tres mil setecientos cuarenta y un euros
	Reparación de desperfectos en la estructura a base de hormigón hidrófugo.		
01.02.02	Limpieza del canal	1.300,00 €	Mil trescientos euros
	Limpieza del canal de derivación de piedras, arenas y vegetación.		
01.02.03	Compuerta entrada	850,00 €	Ochocientos cincuenta euros
	Compuerta de entrada al canal de derivación de 2,5 metros de ancho por 4 metros de alto. Acero. Totalmente instalado		
01.02.04	Compuerta salida	850,00 €	Ochocientos cincuenta euros
	Compuerta de salida del canal de derivación. 4x3 metros. Accionamiento manual por piñón.		

Santander a Septiembre, 2.016

El ingeniero:

Javier Fernández Fernández

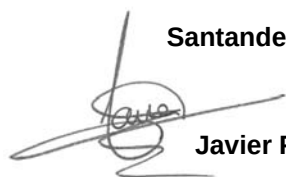


CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE RASINES

Código	Acción - Descripción	Precio cifra	Precio letra
01.02.05	Aliviadero a la entrada	460,00 €	Cuatrocientos sesenta euros
	Aliviaderos de compuerta deslizante de chapa de acero inoxidable y funcionamiento manual, con palanca y tornillo sin-fín. Totalmente instalado		
01.02.06	Aliviadero a la salida	1.200,00 €	Mil doscientos euros
	Aliviaderos de compuerta deslizante de chapa de acero inoxidable y funcionamiento manual, con palanca y tornillo sin-fín. Incluyendo excavación bajo tierra de vuelta al río. Ver planos. Totalmente instalado.		
01.02.07	Geomembrana de HDPE	313.536,00 €	Trescientos trece mil quinientos treinta y seis euros
	Geomembrana de Polietileno de alta densidad (HDPE) de 1 cm. Color negro. Totalmente instalado		
01.03	Cámara de carga		
01.03.01	Construcción	82.922,00 €	Ochenta y dos mil novecientos veintidós euros
	Movimiento de tierras, obra de adecuación y limpieza de terreno. Incluye maquinaria utilizada y permisos. Según planos		
01.03.02	Rejilla de entrada a la cámara de carga	900,00 €	Novecientos euros
	Reja de entrada a la cámara de carga de 4x3 m. Barrotes formados por pletina de acero de 40 x 20 mm. Separación de 50 mm. Totalmente instalado.		
01.03.03	Aliviadero	2.753,00 €	Dos mil setecientos cincuenta y tres euros
	Obra de aliviadero. Incluyendo excavación bajo tierra de vuelta al río. Compuerta manual. Ver planos. Totalmente instalado.		

Santander a Septiembre, 2.016

El ingeniero:



Javier Fernández Fernández

CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE RASINES

Código	Acción - Descripción	Precio cifra	Precio letra
01.04	Tubería forzada		
01.04.01	Tubería forzada	10.277,13 €	Diez mil doscientos setenta y siete euros con trece céntimos
	Tubería forzada de 1,40 m de diámetro		
01.05	Edificio de la central		
01.05.01	Edificio	60.000,00 €	Sesenta mil euros
	Obra de adecuación del edificio. Reparación de desperfectos. Reparación de fachada y pintado. Sustitución de ventanas.		
01.05.02	Obras	500,00 €	Quinientos euros
	Obra de limpieza		
01.05.03	Accesos	1.430,00 €	Mil cuatrocientos treinta euros
	Limpieza de maleza en los accesos. Asentamiento del suelo. Movimiento de tierras. Estado actual impracticable		

CAPÍTULO 2: GRUPO TURBO-GENERADOR			
Código	Acción - Descripción	Precio cifra	Precio letra
02.01	Turbina		
02.01.01	Turbina Kaplan	238.675,05 €	Doscientos treinta y ocho mil seiscientos setenta y cinco euros con cinco céntimos
	Turbina Kaplan de eje vertical en cámara cerrada. 644 kW. 4 álabes. 1,25 m diámetro de rodete. Totalmente instalado		
02.02	Generador		
02.02.01	Generador 830 kVA. Síncrono	43.917,55 €	Cuarenta y tres mil novecientos diecisiete euros con cincuenta y cinco céntimos
	Generador de potencia de 830 kVA. 7 pares de polos. Factor de potencia 0,8. Síncrono. Totalmente instalado		

Santander a Septiembre, 2.016

El ingeniero:



Javier Fernández Fernández

CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE RASINES

Código	Acción - Descripción	Precio cifra	Precio letra
02.02.02	Transformador de potencia	20.568,55 €	Veinte mil quinientos sesenta y ocho euros con cincuenta y cinco céntimos
	Transformador de potencia. Totalmente instalado		

CAPÍTULO 3: ELECTRICIDAD			
Código	Acción - Descripción	Precio cifra	Precio letra
03.01	Sistema Eléctrico general		
03.01.01	Instalación eléctrica	209.161,54 €	Dos cientos nueve mil ciento sesenta y un euros con cincuenta y cuatro céntimos
	Instalación eléctrica de la casa de máquinas y todos los sistemas de control de la central		
03.01.02	Línea eléctrica	16.500,00 €	Dieciséis mil quinientos euros
	Parte de la línea de distribución y conexión a red. Incluyendo CT y columnas necesarias.		

Santander a Septiembre, 2.016

El ingeniero:

 Javier Fernández Fernández

2. CUADRO DE PRECIOS Nº2

CAPÍTULO 1: OBRA CIVIL					
Código	Acción - Descripción	UDS	Cantidad	Importe unitario	Importe total
01.01	Toma de agua				
01.01.01	Hormigón hidrófugo	m ³	3,00	137,65 €	412,95 €
	Reparación de desperfectos en la estructura a base de hormigón hidrófugo. Incluida mano de obra y maquinaria.				
01.01.02	Rejilla de 9x3 m	ud	1,00	1.780,00 €	1.780,00 €
	Rejilla de 9 x 3 m con barrotes redondos de 35 mm y separación de 150mm para entrada a la toma. 48 barrotes. Totalmente instalada				
01.01.03	Sistema de repulsión de peces	ud	1,00	3.200,00 €	3.200,00 €
	Sistema de repulsión de peces a base de cortina de burbujas. Manguera PBT Polyplumb de 22 mm de diámetro. Incluido compresor de 2 CV y paneles fotovoltaicos para alimentarlo. Totalmente instalado				
01.02	Canal				
01.02.01	Hormigón hidrófugo	m ³	1.116,90	137,65 €	153.741,00 €
	Reparación de desperfectos en la estructura a base de hormigón hidrófugo. Incluida mano de obra y maquinaria.				
01.02.02	Limpieza del canal	m ²	6.989,00	0,19 €	1.300,00 €
	Limpieza del canal de derivación de piedras, arenas y vegetación. Incluida mano de obra y maquinaria.				
01.02.03	Compuerta entrada	ud	2,00	425,00 €	850,00 €
	Compuerta de entrada al canal de derivación de 2,5 metros de ancho por 4 metros de alto. Acero. Totalmente instalado				
01.02.04	Compuerta salida	ud	1,00	850,00 €	850,00 €
	Compuerta de salida del canal de derivación. 4x3 metros. Accionamiento manual por piñón. Totalmente instalado				
01.02.05	Aliviadero a la entrada	ud	1,00	460,00 €	460,00 €
	Aliviaderos de compuerta deslizante de chapa de acero inoxidable y funcionamiento manual, con palanca y tornillo sin-fín. Totalmente instalado				

CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE RASINES

01.02.06	Aliviadero a la salida	ud	1,00	1.200,00 €	1.200,00 €
	Aliviaderos de compuerta deslizante de chapa de acero inoxidable y funcionamiento manual, con palanca y tornillo sin-fín. Incluyendo excavación bajo tierra de vuelta al río. Ver planos. Totalmente instalado.				
01.02.07	Geomembrana de HDPE	m ²	21.300,00	14,72 €	313.536,00 €
	Geomembrana de Polietileno de alta densidad (HDPE) de 1 cm. Color negro. Totalmente instalado				
01.03	Cámara de carga				
01.03.01	Construcción	ud	1,00	82.922,00 €	82.922,00 €
	Movimiento de tierras, obra de adecuación y limpieza de terreno. Incluye maquinaria utilizada y permisos. Según planos. Incluida mano de obra y maquinaria.				
01.03.02	Rejilla de entrada a la cámara de carga	ud	1,00	900,00 €	900,00 €
	Reja de entrada a la cámara de carga de 4x3 m. Barrotes formados por pletina de acero de 40 x 20 mm. Separación de 50 mm. Totalmente instalado.				
01.03.03	Aliviadero	m ³	20,00	137,65 €	2.753,00 €
	Obra de aliviadero. Incluyendo excavación bajo tierra de vuelta al río. Compuerta manual. Ver planos. Totalmente instalado.				
01.04	Tubería forzada				
01.04.01	Tubería forzada	m	10,00	1.027,71 €	10.277,13 €
	Tubería forzada de 1,40 m de diámetro. Totalmente instalada				
01.05	Edificio de la central				
01.05.01	Edificio	ud	1,00	60.000,00 €	60.000,00 €
	Obra de adecuación del edificio. Reparación de desperfectos. Reparación de fachada y pintado. Sustitución de ventanas. Incluida mano de obra y maquinaria.				
01.05.02	Obras	ud	1,00	500,00 €	500,00 €
	Obra de limpieza. Incluida mano de obra y maquinaria.				
01.05.03	Accesos	ud	1,00	1.430,00 €	1.430,00 €
	Limpieza de maleza en los accesos. Asentamiento del suelo. Movimiento de tierras. Estado actual impracticable. Incluida mano de obra y maquinaria.				
				TOTAL	636.112,07 €

CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE RASINES

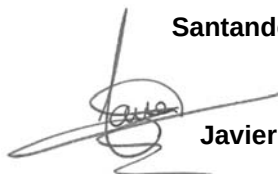
CAPÍTULO 2: GRUPO TURBO-GENERADOR					
Código	Acción - Descripción	UDS	Cantidad	Importe unitario	Importe total
02.01	Turbina				
02.01.01	Turbina Kaplan	ud	1,00	238.675,05 €	238.675,05 €
	Turbina Kaplan de eje vertical en cámara cerrada. 644 kW. 4 álabes. 1,25 m diámetro de rodete. Totalmente instalado				
02.02	Generador				
02.02.01	Generador 830 kVA. Síncrono	ud	1,00	43.917,55 €	43.917,55 €
	Generador de potencia de 830 kVA. 7 pares de polos. Factor de potencia 0,8. Síncrono. Totalmente instalado				
02.02.02	Transformador de potencia	ud	1,00	20.568,55 €	20.568,55 €
	Transformador de potencia. Totalmente instalado				
				TOTAL	303.161,15 €

CAPÍTULO 3: ELECTRICIDAD					
Código	Acción - Descripción	UDS	Cantidad	Importe unitario	Importe total
03.01	Sistema Eléctrico general				
03.01.01	Instalación eléctrica	ud	1,00	209.161,54 €	209.161,54 €
	Instalación eléctrica de la casa de máquinas y todos los sistemas de control de la central. Incluida mano de obra y maquinaria.				
03.01.02	Línea eléctrica	ud	1,00	16.500,00 €	16.500,00 €
	Parte de la línea de distribución y conexión a red. Incluyendo CT y columnas necesarias. Incluida mano de obra y maquinaria.				
				TOTAL	225.661,54 €

Santander a Septiembre, 2.016

El ingeniero:

Javier Fernández Fernández



3. PRESUPUESTOS PARCIALES

<i>Capítulo</i>	<i>Designación</i>	<i>Importe</i>
01	OBRA CIVIL	636.112,07 €
02	GRUPO TURBO-GENERADOR	303.161,15 €
03	ELECTRICIDAD	225.661,54 €
	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)	1.164.934,76 €

<i>Designación</i>	<i>Importe</i>
PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)	1.164.934,76 €
GASTOS GENERALES 13%	151.441,52 €
BENEFICIO INDUSTRIAL 6%	69.896,09 €
BASE IMPONIBLE	1.386.272,36 €
I.V.A. 21%	291.117,20 €
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA	1.677.389,56 €
INGENIERÍA	29.800,00 €
DIRECCIÓN DE OBRA	100.113,00 €
I.V.A. 21%	27.281,73 €

PRESUPUESTO PARA EL CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN	1.704.671,29 €
--	-----------------------

El presupuesto para conocimiento de la administración asciende a la cantidad de UN MILLÓN SETECIENTOS CUATRO MIL SEISCIENTOS SETENTA Y UN EUROS CON VEINTINUEVE CÉNTIMOS.

Santander a Septiembre, 2.016

El ingeniero:

 Javier Fernández Fernández