

INGENIERIA BASICA DE UNA PLANTA DE GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA CON BIOMASA, PARA UNA POTENCIA DE 10 Mw



1 INTRODUCCIÓN	5
2 OBJETO	6
2.1 UBICACIÓN	6
2.2 CREACIÓN DE EMPLEO	7
3 RECEPCIÓN, ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN DE LA BIOMASA	7
3.1 GENERAL	7
3.2 CARACTERÍSTICAS DEL COMBUSTIBLE	8
3.3 PROCESO DE MANIPULACIÓN DE LA BIOMASA	9
3.3.1 Suministros de biocombustible	9
3.3.2 Instalación de recepción de biomasa	10
3.3.3 Troceado o triturado	10
3.3.4 Cribado	12
3.3.5 Separación magnética	12
3.4 ALMACENAMIENTO	13
3.5 TRANSPORTE DEL COMBUSTIBLE	15
4 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES	16
4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	16
4.1.1 Descripción de la tecnología de la caldera	17
4.1.1.1 Sistema de combustión de lecho fluido	18
4.1.2 Accesorios de la caldera	20
4.1.3 Tratamiento de gases de escape	25
4.1.3.1 Sistema de cenizas	25
4.2 CONFIGURACIÓN DE LA PLANTA	26
4.3 TURBINA	27
4.3.1 Condensador	28
4.3.2 Generador	28
4.4 RESTO DE LA PLANTA	28
4.4.1 Sistema de agua de aportación	28
4.4.2 Sistema de refrigeración	29
4.4.2.1 Torre de refrigeración húmeda	29
4.4.3 Tuberías	30



4.4.4 Sistema de aire a presión	30
4.5 SISTEMAS Y EQUIPOS ELÉCTRICOS	30
4.5.1 Criterios de diseño eléctricos	31
4.5.1.1 Generalidades	31
4.5.1.2 Niveles de tensión en la planta	31
4.5.1.3 Normativa	32
4.5.1.4 Protecciones	33
4.5.1.5 Sistema de puesta a tierra	36
4.5.2 Configuración de los sistemas eléctricos	37
4.6 LÍNEA DE INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA	41
4.7 INSTRUMENTACIÓN	41
4.7.1 Criterios generales de diseño de instrumentación	41
4.7.1.1 Grado de protección y clasificación.....	41
4.7.1.2 Normativa	42
4.7.1.3 Unidades	42
4.7.1.4 Conexiones a proceso	42
4.7.1.5 Señales eléctricas	43
4.7.1.6 Redundancia	43
4.7.2 Instrumentos	43
4.7.3 Instalación	44
4.8 SISTEMAS DE CONTROL	45
4.8.1 Descripción general	45
4.8.1.1 Sistema de control de la caldera de biomasa.....	46
4.8.1.2 Sistema de control de la turbina de vapor y generador.	46
4.8.2 Criterios de diseño del Sistema de Control de Planta (SCP)	47
4.8.2.1 Seguridad	47
4.8.2.2 Disponibilidad y fiabilidad	47
4.8.2.3 Integración	49
4.8.2.4 Tecnología.....	49
4.8.2.5 Automatización.....	49
4.8.2.6 Operabilidad.....	51
4.8.2.7 Requisitos de diseño para las tarjetas electrónicas	51
4.8.2.8 Red de comunicaciones	51
4.10 OBRA CIVIL	52
4.10.1 General	52
4.10.2 Caseta de control de accesos	52



4.10.3 Caseta de bombas PCI.....	53
4.10.4 Nave de turbina y edificio eléctrico y de control.....	53
4.10.4.1 Nave taller y almacén.....	55
4.10.5 Nave de almacenamiento de materia prima de corta duración.....	56
4.10.6 Tejavana del área de almacenamiento de larga duración en forma de astillas.....	56
4.10.7 Cimentación del conjunto de la caldera y chimenea.....	56
4.10.8 Cimentación del conjunto de turbina y condensador.....	56
4.10.9 Cimentación del transformador principal.....	57
4.10.10 Torres de refrigeración.....	57
4.10.11 Tanque de agua PCI.....	57
4.10.12 Deposito de diesel.....	57
4.10.13 Bascula de pesaje de camiones.....	57
4.10.14 Urbanización.....	57
4.10.15 Red de drenaje de aguas pluviales.....	58
4.10.16 Redes de drenaje de aguas de proceso aceitosas y no aceitosas.....	58
4.10.17 Red de drenaje de aguas fecales / sanitarias.....	58
4.10.18 Canalizaciones de electricidad y de control.....	58
4.10.19 Red de hidrantes PCI.....	59
4.11 SISTEMA DE VENTILACIÓN, CALEFACCIÓN Y AIRE COMPRIMIDO.....	59
4.12 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	59
4.12.1 Descripción general del sistema de protección contra incendios.....	59
4.12.2 Reglamentación aplicada.....	60
4.12.3 Instalaciones de protección contra incendios.....	60
4.12.3.1 Tanque agua.....	60
4.12.3.2 Grupo de bombeo.....	61
5 BALANCE DE MASA Y ENERGÍA.....	64
6 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.....	66
7 DISPOSICIÓN GENERAL.....	66
8 EMISIONES.....	66
8.1 NIVELES DE EMISIÓN REQUERIDOS.....	66
8.2 REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES.....	67
9 ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO.....	68



1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las energías renovables se han convertido en una alternativa energética real a las fuentes de energía tradicionales. La implantación y el grado de desarrollo de algunas tecnologías dentro del sector eléctrico ha alcanzado unos niveles muy superiores a los esperados. La potencia eólica instalada alcanza ya el 18% del total instalado en el sistema eléctrico español y la energía solar fotovoltaica ha superado en más de un 1.200% el objetivo fijado para 2010 en el Plan de Energías Renovables. Sin embargo, otras tecnologías como la generación de energía eléctrica a partir de biomasa, no han experimentado el crecimiento esperado. El desarrollo de esta tecnología se ha visto condicionado por la dificultad en la gestión de la biomasa. La falta de experiencia de las principales eléctricas en este campo ha hecho que el ritmo de implantación de la biomasa eléctrica no haya sido el esperado. Sin embargo la Biomasa tiene importantes ventajas como fuente de energía renovable. Garantiza la seguridad de suministro para el sistema eléctrico, ofreciendo un mínimo de horas equivalentes de producción muy superior al del resto de las renovables. Por tanto aporta estabilidad a la red de distribución a cualquier hora del día y sin importar las condiciones atmosféricas. Además, la gestión forestal necesaria para el suministro de una planta de Biomasa, tiene importantes ventajas medioambientales como son el aprovechamiento de los residuos forestales, que favorece a crear unas estables condiciones fitosanitarias en los bosques y evita el riesgo de incendios forestales.

Tradicionalmente, industrias relacionadas con el papel, debido al elevado consumo energético de sus procesos, han aprovechado sus residuos, cortezas generadas en el tratamiento previo de la madera, para generar energía térmica y eléctrica. Este aprovechamiento de la biomasa, a través del menor consumo de fuel, permitió reducir los costes de producción en el proceso de fabricación de pasta de papel.

Debido a que los recursos de biomasa disponible para la producción de energía son limitados, serán criterios muy decisivos, la selección del emplazamiento y la tecnología de combustión empleada para conseguir un aprovechamiento máximo del combustible.

Con el traslado de este planteamiento a aquellos residuos generados en las actividades de, tratamientos selvícolas, aprovechamientos y renovación de masas forestales o agrícolas, se propone



la instalación que se describe a continuación, ofreciendo la mejor solución técnica y de aprovechamiento energético de la biomasa forestal de Andalucía.

2 OBJETO

El objeto del presente documento es definir y describir las instalaciones técnicas de la planta de Biomasa, a ser instalada en el término de Almonaster la Real, provincia de Huelva.

El combustible que se va a utilizar, según los estudios de disponibilidad, será residuo forestal mezcla pino y eucalipto, y cultivo energético de la especie *populus* y *eucaliptos*, y dada la proximidad al emplazamiento de grandes masas de bosque mediterráneo, podrá complementarse con el material procedente de las podas. Se ha establecido una potencia eléctrica para la planta, en bornes del alternador, de 10 MWe.

Según el artículo 2 del RD 661/2007 se trataría de una instalación del régimen especial de producción de energía eléctrica clasificada en la **categoría b** con hibridación de combustibles del **grupo b.6**. Concretamente la hibridación será la resultante de combinar los siguientes combustibles:

- **Subgrupo b.6.1:** biomasa procedente de cultivos energéticos
- **Subgrupo b.6.3:** biomasa procedente de residuos de aprovechamientos forestales y otras operaciones selvícolas en las masas forestales y espacios verdes.

2.1 UBICACIÓN

La instalación se ubicará en las parcelas 1162 perteneciente al Polígono Industrial 4 en el término municipal de Almonaster la Real (Huelva), a pie de la carretera A-470. La cercanía del embalse Cueva de la Mora, garantiza el suministro de agua necesaria para el proceso de refrigeración. Se trata de una zona bien comunicada y está enclavada en un entorno que garantiza el suministro de una gran cantidad de biomasa forestal residual, además en las cercanías se ha consorciado una superficie de 2000 has, que hace posible la adquisición de biomasa procedente de cultivos energéticos a precios asequibles. El municipio de Almonaster la Real abarca una extensión de 320,84km² y cuenta con una población aproximada de 1980 habitantes. La densidad de población es, por tanto, de 6,17 hab/km². La parcela donde se ubicará la planta de biomasa cuenta con una superficie de 16 has.



2.2 CREACIÓN DE EMPLEO

Gracias al desarrollo de esta planta de Biomasa se crearán puestos de trabajo y empleos en la zona, siendo un posible desglose de personal el siguiente:

Personal de planta	5
Parque biomasa	1
Jefe planta	1
Laboratorio	1
Mantenimiento	5
TOTAL	13

3 RECEPCIÓN, ALMACENAMIENTO Y MANIPULACIÓN DE LA BIOMASA

3.1 GENERAL

La biomasa llegará en camiones transportadores a la planta, en forma de astillas o de puntas y fardos empacados.

Las zonas de almacenamiento y los transportadores serán de tipo cubierto, para evitar de esta manera la difusión de polvo en zonas contiguas a la zona de recepción.

Se considerará la posibilidad de contar con un almacenamiento, de larga duración descubierto, que se situará en una zona anexa a la planta de recepción de biomasa, y que servirá para el almacenamiento de la biomasa que llegue sin tratar, fustes o raíces de las especies consideradas. En este caso se reservará un área de 2 ha para almacenamiento de larga duración de la madera sin tratar que representa un 60% del combustible total suministrado a la planta.



El foso de recepción, de combustible troceado en astillas, que será del tipo de suelo móvil, al que los camiones descargarán de forma directa, se dimensionará con capacidad suficiente para asegurar el funcionamiento de la caldera a la potencia de combustión de biomasa de diseño durante un día.

Los equipos necesarios son:

- Báscula para el pesaje, clasificación (en función del tipo de biomasa transportado) y registro de todos los camiones que acceden a la Planta, servirá para el control de salida de los residuos generados en el proceso, cenizas, lodos, etc.
- Instalaciones de triturado, que permitan el procesamiento de cualquier tipo de biomasa de origen vegetal.
- Separadores de metales y piedras y cribas de sobretamaños.
- Silo de gran capacidad, suficiente al menos para cubrir la alimentación a la caldera de biomasa, durante periodos de bajo suministro. El silo estará dotado en el piso de equipos de extracción, serán dos tornillos sinfín con desplazamiento en el sentido longitudinal del silo.
- Transportadores de banda para el traslado de biomasa desde la zona de recepción y tratamiento de biomasa al silo.

3.2 CARACTERÍSTICAS DEL COMBUSTIBLE

El proceso de combustión está diseñado para alcanzar plena carga nominal siendo el combustible una mezcla de astillas de pino, eucalipto y otros, con las siguientes características:

Tabla 1. Características de la mezcla de combustible

	Proporción	PCI	Humedad	Densidad	Contenido en cenizas	Volátiles
	masa-%	kcal/kg	%	kg/m ³	%	%
Pino	20%	2720	30	410	1,5...3,5	76
Eucalipto	80%			385		2,5

**Tabla 2. Análisis elemental de los combustibles utilizados**

	C	H	O	N	S	Cl
	%	%	%	%	%	%
Pino	40,80	6	44,80	0,50	0,10	0,12
Eucalipto	48,70	6,00	44,70	0,39	0,12	0,20

Anualmente se dispone de una cantidad de combustible de 75.000 tm lo que aproximadamente se estima en 267.000 m³ de astillas de volumen aparente. Hay que señalar que las cantidades anteriores incluyen la absorción de agua en la madera. La densidad aparente de las maderas de pino es de 256 kg/m³ (granel) y la del eucalipto de 285 kg/m³ (granel). Se estima en 280 kg/m³ (granel) la densidad aparente ponderada media del combustible en astillas.

La alimentación de combustible estará equipada con un separador magnético y criba, ubicado entre la zona de almacenamiento de corta duración y la cinta de entrada a la caldera, que eliminará los elementos no deseados como metales y tierra. Pequeñas cantidades de material verde (hojas, agujas) en la biomasa no son problemáticos. Como combustible de arranque y soporte se utilizará gasoil.

3.3 PROCESO DE MANIPULACIÓN DE LA BIOMASA

3.3.1 Suministros de biocombustible

El 40% del combustible se suministrará a la planta en forma de astillas y el resto del combustible en forma de residuos de cortas y puntas empacados que se triturarán en planta. La madera sin tratar se suministrará al almacenamiento de larga duración sin tratamiento. El combustible triturado se suministrará a la instalación de recepción.

La biomasa se transportará a la planta mediante camiones, los suministros de combustible se realizarán cinco días a la semana. Los suministros diarios estarán distribuidos uniformemente a lo largo del horario de trabajo, en el intervalo de las 8,00 a las 18,00 horas.



3.3.2 Instalación de recepción de biomasa

Los camiones se pesarán en la báscula ubicada en la entrada, al entrar y salir del terreno de la



Fig1. Foso de recepción de biomasa triturada.

central. Una vez realizada esta operación descargarán la madera en el almacenamiento de larga duración o en la instalación de recepción de biomasa consumible, consiste en dos fosos situados en paralelo, que comparten una pared central. Los camiones se aproximan al foso y descargan sobre el fondo, que está dotado de un transportador de cadenas con travesaños, que arrastran la biomasa hasta el extremo por el que descargarán sobre el transportador de banda principal, que conduce la biomasa a través de distintas instalaciones de separación al silo de almacenamiento. Las cintas transportadoras que salen desde la estación receptora van a tener una capacidad de aproximadamente 180 m³/h, bastante elevada, lo que es debido a que los intervalos de suministro son cortos.

3.3.3 Troceado o triturado

La madera sin tratar, o con un tamaño de partícula que no permita su alimentación directa a la caldera, se descargará una zona de troceado y triturado antes de transportarla al silo.

La proporción de material sin tratar dentro de los suministros totales de combustible es de un 60% con lo que se justifica la inversión en una línea trituradora.



Un tamaño de partículas de 100x100x300 mm es el adecuado para las características de la biomasa de salida después de la trituradora. El combustible suministrado en astillas deberá tener un tamaño similar con el fin de reducir al mínimo los costes de manipulación en la planta.

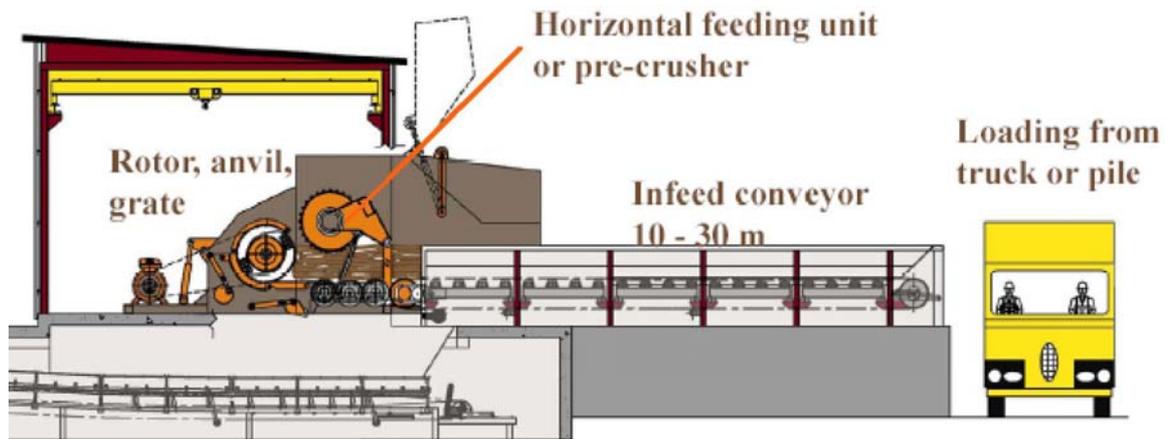


Figura 2. Instalación de recepción y triturado de biomasa sin triturar.

El triturador considerado, es de alimentación horizontal, y la línea contará con una mesa metálica de alimentación sobre la que se descargará la biomasa a triturar, la mesa dispondrá de unas cadenas de arrastre para alimentar la madera a la boca del triturador.

La entrada del triturador – y con idea de evitar averías en el rotor- , estará dotada de un detector de metales, que detendrá la mesa de alimentación, en caso de detectar alguno.

El triturador elegido, dispone de:

- un dispositivo de alimentación, formado por dos rotores dotados de martillos intercambiables, inferior y superior, que girando a baja velocidad (200 rpm), realizan un pretriturado de la biomasa.
- Un rotor principal, que gira a altas revoluciones (600 rpm), también dotado de martillos más finos, y que trituran la biomasa contra una reja que tiene la luz adecuada, para obtener la calidad de astilla requerida para alimentar la caldera.

La potencia instalada en estos equipos es elevada, estimándose en torno a 0,7 Mw.



Para minimizar las emisiones sonoras del equipo de trituración, será instalado en el interior de un edificio.

La capacidad de trituración se estima en torno a 30-50 t/h, según sea el material procesado.

3.3.4 Cribado

Todo el flujo de combustible se cribará, las partículas con exceso de tamaño se descargarán a la trituradora y las impurezas pasarán a un contenedor de desechos.

La finalidad del cribado es eliminar cualquier partícula inadecuada del combustible, como pueden ser, trozos de combustible de tamaño excesivo, arena, tierra y otras partículas que causan problemas en los equipos de manipulación de la biomasa y en la caldera.

3.3.5 Separación magnética

Si el biocombustible contiene metales magnéticos será necesario instalar un separador magnético.

En caso de que contenga aluminio u otros metales no magnéticos, se usará un separador adicional.



Fig 3. Disposición de elementos de separación de inertes.



3.4 ALMACENAMIENTO

Los suministros se descargarán con camión grúa o con palas cargadoras en la zona de almacenamiento. La madera sin tratar se recogerá de igual forma con palas para ser llevada a la trituradora antes de transportarla al almacenamiento de corta duración.

El combustible triturado y limpio se transportará a un Silo almacén, desde el que se alimentará la caldera.

Este Silo de almacenamiento de larga duración incrementa la fiabilidad de la alimentación de combustible a la caldera y asegura una capacidad de 7 días de suministro continuo a la caldera a su carga máxima (MCR).

Estará construido sobre una cimentación de hormigón, de sección en A y estará previsto de un transportador de banda reversible, situado en la parte superior central del silo y está conectado con la instalación de recepción y triturado de biomasa.



Fig.4. Vista interior de un silo de biomasa

Capacidad considerada para el silo:10.000 m³.

Longitud.80 m.

Anchura.25 m.

Altura.20 m.



Sistema de extracción.

El biocombustibles almacenado en el silo será extraído por dos tornillos viajeros, que se desplazan a lo largo del mismo y descargan la biomasa sobre uno de los dos transportadores de banda, situados en dos galerías situadas en los laterales del Silo, y en un plano inferior al del suelo del mismo.

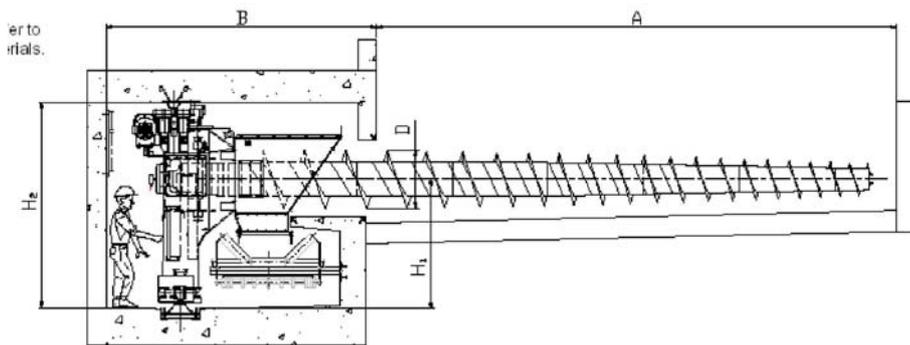


Fig.5.Reclamador en voladizo, tanto el apoyo, como la transmisión y la descarga están en el mismo lateral.

Se considera la instalación de dos reclamadores enfrentados, cada uno de los cuales cubre la mitad transversal del silo. Esto permite el uso de reclamadores de menor longitud.

Los tornillos estarán equipados con variadores de frecuencia para permitir regular el caudal de biomasa extraído, y adecuarlo a las necesidades puntuales. Se dimensionan, para que la caldera, pueda ser alimentada a pleno rendimiento (MCR), con un solo tornillo en funcionamiento.

Caudal nominal: 40-80 m³/h (cada uno)

Velocidad de rotación: 5 a 28 rpm.

Longitud útil: 10 m.

La planta dispondrá para cubrir averías en los sistemas de recepción, elevación y extracción, de una pala cargadora.



3.5 TRANSPORTE DEL COMBUSTIBLE

El combustible será transportado desde la zona de recepción y triturado, al punto en el que se realizará el proceso de cribado y separación magnética, de este al silo de almacenamiento temporal. El último tramo enviará el combustible desde el silo de almacenamiento a los silos diarios de la caldera. Un transportador adecuado será una cinta transportadora carenada. El silo dispondrá de una cinta que a lo largo de su eje y en la zona superior del mismo distribuirá la biomasa consumible a lo largo del silo.

- Ancho de banda: 1 m.
- Velocidad: 2 - 2,4 m/s.

CINTA C-1

Desde la recepción de biomasa consumible a zona de separación de sobretamaños, metales y piedras longitud entre ejes de 100m.

- Ancho de banda: 0,5 m.
- Desnivel: 9 m.
- Velocidad: 2 - 2,4 m/s.
- Altura de la astilla: 0,10 m.
- capacidad: 180 m³/h.

CINTA C-2

Cinta transversal que transporta desde la salida de la zona de separación de sobretamanños, hasta la descarga en la cinta de entrada al silo.

- Ancho de banda: 0,5 m.
- Desnivel: 10 m.
- Velocidad: 2 - 2,4 m/s.
- Altura de la astilla: 0,10 m.
- capacidad: 180 m³/h.



CINTA C-3

Recorre longitudinalmente el silo y mediante un tripper descarga en la zona del silo requerida.

- Ancho de banda: 0,5 m.
- Velocidad: 2 - 2,4 m/s.
- Altura de la astilla: 0,10 m.
- capacidad: 180 m³/h.

CINTA C-4

Desde el silo de almacenamiento, a los silos diarios de la caldera.

- Ancho de banda: 0,5 m.
- Desnivel: 15 m.
- Velocidad: 1-1-5 m/s.
- Altura de la astilla: 0,10 m.
- capacidad: 80 m³/h.

Características generales del producto

- Material a transportar: ASTILLAS DE MADERA.
- Densidad;0,28 t/m³
- Capacidad: 80- 180 m³/h
- Granulometría:50 a 200 mm

4 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO



4.1.1 Descripción de la tecnología de la caldera

Se instalará una caldera que consiste fundamentalmente en un sistema de combustión basado en un lecho fluido, este, debido a su alta capacidad térmica, permite mantener la combustión y amortiguar las variaciones ocasionadas por las diferentes características de los combustibles, humedad, granulometría, etc. La combustión en lecho fluido resulta beneficiosa, de cara a minimizar las emisiones, ya que favorece una combustión a temperatura moderada y más homogénea.

El combustible se alimenta por encima del lecho a través de conductos refrigerados por aire. El aire de combustión se introduce, como aire primario para fluidificar el lecho y dentro del hogar como aires secundario y terciario. Este diseño posibilita un buen control sobre la dosificación de los diferentes aires, lo que permite reducir las emisiones de NOx.

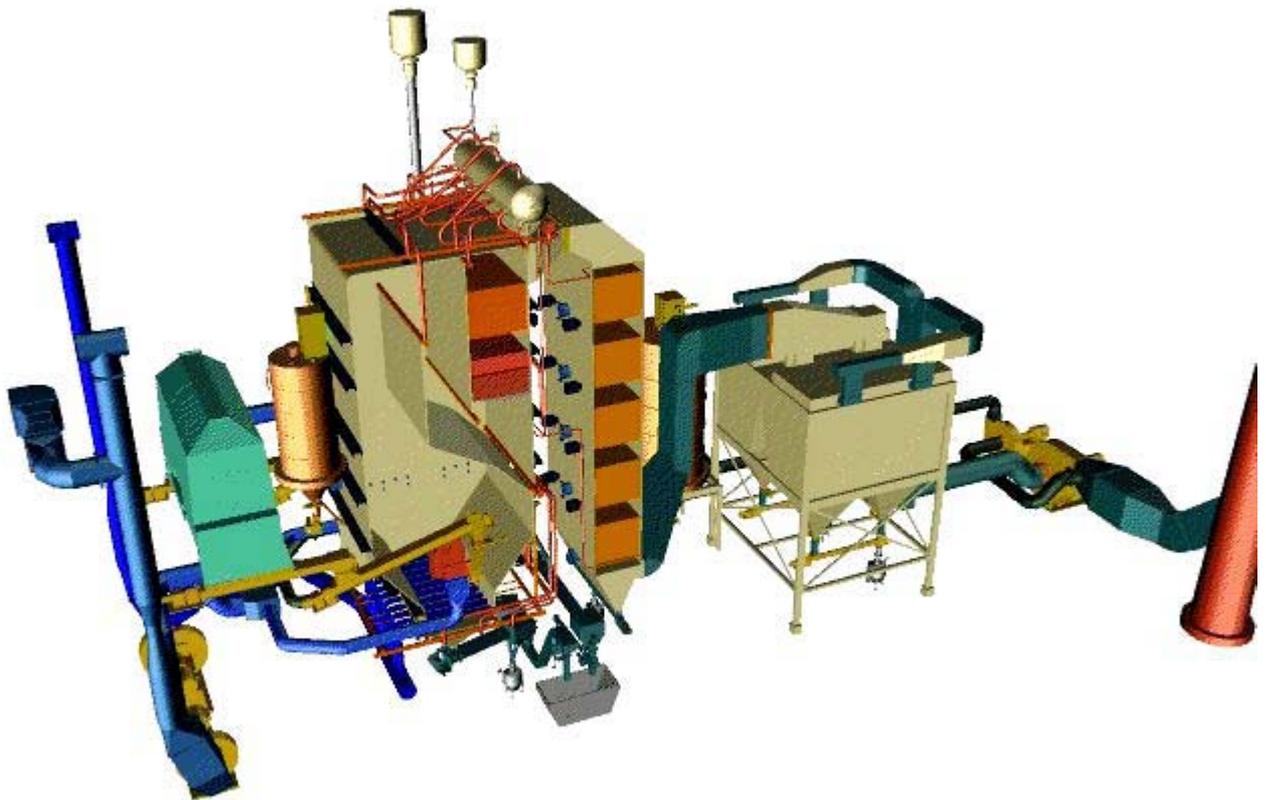


Fig.6 Esquema de caldera de lecho fluido

Los principales datos técnicos de la caldera son los siguientes:



Especificaciones de la caldera de vapor	
Carga de diseño	100%
Generacion de Vapor	55 t/h
Presión de vapor principal	60 bar
Presion de diseño	63,6 bar(a)
Presion para pruebas hidráulicas	95,4 bar(a)
Temp. vapor principal	450 °C
Temp. agua alimentacion	120 °C
Temp. Aire de combustión	150 °C
Exceso de aire	50 %
Combustible	Astilla de biomasa Forestal (100X100x30)
Humedad del combustible	35%
PCI combustible	14.500 Kj/kg
Caudal de combustible	12 t/h

4.1.1.1 Sistema de combustión de lecho fluido

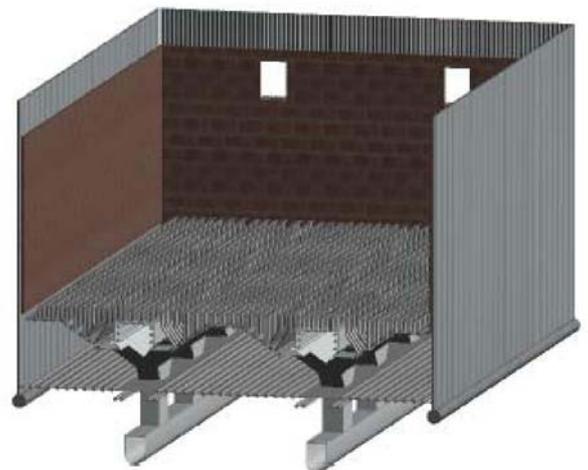
El sistema de la combustible consiste en dos silos de almacenamiento (silos de diario de la caldera), desde donde la biomasa es transportada hasta los conductos de alimentación por medio de transportadores. Los conductos de dosificación de combustible están equipados con válvulas rotativas, para proporcionar estanqueidad y evitar que el fuego se propague aguas arriba, también están refrigerados por aire.

El Lecho fluido se mantiene en suspensión por medio del “gas de fluidificación”, (aire primario y gases de combustión recirculados) que se soplan a través del propio lecho. El aire necesario para completar alcanzar el máximo rendimiento en la combustión, se aporta a través de toberas situadas en otros planos durante la operación de la caldera, y se conocen como aires secundario y terciario.

El aire de regulación de la combustión, el sistema de evacuación de cenizas, los ajustes, y todo el equipo auxiliar necesario están diseñados bajo criterios que permiten quemar el combustible eficientemente y con bajas emisiones.

El quemador del sistema de arranque de gasoil se encuentra situado en las paredes laterales de la cámara de combustión.

Las secciones del lecho, están diseñadas para permitir





la distribución uniforme del aire sobre todo el área de la parrilla y en todas las condiciones de combustión.

El lecho está diseñado especialmente para la combustión de biomasa y tiene en cuenta las variaciones de densidad, de humedad y de porcentaje de cenizas. Se fabrican de una aleación de cromo de la mejor calidad, con alta resistencia mecánica y resistente al calor, para reducir la tensión inicial a un mínimo.

Durante la operación, la altura del lecho se sitúa en torno a 0,8 m., y la temperaturas se mantienen en torno a 800-900 °C se puede actuar sobre la temperatura del lecho, si se incrementa la recirculación de gases de combustión, junto al aire primario, conseguiremos, reducir la temperatura. El planteamiento es reducir el contenido en oxígeno, lo que limita la combustión y reduce la temperatura del lecho.

En el lecho fluido las partículas de menor tamaño se queman de forma instantánea sobre el lecho, en tanto que las partículas de mayor tamaño, quedan confinadas en él, donde son secadas y gasificadas gradualmente. Los residuos carbonizados se acaban de quemar en el lecho, en tanto que los compuestos volátiles lo hacen sobre él.

Sistema de aire primario y secundario

El lecho fluido cuenta con un sistema completo de aire primario y secundario incluyendo los ventiladores, los motores y conductos. Los ventiladores tienen capacidad adecuada para suministrar la cantidad suficiente de aire para todas las condiciones de funcionamiento. Los ventiladores están dimensionados para asegurar más del 110 por ciento de los requisitos totales del aire de combustión, en condiciones de carga completa de la caldera, cuando se funciona a la cantidad prevista de exceso de aire en el horno.

Las compuertas necesarias para la modulación controlarán el volumen de aire primario y secundario enviado a la parrilla en respuesta a las señales del sistema de control de la combustión. Compuertas operadas manualmente con dispositivo de bloqueo serán instaladas en cada rama del conducto.

Los conductos de aire secundario estarán situados convenientemente en las paredes verticales del horno. El total de estos conductos de aire de exceso es capaz de suministrar el aire de exceso requerido por el horno funcionando a capacidad máxima y crear la turbulencia apropiada en el horno.



Sistema de gasoil para el arranque

Se instalarán quemadores de gasoil ligero para el arranque de la caldera. El generador de vapor está equipado con unos quemadores de arranque que queman fuel ligero (gasoil). La capacidad de los quemadores de apoyo es la carga mínima de la caldera. Las paredes de membrana en la parte inferior están equipadas con un revestimiento refractario.

4.1.2 Accesorios de la caldera

La caldera está equipada con diferentes sistemas de accesorios:

Ciclo de agua y vapor

Para la producción de vapor, la caldera cuenta con paredes tubo-membrana, que operan por circulación natural.

Los principales integrantes son:

- **El sistema de purga**, el agua de alimentación de la caldera contiene sólidos disueltos, procedentes de la propia agua y de los productos químicos para su tratamiento. Durante la evaporación la concentración total de sólidos disueltos (TDS) en la caldera aumenta. Si no se controlan, se producirá espuma en el espacio vapor. Que causan arrastres y la contaminación del vapor transportado por el sistema. Se dispondrá de una purga fondo que mediante la apertura de una válvula de gran paso producirá una descarga breve y súbita para eliminar eficientemente los depósitos. A su vez la caldera dispondrá de un sistema de control de (TDS) para evitar grandes pérdidas de agua y energía.
- **El sistema de agua de alimentación** consiste en el tanque de agua de alimentación, las bombas de agua de alimentación controladas por frecuencia, el desgasificador, el control de agua de alimentación y las válvulas de bypass. Desde el sistema de recogida del condensado, este se envía hasta el tanque.



El tanque de alimentación tiene como función, precalentar el agua, a la vez que eliminar los gases solubles previamente a alimentar la caldera. El tanque se dimensionará para alimentar la caldera durante 30 minutos a pleno rendimiento, y estará protegido por una válvula de seguridad.

Las bombas de agua de alimentación a la caldera, aspiran de este tanque, y presurizan el agua enviándola al economizador. El sistema estará dotado de dos bombas en paralelo, cada una de ellas con capacidad suficiente para alimentar la caldera a (MCR).

- **Economizador.** Constituye el primero de los cuerpos de presión de la caldera, estando localizado en el tercer paso de la Caldera. La función de este, es elevar la temperatura de agua de alimentación hasta las proximidades de la de saturación, con el margen suficiente para garantizar que no se produzca ebullición dentro del economizador en ninguna condición operativa. Las superficies exteriores del economizador cuentan con sopladores, para mantenerlas limpias.

Desde el economizador, el agua es enviada al calderín.

- **Calderín de vapor.** La función del calderín, es separar el agua del vapor y actuar como reserva de de agua saturada. El sistema de control de la caldera, cuenta con un lazo de control programado para mantener el nivel del calderín dentro de un intervalo reducido. Está protegido frente a sobrepresiones, mediante válvulas de seguridad. El agua proveniente del economizador, se distribuye uniformemente mediante una tubería de distribución.

El agua saturada abandona el calderín por la parte inferior del mismo, siendo conducida hasta la zona de evaporación por los “downcomers”.

Desde los colectores de salida de los evaporadores, la mezcla de vapor –agua, es conducida a un conjunto de separadores ciclónicos, donde el vapor es separado, (liberado de las gotas de agua que lo acompañan) y conducido al proceso de secado en unos intercambiadores tipo lamela. El agua separada, es conducida de nuevo al sistema de evaporación. Cuenta con sistema de purgas

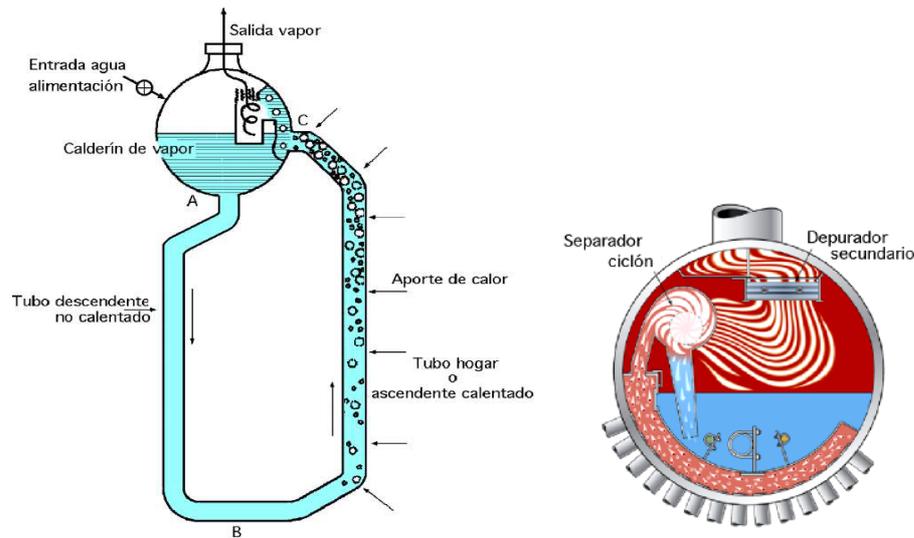


Fig7. Esquema calderín de vapor.

- **Superficies de evaporación.** El agua que baja por los “downcomers”, se distribuye entre los colectores que alimentan a los evaporadores.

Las superficies de evaporación comprenden, techo y paredes del hogar y el segundo paso, y la matriz de fluidización.

La Caldera es de circulación natural, el agua fluye impulsada debido a la diferencia de densidad entre el fluido de los tubos ascendentes y descendentes.

El hogar contará con aperturas en las paredes laterales, para la alimentación del combustible al hogar, así como para el soplado de aires secundario y terciario. Regular los caudales de aire optimizar la distribución del mismo, son las bases para minimizar el contenido de NO_x , en los gases de combustión, así como reducir al máximo las partículas inquemadas.

Los quemadores de arranque se disponen en las paredes frontal y trasera del hogar.

- **Sobrecalentadores.** La función de los sobrecalentadores, es calentar el vapor final hasta las condiciones de diseño.

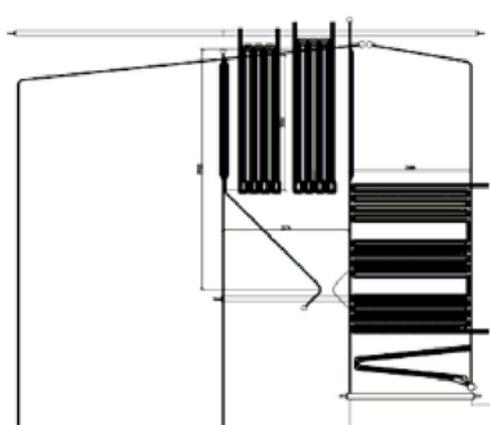


Fig. 8. Sobrecalentadores.

Los sobrecalentadores se dividen en tres secciones. Entre las diferentes secciones, se instalan los atemperadores de vapor. El objetivo es mantener la temperatura de diseño en todo el rango de trabajo entre el 60 y el 100% del MCR.

El **sobrecalentador secundario** (dos partes) es el primero al que se enfrentan los gases de combustión, y está dispuesto en co-corriente con los gases.

El **sobrecalentador terciario** se instala detrás del secundario, también en co-corriente con los gases.

El **sobrecalentador primario** consiste en varios bancos de tubos horizontales, y está instalado en el segundo pase de la caldera.

Al igual que los economizadores, los bancos de sobrecalentadores también cuentan con sistema de sopladores para reducir la acumulación de deposiciones sobre los bancos de tubos. Están equipados con válvula de despresurización después del sobrecalentador de mayor temperatura.

El vapor saliente de los sobrecalentadores es enviado al grupo de válvulas principal de la caldera, y de allí a la turbina de condensación.

- **Sistemas de muestreo de agua y vapor** para recoger y analizar muestras de todas las partes críticas del circuito agua – vapor.



- **Sistema de dosificación de productos químicos** para el agua de alimentación de la caldera, para conseguir, reducir las trazas de oxígeno que pueda quedar en el agua después del desgasificador y del tanque de agua de alimentación y mantener el pH deseado para el agua en la caldera.

Los químicos se aportan en el tanque de agua de alimentación. Y después del grupo de válvulas de agua.

- **Sistema de aires de combustión.** a los ya mencionados aires primarios y secundarios en el apartado de fluidización del lecho, hay que añadir aire terciario y aires de arranque de combustible y el sistema de precalentamiento de aire.

Aires secundario y terciario (“overfire air”), al igual que el primario, el aire de sobrecombustión, también se capta de la parte alta del edificio de la caldera y es impulsado a través del ventilador del aire secundario hacia los precalentadores, tras los cuales el caudal se divide entre los conductos del secundario y del terciario.

Un variador de frecuencia instalado en el ventilador del secundario, permite la regulación del caudal. El nivel de los conductos de aporte de aire secundario, se sitúan próximos al nivel de aporte de combustible, mientras que los del terciario están más arriba.

El aire secundario se utiliza para los quemadores de arranque y quemadores de carga.

Aire de aporte de combustible. Sirve tanto para refrigerar los conductos de aporte de biomasa, como para ayudar al desplazamiento del caudal hacia el hogar. Se abastecen de aire primario.

Precalentadores de aire. El sistema de calentamiento de gases, consta de precalentadores por gases y por vapor.

Los de gases constituyen la última superficie de intercambio (refrigeración) para los gases de combustión que abandonan la caldera, y reducen la temperatura de estos gases hasta la temperatura de chimenea (150-160°). Son intercambiadores de tubos, donde el aire primario circula dentro de los tubos. El precalentador para el aire primario trabaja con la función de ajustar a T^a del primario, en tanto que el precalentador del secundario tiene por función ajustar la temperatura final de los gases.

Los precalentadores de vapor, se usan para ajustar la temperatura final, tanto del primario como del secundario.



4.1.3 Tratamiento de gases de escape

La cantidad y las características de las cenizas volantes y de la distribución de partículas dependen del contenido de materia mineral en el combustible, del sistema de combustión y de las condiciones de funcionamiento de la caldera. La composición mineral del combustible y la cantidad de carbón en las cenizas volantes determinan la cantidad, resistividad y cohesión de las cenizas volantes.

Debido a la baja relación S/Cl en el horno se recomienda limpieza mediante filtro de mangas. Este proporcionará el mejor rendimiento en la reducción de emisiones hasta un nivel suficiente para satisfacer las normas que son de aplicación.

El sistema de depuración de los gases de escape consiste en:

- Conductos
- Ventiladores de gases de escape y gas de circulación
- Filtros de mangas
- Chimenea
- Sistema de medición de emisiones
- Recogida y almacenamiento de cenizas volantes y de fondo.

4.1.3.1 Sistema de cenizas

Las cenizas volantes y las cenizas del fondo se almacenarán en silos independientes. La capacidad mínima estimada del silo para cenizas del fondo será de 3 m³ y para el silo de cenizas volantes de 10 m³, con el fin de asegurar un funcionamiento continuo durante unos tres días a la carga nominal sin necesidad de descargar.



Las cenizas volantes se pueden descargar secas o humedecidas. La descarga en seco a camiones con tanque cerrado es el método más corriente.

Las cenizas se transportan fuera de la planta mediante camiones periódicamente durante los días laborables.

4.2 CONFIGURACIÓN DE LA PLANTA

La planta produce electricidad para fines comerciales para inyectar a la red local a plena capacidad, estando diseñada para una producción de electricidad eficaz y económica.

La planta de energía consiste en una caldera de lecho fluido que alimenta una turbina de condensación.

La caldera está equipada con sobrecalentadores y un economizador. La limpieza del gas de escape de la caldera se realiza mediante un filtro de mangas o un ESP (precipitador electrostático) para asegurar unos valores de emisión aceptables.

La turbina está equipada con una unidad condensadora principal y dos extracciones para el precalentamiento de agua de alimentación y para el desgasificador del tanque de agua de alimentación.

La potencia de refrigeración necesaria para el condensador de la turbina se logrará mediante una torre de refrigeración húmeda.

El agua de alimentación se bombea a la caldera mediante dos bombas de agua de alimentación de alta presión a través del precalentador de alta presión.

El agua bruta se bombea a través de un tanque a la planta de tratamiento del agua donde se produce agua tratada para proporcionar agua de aporte al sistema de agua de refrigeración y a la planta de desmineralización que produce agua de aporte a caldera para el ciclo de agua-vapor de la central.

La planta de generación incluye los siguientes componentes y sistemas principales:

- Caldera



- Depuración de gases y manipulación de cenizas volantes
- Planta de la turbina
- Resto de equipos de la planta
- Obras civiles y edificio de control
- Control e instrumentación
- Instalación eléctrica

4.3 TURBINA

La turbina de vapor se dimensionará para el flujo total de vapor procedente de la caldera de biomasa y una producción de 10 MWe en bornes del alternador.

La parte de condensación de la turbina de vapor se dimensionará para permitir el funcionamiento en pleno régimen de condensación, incrementando la producción de electricidad al máximo.

La planta de turbina de condensación de alta presión estará constituida por los siguientes elementos:

- Turbina de vapor
- Grupo generador
- Condensador principal
- Sistema de vacío
- Sistema de lubricación
- Sistema de protección

La turbina de condensación será de una etapa y estará equipada con dos extracciones para proporcionar vapor al desgasificador del tanque de agua de alimentación y al precalentador de agua de alimentación, además de contar con válvulas de control y corte independientes.

Antes de tomar una decisión final sobre la inversión, deberá estudiarse detalladamente la elección del tipo de turbina y del número de extracciones.



Dimensiones básicas:

Especificaciones de la turbina		
Potencia	kw	12200
Numero nominal de revoluciones	1/min	8625
Presión de vapor principal	bar_a	58
Temp. vapor principal	°C	450
Presion de vapor retirado	bar_a	4,5
Temp. De vapor retirado	°C	155
Preison de vapor de escape	bar_a	0,063
Temp. De vapor de escape	°C	37,1

4.3.1 Condensador

El condensador es un equipo donde el vapor de escape de la turbina es refrigerado por agua hasta su condensación. Con el fin de conseguir la máxima capacidad de producción de electricidad, el condensador trabajará con la mayor depresión posible para alcanzar el contenido máximo de agua permitido en el extremo de la turbina.

Las necesidades de potencia de refrigeración del condensador son de 36 MW.

4.3.2 Generador

La descripción del generador depende principalmente del tipo de conexión a la red que se precise, siendo el tipo estándar un generador síncrono de 50 Hz, trifásico de corriente alterna.

4.4 RESTO DE LA PLANTA

El resto de la planta incluye los equipos de la central situados fuera de la planta de la caldera y de la turbina.

4.4.1 Sistema de agua de aportación



El agua de aporte al proceso se desmineralizará en una planta de tratamiento a través de un proceso convencional de intercambio de iones con regeneración por ácido (HCl o H₂SO₄) y sosa cáustica (NaOH).

4.4.2 Sistema de refrigeración

4.4.2.1 Torre de refrigeración húmeda

Una torre de refrigeración húmeda es un diseño tradicional y es la alternativa más corriente y barata.

Las ventajas e inconvenientes de las torres de refrigeración húmedas son:

- Inversión reducida
- Demanda constante de agua de aportación, debido a las pérdidas por evaporación y a la purga continua que es necesaria para mantener suficientemente bajo el contenido mineral en el agua
- Formación de niebla

Las torres de refrigeración pueden estar basadas en tiro natural o estar equipadas con soplantes de aire.

El funcionamiento de la torre de refrigeración húmeda se basa por una parte en la transmisión de calor al aire por convección, y por otra parte en la evaporación del agua (aumento de la humedad del aire). Como consecuencia, la temperatura del agua de refrigeración que puede conseguirse mediante una torre de refrigeración húmeda no solamente es función de la temperatura ambiente sino también de la humedad del aire (aire con un 100 % de humedad). Por ejemplo, el aire a una temperatura de 30 °C con una humedad relativa del 65 % es equivalente al aire a 25 °C con una humedad relativa del 100 %.

Los principales motivos de las pérdidas de agua en el sistema de agua de refrigeración son los siguientes:

- Evaporación
- Pérdidas por impurezas sólidas



- Purga

La demanda de agua de aportación supone aproximadamente el 2,4 % de la cantidad total de agua que circula por el sistema.

Las pérdidas por impurezas sólidas en la torre se pueden controlar con un equipo especial de separación de gotitas.

La purga de agua es necesaria para mantener el contenido de minerales en el agua por debajo de un determinado nivel y para eliminar otras impurezas del sistema. La cantidad de purgas de agua varía de modo importante según la calidad del agua de aportación y del nivel de impurezas que se tolere en el sistema (materiales del intercambiador de calor y de las tuberías).

Además de la purga es necesario añadir determinados productos químicos al sistema para prevenir corrosión, etc

4.4.3 Tuberías

Las tuberías expuestas a altas temperaturas y/o presiones, siempre que no exista riesgo de contaminación del agua, serán de acero negro. En aquellas partes donde haya riesgo de corrosión, se utilizará acero inoxidable o antiácido. Todas las tuberías por las que circulen fluidos a alta temperatura estarán aisladas o protegidas para evitar lesiones y pérdidas de energía calorífica.

Los sistemas de tuberías incluyen todos los equipos de la tubería tales como válvulas, purgadores, drenajes, etc.

4.4.4 Sistema de aire a presión

La limpieza de los filtros de mangas requiere aire a presión. Se requiere también aire a presión para el funcionamiento del sistema neumático, en el caso de que las válvulas de regulación del sistema de tuberías sean neumáticas. Se puede utilizar aire a presión normal para la limpieza de los filtros, pero el sistema neumático requiere aire para instrumentos con un punto de rocío de -40°C .

4.5 SISTEMAS Y EQUIPOS ELÉCTRICOS



4.5.1 Criterios de diseño eléctricos

4.5.1.1 Generalidades

Se incluye en anexo un esquema unifilar general de la instalación eléctrica prevista para la planta. El esquema se basa en un alternador accionado mediante turbina de vapor que genera un total de 24,987 MVA a una tensión de 11 kV. Esta tensión se transformará a 132 kV mediante el transformador principal de 25 MVA para su conexión a la red de 132 kV de la compañía suministradora.

La energía generada alimentará los servicios auxiliares de la planta a través del transformador de servicios auxiliares y la energía restante se inyectará a la red mediante el transformador principal.

Desde el punto de vista eléctrico no se ha previsto ningún tipo de redundancia en las alimentaciones, por disponer de una única línea de conexión y de evacuación, sin embargo desde el punto de vista de seguridad de equipos se dispondrá del correspondiente sistema de tensiones seguras para llevar al equipo a una parada segura en caso de fallo o emergencia.

Los equipos relacionados con los sistemas de seguridad, supervisión y operación hasta parada segura se alimentarán desde el sistema de corriente continua, o sistema de alimentación ininterrumpida.

Los equipos auxiliares de la instalación serán alimentados en BT a través del correspondiente centro de distribución de BT y CCM a 400 V mediante el transformador de servicios auxiliares que transformará la tensión desde 11 kV a 400 V (solo está prevista la alimentación a 11 kV del transformador de servicios auxiliares en BT para la alimentación de estos equipos).

4.5.1.2 Niveles de tensión en la planta

Los consumidores eléctricos de la Central se alimentaran de los siguientes sistemas y niveles de tensión.



CONSUMIDOR	Tensión	Fases
Motores con potencias nominales hasta 200 kW y menores	400 V	3F
Tomas para soldadura	400 V	3F + T
Tomas para herramientas portátiles	230 V	1F + N + T
Tomas de seguridad	24 Vca	2F + T
Distribución de alumbrado	400/230 V	3F + N
Aparatos de alumbrado normal y Aparatos alumbrado de emergencia	230 V	1F + N + T
Alimentación a motores de CC	24 Vcc	2F ±
Resistencia calefactores	230 V	1F + N
Tensión de mando para: - Centro de Control de Motores CCM. - Cuadros de MT - Cuadros de distribución de MT	110 Vca (interna) 24 Vcc 24 Vcc	2F 2F ± 2F ±
Alimentación a los servicios de instrumentación: - Actuadores motorizados de válvulas - Válvulas solenoides	400 V 24 Vcc	3F+T 2F ±
Grupo auxiliar	400 V	3F + N

Las variaciones máximas de tensión de diseño de los equipos alimentados en corriente continua serán del +12 y el -20 %

Para los equipos alimentados en corriente alterna, las variaciones máximas de tensión serán del ± 5 % en cualquier modo de funcionamiento, salvo en bornes de motores en los cuales se aceptarán caídas del 20% durante el arranque.

4.5.1.3 Normativa



En cuanto a los sistemas y equipos eléctricos, será de aplicación la última edición de los siguientes Reglamentos, Normas y Recomendaciones:

- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión (España).
- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- Normas UNE (España).
- Comité Europeo para Normalización Electrotécnica (CENELEC).
- Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).
- Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres y Peligrosas.
- Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales.
- Prácticas de pruebas eléctricas y verificación de material y equipo eléctrico.

En los Reglamentos se considerarán también las Instrucciones Técnicas Complementarias y las Hojas de Interpretación correspondientes.

Los equipos en áreas clasificadas cumplirán normativa ATEX.

4.5.1.4 Protecciones

4.5.1.4.1 Consideraciones Generales

Se instalarán las protecciones eléctricas necesarias para asegurar la fiabilidad de la planta y la seguridad del personal.

Las protecciones actuarán, garantizando la desconexión del interruptor general de red, en caso de una falta en la red o en la instalación y siempre el dispositivo más cercano al punto en que se produzca.

En la estructura del sistema de protecciones se distinguirán:

- Protecciones de alternador.
- Protecciones del transformador principal.
- Protecciones de los sistemas auxiliares.



4.5.1.4.2 Protecciones de alternador y transformador de unidad

Se preverán los siguientes relés de protección para proteger el generador:

- 12 Dispositivo de embalamiento (en el equipo de regulación de la turbina).
- 26 Dispositivo térmico
- 27 Relé de mínima tensión
- 32 Relé direccional de potencia
- 46 Relé de intensidad para inversión o secuencia de fases.
- 50 Relé instantáneo de sobreintensidad
- 51 Relé instantáneo de sobreintensidad de tiempo inverso.
- 59 Relé de sobretensión de CA
- 64G Relé de faltas a tierra del generador
- 78 Relé fallo o salto de vector
- 81 Relé de máxima y mínima frecuencia
- 87 Relé de protección de corriente diferencial.

4.5.1.4.3 Protección del transformador de unidad y conexión a red

Las funciones mínimas a incorporar serán las siguientes:

- Sobreintensidad de fases y a tierra.
- Imagen térmica.
- Sobrepresión.
- Temperatura.

Según estos criterios y teniendo en cuenta que el transformador principal es de una potencia de 25 MVA se han previsto las siguientes protecciones:

- 26 Dispositivo térmico.
- 49 Relé de imagen térmica
- 50 Relé instantáneo de sobreintensidad.
- 51 Relé instantáneo de sobreintensidad de tiempo inverso.
- 50N Relé instantáneo de sobreintensidad fallos a tierra.
- 51N Relé instantáneo de sobreintensidad de tiempo inverso fallos a tierra.



- 63 Relé de presión nivel o circulación de líquido o gas.

Igualmente con el interruptor de línea asociado al interruptor general del transformador principal están asociados los siguientes relés de línea:

- 27TD Relé de mínima tensión de CA temporizado
- 59 Relé de sobretensión de CA
- 64L Relé de faltas a tierra de línea.
- 81 Relé de mínima y máxima frecuencia.
- 71 Válvula de sobrepresión.

4.5.1.4.4 Protecciones del transformador de alimentación de auxiliares

Para el transformador que alimenta al sistema de auxiliares de baja tensión se han previsto los siguientes relés de protección:

- 26 Detectores de temperatura.
- 50 Relé instantáneo de sobreintensidad.
- 51 Relé instantáneo de sobreintensidad de tiempo inverso.
- 51G Relé instantáneo de sobreintensidad de tiempo inverso fallos a tierra.

4.5.1.4.5 Protecciones del sistema de auxiliares en baja tensión

En las instalaciones de baja tensión se emplearán los siguientes sistemas de protección instalados en los centros de distribución de BT y CCM:

- *Acometida*: interruptor automático fijo, con unidades de protección electrónica con funciones regulables de sobrecarga, cortocircuitos y defectos a tierra.
- *Salidas a motores menores de 75 kW*: protección magnética y térmica con contactor, y para los motores de potencias superiores a 25 kW hasta 75 kW, se incorporará protección de falta a tierra.



- *Salidas a motores entre 75 y 200 kW:* interruptores automáticos sobre bastidor con protección electrónica regulable de sobrecarga, cortocircuito y falta a tierra.
- *Salidas a cuadros y centros de control de motores:* interruptores automáticos fijos de caja moldeada con regulador o bloque de protección intercambiable. La selección entre estos tipos de interruptores se realizará en función de la intensidad nominal del circuito a proteger.
- Salidas de alumbrado y tomas de corriente: protección magnetotérmica en cada circuito y diferencial por grupos de circuitos (excepto las tomas de corriente industriales de 32 y 63 A, que no llevarán protección diferencial).

4.5.1.5 Sistema de puesta a tierra

El sistema de neutro de generación de 11 kV está puesto a tierra a través de una resistencia limitadora de modo que la falta monofásica se limite a un valor de 10 A. El tiempo de dimensionamiento de la resistencia será de 10 segundos.

El neutro del transformador para alimentación del centro de distribución de BT que alimenta a los equipos auxiliares está puesto directamente a tierra.

La protección eléctrica asegurará que la puesta a tierra, tanto para protección del personal como para los equipos, esté de acuerdo con los siguientes reglamentos y normas:

- Instrucciones Técnicas Complementarias (MIE-RAT-13) del Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión.
- IEEE 665 – Standard for Generating Station Grounding.
- IEEE STD.80-Guide for safety in Alternating Current Substation Grounding.

En función del análisis de riesgo de descargas que se realice, se diseñará el sistema de protección contra descargas atmosféricas compuesto principalmente por mallas captadoras y el entramado equipotencial de las estructuras según IEC 1024 y VDE 0185.



4.5.2 Configuración de los sistemas eléctricos

En el diagrama unifilar adjunto se recoge la configuración preliminar prevista para la Planta y se muestran los diferentes componentes y sistemas eléctricos.

La instalación eléctrica incluye los siguientes sistemas:

SISTEMAS ELÉCTRICOS

- SISTEMA de 132 kV
- SISTEMA Transformador principal 132/11 kV
- SISTEMA de media tensión 11 kV
- SISTEMA de auxiliares BT
- SISTEMA transformador auxiliares de BT
- SISTEMA de CC y tensión segura
- SISTEMA Generación
- Generador
- Excitación

Sistema de 132 kV

Formado por un conjunto de celdas de salida a la red de la compañía suministradora.

- Celda de llegada para la conexión de la línea de 132 kV provista de los correspondientes aisladores testigos y seccionador de p.a.t para la línea de llegada, así como seccionador de línea de 132 kV.
- Celda de interruptor, provista del correspondiente interruptor automático de con los correspondientes relés de protección del transformador y línea de salida. El interruptor automático de esta celda también podrá utilizarse como acoplamiento a red en aquellas ocasiones que por cualquier circunstancia la unidad haya quedado en isla, de esta forma se evita el tener que realizar un paro total del sistema de generación.
- Celda de llegada desde transformador principal provista de los correspondientes aisladores testigos, seccionador de p.a.t. y transformadores de medida



- Medida fiscal de generación, armario independiente que contendrá todos los contadores y registradores de energía activa y reactiva. Estos contadores serán bidireccionales para poder medir y registrar tanto la energía importada y exportada en los ciclos de parada de la turbina.

Transformador principal

Utilizado para adecuar la tensión del generador de 11 kV a la tensión de la línea de salida de 132 kV.

Las características principales del mismo serán:

- Potencia (kVA) 25.000
- Tensión primaria (V) 132.000
- Tensión secundaria (V) 11.000
- Conexión Y-conn
- Frecuencia (Hz) 50

Normas UNE EN 60076

Sistema de media tensión de 11 kV

Red de generación formada básicamente por las siguientes celdas:

- Celda entrada de 11 kV o llegada del generador provista de los correspondientes aisladores testigos, transformadores de medida y seccionador de p.a.t. de la salida o barras del generador.
- Celda de interruptor, provista del correspondiente interruptor automático de corte con el correspondiente seccionador de p.a.t. El interruptor automático de esta celda además de protección y aislamiento del generador y barras de 11 kV es utilizado como acoplamiento a red de 11 kV cuando esté conectado el interruptor de la línea de 132 kV.



- Celda de salida al transformador principal provisto de las correspondientes aisladores testigos transformadores de medida y protección de la generación y seccionador de p.a.t de la línea de salida o barras de 11 kV
- Celda de salida al transformador de auxiliares provista de los correspondientes aisladores testigos, seccionador-ruptofusible equipado con el correspondiente seccionador de p.a.t.

Sistema auxiliar de MT para alimentaciones auxiliares.

Este sistema estará compuesto por un transformador reductor de tensión 11/0,4 kV encargado de alimentar al Centro de distribución de BT y CCM desde donde serán alimentados todos los consumos auxiliares y sistemas de la planta. El sistema de distribución eléctrica auxiliar de c.a. de la Planta de Biomasa, podrá ser alimentado en operación normal indistintamente por la red general de 132 kV en la fase de parada o arranque del Grupo, o por el propio alternador.

Las alimentaciones necesarias para todos los equipos de la planta y motores de BT de agua de alimentación general de la central, se suministrarán desde los sistemas auxiliares de BT de la planta de Biomasa.

Serán alimentados también desde este cuadro de la planta los equipos para servicios de tensión segura (C.C. y SAI) de planta, el alumbrado general, servicios contra incendios, aire acondicionado y resto de equipos auxiliares.

Sistema de Generación

Compuesto por un alternador síncrono de 11 kV 24,987 MVA acoplado a la turbina de vapor a través del reductor correspondiente. Para la protección del generador en posibles descargas a tierra el neutro del mismo será puesto a tierra a través de la cabina de neutro.

El generador será del tipo síncrono trifásico con tensión de generación en 11 kV. A continuación se resumen las características principales del mismo:

• Tensión de generación	. 11 kV \pm 10%
• Potencia aparente	24,987 MVA a 45° C



• Factor de potencia	0,8
• Frecuencia	50 Hz
• Regulador coseno φ y tensión	Si
• Corriente	1311 A
• Momento de Inercia	1570 kg*m ²

Celda del neutro del alternador. En esta celda se dispondrá de una resistencia para limitar el valor de la corriente de descarga en los casos en los que, por cualquier accidente, se ponga a tierra alguna de las fases del generador. El sistema de neutro de generación de 11 kV está puesto a tierra a través de una resistencia limitadora de modo que la falta monofásica se limite a un valor de 10 A. La resistencia tendrá un tiempo de dimensionamiento de 10 segundos. Se dispondrá además del correspondiente transformador de intensidad TI y relé de protección de faltas a tierra del generador.

Celda de medida y protección del alternador. Se instalarán en esta celda los correspondientes transformadores de tensión TT's (3) y de intensidad TI's (3) que en combinación con los 3 TI's instalados sobre el propio alternador y con los correspondientes relés de protección mencionados en el apartado 1.2.1.5.2 Protecciones, se utilizarán para las medidas de protección, sincronización del alternador a la red y medida de energía.

Grupo electrógeno

En el caso de la falta total de suministro de energía eléctrica a la Planta de Biomasa como consecuencia de una avería, bien en la red general o bien en la propia planta, será previsto un suministro de energía de emergencia el cual se realizará desde un grupo electrógeno, el sistema de corriente continua y un sistema de alimentación ininterrumpida para los sistemas de control.

Grupo electrógeno auxiliar. Se conectará un grupo electrógeno diesel de potencia estimada 1000 kVA y 400 V c.a. para alimentar cargas esenciales, el cual podrá conectarse al Centro de distribución de BT y CCM. Se prevé por tanto una conexión para el mismo que estará enclavada con la alimentación normal del Centro de distribución de BT y CCM a través del transformador auxiliar de servicios de BT.



Sistemas de corriente continua. Las cargas críticas que no puedan verse sometidas a fallo alguno del suministro eléctrico serán alimentadas por el sistema de corriente continua que, básicamente, se compondrá de

:

- La batería de 24 Vcc, que suministrará tensión de corriente continúa a los paneles de distribución.
- Los cargadores de batería que, alimentados a 400 Vca desde el Centro de distribución de BT y CCM de BT, suministrarán tensión a las baterías y a los paneles de distribución.
- Los inversores que, alimentados en c.a. desde el Centro de distribución de BT y CCM de BT o en c.c. desde los cuadros de distribución de 24 Vcc, suministrarán tensión de 230 Vca a los equipos
- de supervisión, servidores y equipos de medida fiscal.

Sistema de alimentación ininterrumpida.

Se emplearán sistemas de alimentación ininterrumpida a través de inversor para aquellos componentes que no puedan alimentarse en corriente continua. Dicho inversor será alimentado desde el Armario de distribución de BT de distribución de continua anterior.

4.6 LÍNEA DE INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA

La Central se conectará al Sistema Eléctrico a través de la subestación eléctrica del polígono , así la conexión se hará a la línea de dicha subestación de 132 kV propiedad de la compañía distribuidora.

4.7 INSTRUMENTACIÓN

4.7.1 Criterios generales de diseño de instrumentación

4.7.1.1 Grado de protección y clasificación



Los instrumentos y accesorios serán resistentes a la corrosión ambiental. El grado de protección mínimo para los instrumentos y accesorios situados en el interior de edificios será de IP54 de acuerdo a IEC529, y para los situados en intemperie será de IP55.

Los instrumentos y accesorios situados en áreas clasificadas con riesgo de explosión cumplirán con los requisitos de las normas UNE y las prácticas recomendadas por ISA. El modo de protección para áreas peligrosas será la seguridad intrínseca. Los instrumentos y accesorios estarán certificados según ATEX.

4.7.1.2 Normativa

Los instrumentos y equipos a presión deberán cumplir con la Directiva Europea para equipos a presión 97/23/EC.

Los instrumentos llevarán el marcado CE y cumplirán con las directivas europeas sobre compatibilidad electromagnética EN 50081-1 y EN 50082-2.

También será de aplicación la normativa ATEX.

4.7.1.3 Unidades

Se utilizarán las unidades del sistema internacional de pesas y medidas (SI), excepto en la presión que podrá ser en bares (bar) y temperatura en grados centígrados (°C).

4.7.1.4 Conexiones a proceso

La conexión a proceso se realizara de acuerdo con los párrafos aplicables de la norma ANSI 31.1.

Se considerará que el fluido es de alta presión si supera cualquiera de los valores de presión de 62 bares o temperaturas de 427°C.

Como norma general toda la instrumentación de campo se conectará a proceso a través de las correspondientes válvulas manuales de aislamiento que cumplirán los mismos requerimientos y especificaciones que el proceso principal y serán dobles para los procesos considerados de alta presión.



En el caso de la instrumentación de temperatura se instalarán termopozos soldados a la tubería o equipos, salvo en tuberías o equipos de poliéster o similar que serán bridados.

Los tamaños de conexión a proceso serán:

- Presión, presión diferencial y caudal: $\frac{3}{4}$ " en alta presión; $\frac{1}{2}$ " en baja presión.
- Temperatura: $1 \frac{1}{2}$ " en alta presión; 1" en baja presión
- Nivel: 2" para transmisores; 1" para interruptores; $\frac{3}{4}$ " para indicadores; 2" para stand-pipe.

Otros instrumentos insertados en el proceso seguirán las instrucciones del fabricante.

4.7.1.5 Señales eléctricas

La señal analógica normalizada será de 4-20 mA, en corriente continua.

Las señales digitales provendrán de contactos libres de potencial.

Las alimentaciones a electroválvulas serán a 230 Vca de alimentación segura a través de un relé auxiliar.

4.7.1.6 Redundancia

No está prevista instrumentación redundante salvo en aquellos puntos donde existan equipos duplicados por requerimientos de proceso o seguridades.

4.7.2 Instrumentos

Los instrumentos serán acordes a las condiciones de servicio a que se verán sometidos.

Los materiales de las partes en contacto con el fluido serán compatibles con el mismo. Se utilizará el acero inoxidable salvo que esté contraindicado por la naturaleza del fluido.

A continuación se indican los diferentes tipos de instrumentos previstos en la planta:

- Indicadores locales
- Interruptores



- Transmisores
- Instrumentos de presión y presión diferencia.
 - Interruptores de presión y presión diferencial.
 - Manómetros y manómetros diferenciales.
 - Transmisores de presión y presión diferencial.
- Instrumentos de temperatura
 - Termopozos
 - Termorresistencias.
 - Termopares
 - Termómetros
 - Termostatos
 - Transmisores de temperatura
- Instrumentos de caudal
- Instrumentos de nivel
 - Indicadores de nivel
 - Interruptores de nivel.
 - Transmisores de nivel
- Válvulas de control
- Válvula de regulación
- Válvulas todo-nada
- Actuadores eléctricos

4.7.3 Instalación

Los instrumentos y válvulas de control serán accesibles para mantenimiento desde suelo, plataforma ó escalera permanente instalándose a una altura de 1,4 m. sobre suelo o plataforma, siempre que sea posible.

Las líneas de impulso tendrán una pendiente continuada superior al 5%, ascendente o descendente y con válvula de venteo o drenaje según se trate de gases o líquidos.

La indicación de la posición de las válvulas de control será fácilmente visible. Los instrumentos se instalarán en zonas de riesgo limitado de fugas, roturas y de acceso fácil.



Las conexiones de los instrumentos a proceso se realizarán con tubing de acero inoxidable material AISI 316 y serán lo más cortas posibles.

El cableado de señales se realizará por pares independientes sin utilización de comunes. El cable de señales de instrumentación será apantallado de una sección mínima de 0,5 mm² en multipares y de 1,5 mm² en cables individuales, mientras que el cable para alimentaciones será de 2,5mm² de sección mínima.

4.8 SISTEMAS DE CONTROL

4.8.1 Descripción general

Se entiende por Sistema de Control el conjunto de equipos, programas, cableado y redes de comunicación que constituyen el interfase hombre-máquina, el control de operación, supervisión y seguridad de la planta, incluyendo la integración de las islas de control u otros controladores permitiendo la operación de la planta desde una sala de control central.

Para la realización del control de toda la instalación se preverá un Sistema de Control de Planta en adelante SCP basado en un sistema distribuido de PLC's que controlarán de forma independiente las diferentes instalaciones o islas que componen la instalación de la Central.

Las diferentes islas de control previstas para cada una de estas instalaciones son:

- Un PLC para realizar el control de la caldera de biomasa, alimentación de biomasa y extracción de cenizas.
- Un PLC para realizar el control de la turbina de vapor y Generador
- Un PLC para realizar el control de la planta de tratamiento de agua (PTA)
- Un PLC para realizar el control del resto de equipos auxiliares o comunes que compone la instalación o BOP

Los PLCs de cada una de las instalaciones o islas de control estarán comunicados entre sí y con un sistema SCADA a través de una red ethernet de comunicaciones.



El SCP dispondrá de un PC de operación y supervisión, un PC como estación de ingeniería, una impresora de color para informes y gráficos, y otra impresora matricial para registro de eventos.

4.8.1.1 Sistema de control de la caldera de biomasa

El sistema de control de la biomasa estará compuesto por un armario de control en el que irá instalado un PLC, que será el encargado de realizar todos los enclavamientos y controles de la caldera así como los lazos de regulación correspondientes al control de nivel del calderín. Dentro de este PLC también irán incluidos los enclavamientos y sistemas de control del transporte y manejo de cenizas así como la alimentación de la biomasa a la caldera desde el parque de almacenamiento. Con el fin de poder visualizar todos los eventos de la caldera, se dispondrá de un panel de operador situado en el frente del armario de control de la misma desde el que podrá ser operada y se visualizarán todas las variables de la caldera.

Este PLC será comunicado vía ethernet con el SCADA general de la planta a efectos de mando, visualización y registro de tendencias de los diferentes lazos o variables de la caldera.

4.8.1.2 Sistema de control de la turbina de vapor y generador.

El sistema de control de la TV y generador estará compuesto por un armario de control en el que irá instalado un PLC, que se encargará de realizar todos los enclavamientos y controles de la TV así como los lazos de regulación correspondientes al control de revoluciones de la TV.

Dentro de este PLC también se incluirá el registro y señalización de los sistemas de protección y control de la excitación del generador así como el control y ordenes de sincronización a la red.

Para poder visualizar todos los eventos de la TV y generador, en el frente del armario de control de la TV se dispondrá de un panel de operador desde el que podrá ser operada y visualizadas todas las variables de la TV y generador.

Este PLC será comunicado vía ethernet con el SCADA general de la planta a efectos de mando, visualización y registro de tendencias de los diferentes lazos o variables de la turbina y generador.

Igualmente este armario de control dispondrá de los correspondientes equipos de medida para control y visualización de las variables eléctricas de la red y del generador así como los correspondientes registradores de las potencias de energía activa y reactiva suministradas por el generador.



4.8.2 Criterios de diseño del Sistema de Control de Planta (SCP)

El diseño de toda la planta y por tanto del Sistema SCP seguirá los siguientes criterios básicos:

4.8.2.1 Seguridad

El diseño del sistema de control será de modo que asegure:

- la seguridad de las personas.
- la seguridad de los equipos.
- la seguridad del medio ambiente.

4.8.2.2 Disponibilidad y fiabilidad

El sistema de control, tanto el hardware como el software, estará particionado en bloques de control asociados a sistemas o grupos de sistemas definidos con criterios lógicos de acotación, al objeto de reducir la probabilidad de fallos, minimizar el impacto de los mismos y facilitar el mantenimiento.

Las funciones de supervisión, regulación y protección se distribuirán entre los distintos niveles del sistema de control con criterios de seguridad y fiabilidad, asegurando que la velocidad y fiabilidad de transmisión y procesamiento son adecuadas a la función.

El SCP se diseñará de forma que el fallo en un componente del SCP no deberá provocar desperfectos en equipos de la planta y por tanto la lógica de control deberá ser capaz de parar la planta de una forma segura. El sistema de control estará diseñado en base a la siguiente configuración:

- Controlador (CPU)
- Bus de comunicación
- Fuente de alimentación

El criterio de posición de fallo preferido para el sistema de control es llevar el proceso a situación segura, advirtiendo del fallo al operador y habilitando mecanismos de restablecimiento suave como, dispositivos autotracking y reposición manual. De esta manera se evita que la instalación llegue a una situación de riesgo para el personal, medio ambiente o los equipos.



Los distintos equipos que forman el sistema de control, se instalarán en salas que dispondrán de equipos que mantendrán las condiciones ambientales en valores de 20°C a 24°C y de 45 a 55% de humedad relativa. En el caso de un fallo del sistema de climatización de la sala, el sistema de control será capaz de seguir operando normalmente durante al menos 1 hora.

El sistema de control será diseñado para cumplir la directiva 89/0336/EEC sobre compatibilidad electromagnética. En general, todos los dispositivos eléctricos o electrónicos del sistema de control deberán producir interferencias electromagnéticas por debajo de los límites establecidos en la directiva 89/0336/EEC y ser inmunes ante descargas electrostáticas, señales de radio frecuencia, transitorios eléctricos y campos magnéticos producidos por transformadores o líneas eléctricas según se establece en la norma IEC 61000.

El SCP podrá ser modificado de manera on-line desde la estación de ingeniería ya sea en cuanto a la configuración hardware como en la aplicación de control del mismo sin causar ninguna interferencia o interrupción en el control de la instalación. Todas las memorias del sistema deberán ser del tipo no volátil.

El sistema de control dispondrá de un interfaz de operador que facilite la función de control y supervisión de la planta. Este interfaz será homogéneo para el conjunto de pantallas en las que se represente el estado de la instalación.

Todos los equipos del sistema de control recuperarán toda su funcionalidad y operación tras recuperar la alimentación eléctrica al mismo, tras un fallo, sin necesidad de la intervención manual del operador de planta.

El reparto de las funciones de control en los equipos del sistema de control se hará atendiendo a que procesos asociados de la instalación sean controlados por el mismo controlador. El fallo de uno de los procesadores o incluso de los dos, principal y redundante, no deberá provocar la pérdida de control sobre otras partes de la instalación gobernados por otro controlador. El fallo de los controladores o de cualquier dispositivo esclavo de los mismos deberá generar una alarma y provocar la transferencia al sistema de backup. En el caso de un fallo en una tarjeta de entradas/salidas se provocará la transferencia del control a manual.

El sistema de control estará diseñado para soportar las condiciones ambientales límites de diseño, preferiblemente con elementos pasivos como circulación natural de aire.



4.8.2.3 Integración

El sistema de control constituirá una entidad única, integrada, coherente y bien coordinada.

Los PLC's proporcionarán la automatización completa del sistema o sistemas a que están dedicadas con independencia de los otros PLC's, salvo en lo que respecta a posibles enclavamientos mutuos impuestos por el control coordinado de planta.

El control de la planta en todos sus modos de operación se centralizará en la sala de control con las únicas excepciones de posibles puntos de parada de emergencia exterior.

El sistema de control distribuido procesará todas las señales de la planta y las ofrecerá en una red accesible desde los terminales de operación y desde aquellos otros que se establezcan para gestión de explotación.

La arquitectura del SCP será distribuida por la instalación con el fin de minimizar el cableado.

4.8.2.4 Tecnología

El sistema de control estará basado en tecnología digital programada, construida a partir de microprocesadores de alta capacidad.

El diseño del sistema de control estará concebido para facilitar al máximo su migración hacia tecnologías futuras que pudieran desplazar a la inicial.

El sistema de control estará basado en tecnologías abiertas de software, arquitectura y comunicaciones. No se admitirá el uso de protocolos propietarios salvo que se justifique en términos de una mejora evidente para el sistema.

El sistema de control tendrá un diseño modular, además de abierto, para facilitar su operación, mantenimiento y la eventual sustitución de una parte significativa del mismo.

Cumplirá los requisitos de compatibilidad electromagnética según la Norma 89/336 IEC en vigor.

4.8.2.5 Automatización



La filosofía de automatización estará bien definida y estructurada, estableciendo los requisitos de intervención del operador con un criterio claro de jerarquía, esto es, a mayor importancia para la seguridad y disponibilidad, mayor atención del operador.

Existirá una unidad de coordinación, que asegure la operación coordinada de los distintos sistemas de la planta en las diferentes secuencias operativas previstas. Esta unidad, entre otras cosas, controlará el arranque coordinado de turbina de vapor y ciclo de agua-vapor; abarcando, desde parada, arranque, aceleración, sincronización y toma de carga.

Los sistemas auxiliares automatizados que puedan operarse, bien como esclavos de la unidad de coordinación de planta, bien independientemente, dispondrán asimismo de unidades de coordinación de jerarquía inferior.

La jerarquía de control inferior se dividirá en control de equipo, control de grupo y control de sistema.

Para que el nivel superior de jerarquía tenga el control sobre el inferior, éste debe de estar en automático. Los enclavamientos de cualquier nivel prevalecerán sobre el estado de los niveles de control.

El control de equipo será el responsable del funcionamiento seguro del equipo y sus auxiliares, verificando todos los enclavamientos (mecánicos, eléctricos o de nivel superior), los permisivos y las órdenes tanto locales manuales como automáticas de nivel superior.

El control de grupo será el responsable de la coordinación de los equipos que forman un grupo.

Este control arrancará los equipos de reserva ante el disparo del principal. Este control únicamente disparará el grupo por causas comunes o por enclavamientos de nivel superior.

El control de sistema coordinará el funcionamiento secuencial, o dentro de los parámetros establecidos, de los grupos y equipos que componen el sistema. Este control se encargará de las secuencias principales de arranque, paro y disparo generales. Este nivel además, dará al menos una señal de disponibilidad, alarma general y aceptará las órdenes de arranque y paro desde el SCP.



4.8.2.6 Operabilidad

El sistema de control dispondrá de medios de prueba integrados que permitan la simulación o forzamiento de señales y verificación de funciones sin necesidad de equipos adicionales o alteraciones temporales como puentes, conexiones provisionales, etc.

El sistema de control permitirá la prueba de funciones y calibración de señales con la planta a potencia, sin interferencia de dichas pruebas en el normal funcionamiento de la misma.

4.8.2.7 Requisitos de diseño para las tarjetas electrónicas

Como requisito general, todas las tarjetas electrónicas deberán tener la posibilidad de conexión y desconexión en caliente, es decir, se podrá extraer cualquier tipo de tarjeta sin que ninguna sufra daño.

Las tarjetas a instalar serán del tipo:

- Tarjetas de entrada analógica 4-20mA
- Entradas digitales a 24 Vdc
- Entradas digitales especiales para SOE
- Tarjetas de salida analógica 4-20 mA
- Tarjetas de salida digital a 24 Vcc
- Tarjetas para enlaces de comunicación:
- Tarjetas controladoras o procesadoras

4.8.2.8 Red de comunicaciones

La red de control de planta es el medio físico por el que se comunican los PLC's y consolas de operación e ingeniería. El protocolo de comunicaciones de la red control será un protocolo estándar y abierto. Preferentemente Ethernet TCP-IP.

La velocidad de transferencia de la red control será suficientemente grande como para que su ancho de banda esté cubierto en menos de un 60% en condiciones de máximo tráfico previsible. El tiempo que añada el bus de control al tiempo total de un lazo que requiera transferencia de datos a través de este bus será mínimo. En caso que un lazo que se esté resolviendo en un PLC necesite datos



provenientes de otro PLC o ante una orden del operador, el tiempo total del lazo no superará los tiempos especificados.

Las vías de comunicación de la red control serán inmunes a las interferencias electromagnéticas.

En zonas expuestas a fuertes interferencias el soporte físico será fibra óptica.

4.10 OBRA CIVIL

4.10.1 General

El conjunto de edificaciones de la central estará situado sobre cimientos de hormigón. Las edificaciones se construirán con una estructura básica de acero con el recubrimiento aislante necesario. La estructura general de las paredes será de casete de acero con superficie interior y exterior de chapa galvanizada recubierta de plástico o chapa de perfiles de aluminio, y aislamiento de lana mineral.

Todos los equipos van colocados sobre una cimentación de hormigón y estructura de acero. La turbina va situada sobre una placa de cimentación de absorción de vibraciones que es independiente del edificio de la turbina.

4.10.2 Caseta de control de accesos

Para el control de accesos se propone una caseta de 5,5 x 4,5 m y una altura de 3,5 m. El interior se divide en tres áreas bien diferenciadas, el puesto de control de báscula, puesto de control de acceso de personal y aseo.

En ambos casos se trata de una construcción a base de muro de carga de bloque hueco de hormigón 200x400x200 con zuncho de hormigón a 2,8 m de altura, enfoscado y pintado, y cubierta invertida con forjado de chapa colaborante. La pendiente en cubierta será del 3% para asegurar la correcta evacuación de las aguas pluviales que serán conducidas a una cazoleta y evacuadas a la red general de pluviales de la planta.

La caseta de control de accesos cuenta con una marquesina ornamental a 3,0 m de altura y peto sobre esta altura en el exterior.



Los muros de carga se cimentarán sobre la solera del propio edificio. La solera será de hormigón HA-30 con armadura de mallazo en acero B-500T. Sobre esta solera apoyará también la tabiquería interior necesaria.

La tabiquería interior será a base de fábrica de bloque hueco de hormigón 100x400x200, enlucido de yeso y pintado con pintura plástica lisa.

El aseo en la caseta de control de accesos irá revestido de azulejo de gres en los paramentos verticales con solado de gres antideslizante. Las aguas fecales se conectarán a la red de saneamiento general de la planta.

La carpintería prevista para la caseta de control de accesos consta de puerta de acceso principal en chapa de acero y puertas de paso en madera lacada en plástico. Las ventanas serán de carpintería metálica lacadas en plástico.

4.10.3 Caseta de bombas PCI

Para albergar las bombas del sistema de protección contra incendios (PCI) se propone una caseta de dimensiones en planta 5 m x 7 m y una altura de 3,5 m.

En el caso de la caseta de bombas PCI se prevé una puerta de dimensiones 2,2x2,2 de dos hojas de chapa de acero como acceso a la caseta, pequeñas ventanas en carpintería metálica acadas en plástico y rejillas de ventilación.

4.10.4 Nave de turbina y edificio eléctrico y de control

Se propone una construcción para albergar el conjunto turbina-condensador y las salas de control y electricidad, así como oficinas de la planta. Esta construcción se prevé de dimensiones en planta 30 m x 24 m aproximadamente.

Se divide en dos partes bien diferenciadas la nave de máquinas y el edificio eléctrico y de control. La nave tiene una altura mínima de 7 m y el edificio una altura de 6 m.



Se trata de una construcción con estructura a base de pórticos y correas de fachada y cubierta en perfiles comerciales de acero.

El cerramiento perimetral se prevé a base de muro de bloque hueco de hormigón 300x500x300 hasta 4 m de altura debidamente armado y a partir de los 4 metros y hasta cubierta el cerramiento será de chapa grecada simple de 0.8 mm de espesor. En el caso del edificio eléctrico y de control la fábrica de bloque se prolongará hasta el peto de coronación.

La cubierta será, en la nave, de chapa grecada simple de 1 mm de espesor sobre las mencionadas correas de cubierta y en el edificio eléctrico y de control con una cubierta transitable invertida debidamente aislada e impermeabilizada sobre forjado.

La cimentación será superficial mediante zapatas aisladas atadas entre sí con vigas de cimentación que a la vez servirán de apoyo al cerramiento de bloque hueco de hormigón.

La nave de máquinas se considera diáfana por lo que no se tienen en cuenta tabiquerías interiores de ningún tipo, se prevé un espacio para posibles desmontajes y una zona para instalación de bombas.

Se prevé una puerta seccional de chapa de dimensiones 4 m x 4 m con postiguillo con barra antipánico y otra de doble hoja de 2,10 x 2,10 m.

El edificio eléctrico y de control se divide del siguiente modo:

- aprox. 26 m² de sala de control
- aprox. 60 m² de sala eléctrica
- aprox. 51 m² de oficinas y varios
- aprox. 6 m² de aseo

Se prevén falsos techos de escayola y falsos suelos comerciales en las salas eléctrica y de control y zona de oficinas.

La tabiquería interior será a base de fábrica de bloque hueco de hormigón 100x400x200, enlucido de yeso y pintado con pintura plástica lisa.

El aseo irá revestido de azulejo de gres en los paramentos verticales con solado de gres antideslizante. Las aguas fecales se conectarán a la red de saneamiento general de la planta.



La carpintería prevista consta de puertas de doble hoja fabricadas en chapa de acero, puertas sencillas de chapa y puertas de paso en madera lacada en plástico en el aseo. Las ventanas serán de carpintería metálica lacadas en plástico.

4.10.4.1 Nave taller y almacén

Se propone una nave almacén y taller con una superficie de 325 m².

Se trata de una construcción con estructura a base de pórticos y correas de fachada y cubierta en perfiles comerciales de acero.

El cerramiento perimetral se prevé a base de muro de bloque hueco de hormigón 200x400x200 hasta 3 m de altura debidamente armado y a partir de los 3 metros y hasta cubierta el cerramiento será de chapa grecada simple de 0.8 mm de espesor.

La cubierta será de chapa grecada simple de 1 mm de espesor sobre las mencionadas correas de cubierta.

La cimentación será superficial mediante zapatas aisladas atadas entre sí con vigas de cimentación que a la vez servirán de apoyo al cerramiento de bloque hueco de hormigón.

Se prevé una puerta seccional de chapa de dimensiones 4 m x 4 m con postigillo con barra antipánico y otra de doble hoja de 2,10 x 2,10 m.

La tabiquería interior será a base de fábrica de bloque hueco de hormigón 100x400x200, enlucido de yeso y pintado con pintura plástica lisa.

La carpintería prevista consta de puertas de doble hoja fabricadas en chapa de acero y puertas sencillas de chapa. Las ventanas serán de carpintería metálica lacadas en plástico.



4.10.5 Nave de almacenamiento de materia prima de corta duración

Esta construcción constará de pórticos de estructura de acero y una cubierta de chapa sobre las vigas y correas de cubierta. La cubierta tendrá una pendiente del 8%.

La carga de la nave se realizará por medio de una pala cargadora con lo que se construirá una rampa con pendiente máxima del 10% para facilitar el acceso de la pala a la nave. Esta rampa constará de muros perimetrales de hormigón armado, material adecuado o zahorras en relleno y pavimento de hormigón.

4.10.6 Silo de almacenamiento de astillas.

Se instalará un silo cubierto de sección en A (80 mx20 m) que cubrirá el área de almacenamiento en forma de astillas, con una altura aproximada de 20 m. Ésta permitirá el movimiento de la pala excavadora en el apilado y recogida de la biomasa.

4.10.7 Cimentación del conjunto de la caldera y chimenea

Se prevén cimentaciones superficiales para los diferentes elementos de este conjunto.

La fundación de la chimenea se realizará mediante losa poligonal de hormigón armado, incluyéndose el sistema de drenaje necesario así como el suministro y colocación de los pernos de anclaje necesarios y otros elementos para dejar la fundación completamente acabada.

Respecto la caldera, se consideran losas de cimentación para sus diferentes equipos, cuerpo principal, precalentador, ciclones, filtro de mangas, etc.. de igual modo al anterior incluyéndose todo lo necesario para la correcta cimentación de los equipos.

4.10.8 Cimentación del conjunto de turbina y condensador

Se diseñarán y construirán las cimentaciones para la turbina y el condensador, la primera sobre bancada de hormigón armado y el segundo en foso de hormigón armado, apoyando el bastidor del equipo sobre losa inferior.

Se instalarán las escaleras de acceso tanto al foso como a la parte superior de la bancada.



4.10.9 Cimentación del transformador principal

El transformador principal irá cimentado sobre carriles y foso de recogida de aceites según la práctica habitual. Este conectará con la red de aguas aceitosas de la planta.

4.10.10 Torres de refrigeración

Se prevé una losa de cimentación sobre la que se apoyen las torres de refrigeración que serán suministradas con balsa de fibra reduciéndose así la obra civil necesaria a tales efectos.

4.10.11 Tanque de agua PCI

Se prevé una losa de cimentación para el tanque de agua de protección contra incendios con objeto de reducir los asentamientos diferenciales previstos.

4.10.12 Deposito de diesel

Se prevé un foso enterrado de hormigón armado para albergar un depósito de diesel de simple pared para arranque de la caldera.

4.10.13 Bascula de pesaje de camiones

Se prevé una báscula de pesaje para camiones en el acceso de la planta que irá cimentada sobre un entramado de vigas riostras y zócalos de hormigón armado.

Las dimensiones aproximadas de este elemento son 15,6 m x 4 m.

4.10.14 Urbanización

Se han previsto viales interiores de 6 m de anchura con firme flexible para una categoría de tráfico pesado T4211.

Esta categoría de tráfico pesado supone una explanada tipo E1 sobre la que se ejecutará un paquete de firmes compuesto por 35 cm de base de zahorra artificial y un riego con gravilla bicapa tal y como permite la norma 6.1-IC "Secciones de firme" de la Instrucción de Carreteras para intensidades reducidas de tráfico.



Los viales en la zona de almacenamiento no contarán con bordillos ni con aceras peatonales, restringidas a la zona de producción y accesos.

Las aceras previstas se realizarán con bordillo prefabricado de hormigón tipo A-1 delimitando el vial, con una altura de bordillo de 150 mm.

La zona de aparcamiento tendrá capacidad para unos 13 vehículos.

4.10.15 Red de drenaje de aguas pluviales

La red de aguas pluviales limpias recoge las aguas de lluvia de las cubiertas de las naves y de los pavimentos donde no se prevea pueda haber derrames.

Las aguas de cubierta se conducen mediante una red aérea y bajantes de PVC. A partir de las arquetas a pie de bajante, la red se conecta a las arquetas exteriores previéndose una red de tuberías de PVC, arquetas y pozos de ladrillo o de hormigón prefabricado con tapas de fundición aptas si es necesario para tráfico pesado.

Las aguas en superficie de viales se recogen mediante arquetas sumideros y se conectan a la mencionada red, conduciéndose mediante las pendientes adecuadas, hasta cauce público.

4.10.16 Redes de drenaje de aguas de proceso aceitosas y no aceitosas

Se ha previsto una red de drenaje de aguas de proceso aceitosas que recogerá las aguas en el interior de la nave de máquinas y en el entorno de la caldera y otros equipos, purgas, etc...

Se cuenta también con una red separativa de aguas de proceso no aceitosas o no contaminadas.

4.10.17 Red de drenaje de aguas fecales / sanitarias

La red de aguas fecales recoge las aguas del aseo de la caseta de control de accesos y del edificio eléctrico y de control, conduciendo las aguas fecales a una fosa séptica enterrada.

4.10.18 Canalizaciones de electricidad y de control



Las canalizaciones eléctricas y de control constarán de bancos de tubos de PVC en zanjas para fuerza, iluminación, instrumentación y control, etc...

Así mismo se realizará la obra civil necesaria para la red de puesta a tierra.

4.10.19 Red de hidrantes PCI

Se realizará la obra civil necesaria para las canalizaciones enterradas de protección contra incendios.

4.11 SISTEMA DE VENTILACIÓN, CALEFACCIÓN Y AIRE COMPRIMIDO

Para mantener la temperatura en el interior del edificio de la central conforme a los reglamentos locales y para eliminar el exceso de calor, se contará con los sistemas de ventilación y calefacción suficientes.

El sistema de ventilación del edificio de la turbina debe mantener una ligera sobrepresión con respecto al edificio de la caldera.

El sistema de ventilación y calefacción consistirá en radiadores y ventiladores estándar. No llevarán calefacción los locales de recepción y manipulación del combustible, los transportadores, las salas de cables y los transformadores principales.

4.12 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

4.12.1 Descripción general del sistema de protección contra incendios

El sistema de protección contra incendios incluirá los siguientes elementos:

- Los sistemas de detección (temperatura, humos, etc.), incluyendo central de detección, paquetes caldera, edificio turbinas de vapor generadores, transformadores, salas eléctricas y de control, depósitos y almacenamiento de combustible.
- Sistemas de alarma (pulsadores, alarmas ópticas y acústicas). Todos los sistemas se concentrarán en un armario único de detección, alarma y actuación, situado en la sala de Control. También se instalarán pulsadores de emergencia en puntos estratégicos de la planta.



- Sistemas de extinción fijos y móviles en los edificios de turbina, transformadores, salas eléctricas y de control, depósitos y almacenamiento de combustible..
- Sistema de distribución de agua con: Hidrantes, Sprinklers, Bocas de Incendio Equipadas (BIE), Tanques, Depósitos, Tuberías, Válvulas y Accesorios, grupos motobombas Completos (eléctricas, Diesel y Jockey).
- Señalización de riesgos de incendio, hidrantes, Bies, pulsadores, extintores y salidas de evacuación.

4.12.2 Reglamentación aplicada

A la hora de realizar este documento se ha tenido en cuenta la siguiente reglamentación:

- Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales (RD 2267/2004).
- Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (RD 1942/1993) y Normas UNE asociadas.
- Código técnico de la edificación CTE (RD-314/2006).

4.12.3 Instalaciones de protección contra incendios

4.12.3.1 Tanque agua

Tanto el agua bruta como el agua necesaria en el sistema contra incendios se almacenarán en el tanque de agua. La salida de agua bruta se situará a una altura tal, que el suministro mínimo de agua en caso de incendio quede garantizado.

Para el dimensionamiento del tanque de agua se ha considerado por un lado, la cantidad de agua estimada por el consumo de la propia planta 50 m³/h durante 6 horas y por otro, la cantidad necesaria para el sistema contra incendios.

El sistema de mayor demanda solicita una cantidad de agua de 350 m³/h durante 90 minutos al tratarse de un riesgo alto. A esta cantidad se le ha añadido la mitad del caudal de dos hidrantes



durante otros 90 minutos, tal y como indica el reglamento de protección contra incendios en establecimientos industriales para estos casos. Como puede verse en la siguiente tabla, donde se han recogido todos estos datos, el tanque de agua deberá tener una capacidad de 1.000m³ aproximadamente.

	Caudal (m ³ /h)	tiempo (h)	Volumen total (m ³)
Agua bruta	50	6	300
Sist extin. Almac. Intemperie	350	1.5	525
Sist. Hidrantes	200	1.5	300
TOTAL			1.125

4.12.3.2 Grupo de bombeo

El grupo de bombeo necesario para el sistema contra incendios de la planta, ha sido dimensionado a partir del caudal estimado para el sistema de mayor demanda. Esto es 350 m³/h durante 90 minutos más la mitad del caudal necesario para hidrantes tal y como indica la norma, lo que hace un total de:
 $350 + 0.5 \times 200 = 450 \text{ m}^3/\text{h}$

Considerando un gradiente hidráulico del 10% supone que necesitaremos un caudal de 500 m³.

La presión en la red debe mantenerse en 7.5bar por lo que considerando las posibles pérdidas, se estima que será necesaria una bomba de 500 m³/h, 95m.c.a

El grupo de bombeo estará formado por una bomba principal eléctrica del 100% de capacidad, una bomba diesel auxiliar también del 100% de capacidad y una bomba jockey para mantenimiento de la presión en la red.

Todo el grupo de bombeo irá ubicado en una caseta independiente, con un sistema de extinción mediante rociadores cerrados, y los sistema de señalización, extintores y luces de emergencia correspondientes.



La red exterior será de funditubo e irá enterrada formando una malla que cubra el total de la superficie de planta, con válvulas de corte que permitan el aislamiento de zonas que puedan quedar temporalmente fuera de servicio, para evitar dejar sin suministro a toda la planta e intentando que haya caminos alternativos para llegar a un mismo punto. Las válvulas serán de compuerta de husillo ascendente e irán instaladas en arquetas registrables.

A esta red se conectan los hidrantes de columna seca de DN150 y equipados con 2 salidas de DN70 y 1 salida de DN100, equipadas con tapón y cadenilla.

Las derivaciones a los edificios que van equipados con BIES y/o rociadores salen también de esta red.

En diversos puntos de la planta se situarán armarios con material contra incendios para su utilización en caso necesario, así como extintores de polvo sobre carro aptos para intemperie.

También se ubicarán distribuidos por la planta extintores de carro, sirenas y pulsadores que permitan el aviso en caso de emergencia.

La protección de los almacenamientos de intemperie se realizará mediante cañones de agua dispuestos en todo el perímetro de los mismos mientras que para el almacenamiento de interior se utilizará un sistema cerrado de rociadores de agua.

Los transformadores se protegerán con un sistema de agua pulverizada y detectores termovelocimétricos.

Para asegurar la correcta protección de cada una de las zonas del edificio de la turbina se dispondrá de los sistemas de protección contra incendios necesarios, con los sistemas de detección, extinción y medios de señalización y aviso correspondientes.

Se prevé la instalación de bocas de incendio equipadas (BIES) de DN25, con mangueras de 20m de longitud y lanzas de triple efecto que se distribuirán en el interior de los edificios próximos a las puertas que de acceso, con una separación entre ellas que permita cubrir con su radio de acción toda la superficie del edificio.

Cada una de las BIES se abastecerá de agua mediante una tubería aérea conectada a la red exterior



Se situará un puesto de control reducido (PCR) en cada punto de conexión que estará compuesto por una válvula de seccionamiento e interruptor de flujo con señalización de funcionamiento en la central de detección de incendios.

La red de BIES se realizará con tubería de acero negro estirado sin soldadura DIN2440 pintado de color rojo. En estas redes se colocarán placas de orificio de manera que la presión máxima en boca de lanza sea de 5bar.

Se prevé la instalación de extintores de polvo polivalente de 6 o 12kg, distribuidos de forma que la distancia de cualquier punto a los mismos no supere los 15 metros.

Asimismo, se prevé la instalación extintores de CO2 de 5kg en el interior de las estancias destinadas a albergar los cuadros eléctricos.

Todos los establecimientos, estarán cubiertos por una instalación de pulsadores manuales de alarma, siendo los criterios de diseño empleados los detallados a continuación:

- Todo punto de riesgo protegido en el interior de edificios estará a menos de 25 m del pulsador de alarmas más próximo.
- Los pulsadores, estarán situados preferentemente en las proximidades de las salidas ó accesos a las vías de evacuación.
- Los pulsadores empleados, serán tipo convencional con marco para montaje visto en superficie, fabricados en ABC rojo, de características ignífugas y resistentes a los golpes.
- En el exterior los pulsadores serán aptos para intemperie y se situarán sobre postes metálicos.
- Por cada pulsador se instalará un módulo monitor que convierte la señal de actuación en modo analógico, resultando en la práctica ser de identificación direccionable. En función de las dimensiones del local, instalaciones contenidas en él y tipología de fuego, se ha previsto la utilización de detectores ópticos de humos en todos los locales del edificio, a excepción de la zona de aseos. En Salas eléctricas y de control se instalará un sistema de extinción automática por inundación total, usando HFC-227 como agente extintor.

La instalación consta de:



- Botellones de almacenamiento de HFC-227 o similar
- Tuberías de distribución.
- Boquillas pulverizadoras.
- Electroválvulas zonales.

El disparo del sistema se produce por la activación de dos detectores de incendios de la zona considerada (detección cruzada). Las señales del sistema de protección contra incendio serán enviadas a la centralita situada en la sala de control. La centralita será del tipo analógico microprocesada de identificación individual para monitorizar y controlar todos los elementos de la instalación, pudiéndose configurar mediante tarjetas funcionales para adaptarse a las diferentes necesidades. Estará dotada de microprocesador de gran capacidad y memoria que permita optimizar todas las funciones necesarias y disponer de un total conocimiento de todos los eventos ocurridos durante un largo período. También se dispondrá de centralitas secundarias para controlar y supervisar las distintas zonas de detección situadas en dichas áreas.

5 BALANCE DE MASA Y ENERGÍA

BALANCE DE MASA Y ENERGÍA

Horas de funcionamiento anuales/a 7.900

Electricidad

Generación de electricidad MWh/año 150.000

Consumo de electricidad MWh/año 15.000

Electricidad Exportada MWh/año 135.000

Caldera

Potencia térmica (PCI) MW 36

Flujo de vapor t/h 45

Temperatura de vapor °C450

Presión del vapor bar60



Caudal de agua de alimentación t/h 45

Rendimiento de la caldera 89 %

Rendimiento eléctrico 27.77 %

Sistema de refrigeración principal

Potencia de refrigeración MW 24,75

Temperatura de entrada del agua de refrigeración °C 29

Temperatura de salida del agua de refrigeración °C 37

Caudal de agua de refrigeración t/h 51

Caudal de reposición t/h 40

Agua Tratada

Consumo de agua de aportación Purga de la caldera t/h 4

Combustible

Pino % 20

Eucalipto % 80

Combustible auxiliar: Gasoil

Humedad del combustible entrada caldera media % 30 b.h.

Valor calorífico inferior entrada caldera media MJ/kg 14.500

Consumo de combustible entrada caldera media t/h 12,5

Consumo combustible entrada caldera t/a 85.000

Cenizas

Contenido de cenizas en el combustible 2,65 %



Producción de cenizas t/a 2.252,86

Respecto al consumo de agua de la planta para refrigeración, éste se podrá optimizar en función del nº de ciclos de concentración de las torres húmedas que se pueda fijar a partir de la calidad del agua disponible y los límites permitidos de vertido. Se estima que con una calidad de agua adecuada se podría llegar a un consumo de 40,5 t/h.

En todo caso se ha verificado con el gestor del polígono industrial la disponibilidad de agua suficiente para el proceso.

6 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

En el Anexo 1 figura un diagrama preliminar del flujo del proceso. Los parámetros finales del proceso se determinarán después de las conversaciones con los fabricantes de la caldera y de la turbina.

7 DISPOSICIÓN GENERAL

Una disposición general preliminar del emplazamiento de la central se incluye en el Anexo 3.

8 EMISIONES

8.1 NIVELES DE EMISIÓN REQUERIDOS

Aunque la Directiva IPPC1 de la Unión Europea no es aplicable para centrales inferiores a 50 MWf, la legislación medioambiental prevé que se utilice la mejor tecnología disponible (BAT) para reducir al mínimo los impactos sobre el medio ambiente.

La BAT depende del combustible utilizado y del tipo de central. Las necesidades típicas de los niveles de emisión para nuevas centrales pequeñas que quemen madera son para material en partículas < 120 mg/Nm³ y para emisiones de NO_x entre 250 – 375 mg/Nm³.

No existe ninguna legislación para los niveles de emisión de CO y SO_x. La Directiva sobre Grandes Plantas de Combustión (LPC) (2001/80/CE, actualizada 88/609/CEE) especifica los límites de emisión para centrales que quemen combustibles para generar electricidad y/o calor y tengan una potencia de entrada térmica superior a 50 MW. Dado que las centrales de este proyecto están próximas a ese límite es razonable tratar de alcanzar los niveles de emisión determinados por la Directiva LPC.



Para las emisiones de CO, el nivel requerido es de $< 250 \text{ mg/Nm}^3$ y para las emisiones de SO₂ es $< 850 \text{ mg/Nm}^3$ (para centrales construidas después de 2003).

En la siguiente tabla se resumen los requisitos de niveles de emisión.

Tabla 3 Requisitos para los niveles de emisión (BAT), O₂ = 6 %

Elemento Límite (mg/Nm³)

Material en partículas < 120

NO_x 250 – 375

CO < 250

SO₂ < 850

8.2 REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES

Las principales emisiones de gases de humo de una caldera que queme biocombustible son óxidos de azufre (SO_x), óxidos de nitrógeno (NO_x), partículas y pequeñas cantidades de metales pesados que proceden del combustible.

La mezcla de combustible pino/eucalipto presenta una baja relación azufre/cloro, por lo que la mayor parte de componentes de azufre unidos al cloro, se eliminará en el filtro de partículas. Las emisiones de azufre pueden reducirse mediante la inyección de cal en el horno cuando sea necesario. Si, a pesar de estas medidas, no se logra alcanzar el nivel de emisiones requerido puede añadirse al conducto de gases de humo un reactor NID independiente antes de la caseta de filtros de mangas.

La tecnología de combustión BAT es la principal medida para el control de las emisiones de NO_x.

Para conseguir una temperatura óptima del lecho en la caldera y una reducción de las emisiones de NO_x, se optimizan los puntos de alimentación de aire de combustión y las velocidades del aire.



Si es necesario reducir aún más los niveles de NO_x, la eliminación adicional de estos óxidos se efectúa mediante un reactor no catalítico selectivo (SNCR) que utilice urea o amoníaco. En caso de utilizar amoníaco, éste se rocía sobre la parte superior del horno. Existen otros sistemas más caros y eficaces, pero generalmente no se necesitan en las calderas de biomasa.

Si la tecnología de combustión de la caldera es suficiente, existe la posibilidad de utilizar únicamente ESP (Precipitador Electrostático) para eliminar las partículas. Este equipo presenta varias ventajas como menores costes de mantenimiento y pérdidas de presión, pero su rendimiento es menor comparado con el de una caseta de filtro de mangas. Esta caseta de filtros es de uso obligado si se aplica un sistema NID o se rocía carbón activado en los gases de humos para la eliminación de metales pesados y dioxinas.

La elección de la tecnología de tratamiento de los gases de escape se hará junto con el suministrador elegido para la caldera, una vez que éste haya analizado el combustible utilizado.

9 ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO

9.1 Presupuesto de la instalación

El presupuesto estimado de la instalación es el que se indica a continuación:

A: INVERSIÓN EUROS

CALDERA , SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE BIOMASA Y SISTEMAS AUXILIARES

Caldera

Sistema de transporte y Alimentación de Caldera

Recepción y pretratamiento de combustible

TOTAL CALDERA 7.100.000 €

TURBINA DE VAPOR Y SISTEMAS AUXILIARES

Turbina de Vapor

Sistema de Condensación

TOTAL TURBINA DE VAPOR 3.700.000 €

SISTEMAS MECÁNICOS AUXILIARES

Ventilación, HVAC y PCI

Tratamiento de Agua



Sistema de refrigeración

Bombas, intercambiadores y Compresores

Puente-grúa

Depósitos

TOTAL SISTEMAS MECÁNICOS AUXILIARES 2.600.000 €

SISTEMA ELÉCTRICO, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

Transformadores

Medida

Cabinas de MT

Cuadros de Distribución BT

Regulación y Control de Grupo

Sistema de Gestión y Control

TOTAL SISTEMA ELÉCTRICO, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL 2.150.000 €

OBRA CIVIL

Cimentaciones

Edificios

Urbanización

TOTAL OBRA CIVIL 2.6500.000 €

INGENIERÍA Y SUPERVISIÓN

Ingeniería

Supervisión

TOTAL INGENIERÍA 2.500.000 €

TOTAL INVERSIÓN 20.700.000 €

B: GASTOS DIVERSOS

Inversión en terreno **1.000.000 €**

Gestión Proyecto (3 %)

Interconexión eléctrica (Pendiente confirmación pto. conexión) **500.000 €**

Visados, Licencias y Permisos (2%)

TOTAL GASTOS DIVERSOS 2.535.000€

TOTAL GENERAL (EUR) 23.235.000

Potencia Instalada (MW) 10,00



Coste Unitario (EUR / KW) 2.300

9.2 Parámetros de producción y costes

Se ha considerado:

- Precio de venta de la energía excedente tarifa b.6.3 – biomasa forestal (50%)
- Precio de venta de la energía excedente tarifa b.6.1 – cultivo energético (50%)
- Horas anuales de operación 7.900

El resto de parámetros se indican en la siguiente tabla:

C: PRUDUCCIÓN

Energía eléctrica generada neta 84.000 MWh/año

Energía eléctrica autoconsumida 8.400 MWh/año

D: PRECIOS

P. de venta de la energía eléctrica(primeros 15 años) 14,779cEU/kWh

P. de venta de la energía eléctrica(a partir 15 años) 11,949cEU/kWh

Precio del combustible 42,0 EU/t

Poder calorífico considerado (PCI) 2.500 kcal/kg

Coste del combustible 1,30 cEU/kWh.

E: COSTES Euros/año

Costes de combustible* 3.475.000 €

Costes de operación y mantenimiento 1.200.000 €

*Coste de astillado (coste biomasa considerado 41,2€/t)

TOTAL GASTOS 4.675.000 €



9.3 Discusion

Se ha elaborado un modelo para estimar la totalidad de los costes (fijos y variables) de la nueva Planta y calcular la rentabilidad de la inversión planteada. El desarrollo del modelo se recoge en el Anexo 4.

El Cálculo de la rentabilidad se ha hecho bajo las siguientes consideraciones e hipótesis.

- Periodo considerado: Se analiza la rentabilidad del Proyecto a 15 años, tomado como año 1 el primer año de producción plena .
- Precio y PCI considerados para la biomasa: se considera un precio medio y un PCI medio, que serán fijos (en el modelo) para la totalidad de la biomasa adquirida a lo largo del periodo estudiado. Tan solo se distingue -a nivel de precios – entre cultivos energéticos (subgrupo b.6.1 a efectos de venta de energía) y resto de biomasa (subgrupo b.6.3)
- La retribución – precio de venta del MWh – será la publicada en las tarifas oficiales.
- Como Costes Variables se consideran:
 - Combustibles auxiliares (gas, coke, HFO, etc.). La Caldera estará equipada con quemadores duales – con capacidad para el 70% de la capacidad térmica de la Caldera – que permitirán la quema tanto de fuel como de gas natural. En añadido a lo estrictamente necesario para los transitorios (arranques, parada y averías) el RD contempla que estos combustibles pueden sustituir hasta un 10% de la energía total
 - Químicos: tratamiento de agua a Caldera, amonio (NH₃) para reducir las emisiones de NOx en los gases, biocidas para torres de refrigeración (control de legionelosis)
 - Energía comprada para la Recepción y Procesamiento de Biomasa. Esta energía no se tratará como un consumo auxiliar de la Planta
- Varios de Fabricación. Estimados como un fijo anual “independiente” de la Producción, englobarán:
 - Cuchillas y elementos de corte para línea de trituración
 - Materiales para la Planta
 - Manipulación y movimiento de BIOMASA
 - Limpiezas (tanto ordinaria como extraordinaria)
 - Servicios de medioambiente – incluyendo en este apartado la gestión de los residuos generados.
 - Asistencia a la Planta



- Para los costes de Mantenimiento se ha considerado un 2,0% de incremento anual para reflejar los extracostes en el tiempo asociados al envejecimiento de los equipos
- En los costes de personal, se ha tenido en cuenta exclusivamente los relacionados con la operación de la planta, el resto de los costes se ha incluido en las areas específicas, mantenimiento, tratamiento de Biomasa, etc, se ha considerado una plantilla de 5 personas (, 5 operadores de panel).

RESULTADOS

Como caso base se ha considerado el siguiente escenario:

- Importe total de la inversión: 23 M EUR
- PCI biomasa (tanto B6.1 como B6.3): 2.500 kCal/kg (“as received”)
- Precios de compra de la Biomasa,
 - B.6.1 Cultivos energéticos: 55 EUR/t (“as received”)
 - B.6.3 Resto de biomasa: 45 EUR/t (“as received”)

Este es el caso que se desarrolla de forma exhaustiva en el Anexo 4 (Estudio de Rentabilidad).

Los indicadores de rentabilidad para este caso resultan:

TIR del Proyecto (sobre CFL, a 15 años): 11 %
TIR del Proyecto (sobre EBITDA, a 15 años): 23 %
Valor Actual Neto (VAN, sobre CFL a 15 años): 6,5M EUR



ANEXOS DEL PROYECTO BASICO

- Anexo 1 Cálculos. Dimensionamiento cinta transportadora.
- Anexo 2 Balance de masa y energía.
- Anexo 3 Especificación eléctrica planta de recepción.
- Anexo Planos.
- Anexo 4 Biomasa forestal.
- Anexo 5 Estudio de viabilidad.
- R.D. 661/2007