



**UNIVERSITAT
JAUME I**

Universitat Jaume I

Escola Superior de Tecnologia i Ciències Experimentals

Grau en Enginyeria Química

**DISEÑO E INSTALACIÓN DE UN
HORNO DE FRITAS PARA LA
INDUSTRIA CERÁMICA**

Trabajo de Fin de Grado

Autor

Óscar Florencia García

Tutor

Carlos Feliu Mingarro

Castellón, Febrero de 2020

RESUMEN

La finalidad del siguiente proyecto consiste en diseñar un horno de fritas para la industria cerámica con el fin de una posible implementación dentro de alguna empresa del sector. El objetivo principal del proyecto es dimensionar la cámara de fusión del horno y de las paredes que lo rodean, aumentar la eficiencia energética del proceso y asegurarse de una correcta evacuación de humos.

La tecnología de combustión que utiliza el horno es la oxicomustión, para ello se alimenta una corriente de gas natural y otra de oxígeno puro al quemador, con un caudal de 110 y 218 m³/h respectivamente, utilizando oxígeno como comburente se obtiene una mayor eficiencia en el proceso.

Para dimensionar la cámara de fusión donde se funde la frita y que sea capaz de producir las 20 toneladas al día que se fijan en el proyecto, se fija la longitud que depende directamente de la longitud de llama que se alcanza desde el quemador y se obtienen la altura y anchura.

Al tratarse de un proceso que requiere de grandes cantidades de energía es necesario aislar las paredes que rodean al horno para que no sea peligroso para la salud de quienes trabajan cerca de él y de asegurarse una correcta evacuación de salida de los gases generados en la combustión para no convertir el horno en una zona de alto riesgo. Al tratarse de una convección natural a la hora de evacuar los gases del horno, se debe de tener en cuenta que el horno esté sobrepresionado para asegurar que la salida de gases sea correcta.

Los gases de salida del horno generados en la reacción de combustión tienen en su interior calor que puede aprovecharse en otras partes del proceso, es por ello que se diseña un intercambiador de calor por dos motivos. El principal es para extraer ese calor y que sea utilizado en otras partes del proceso, y el segundo es para reducir la temperatura a la que salen los gases del horno ya que salen a un temperatura elevada de él.

En el proyecto se incluye un estudio económico, para estudiar la rentabilidad del proyecto. El presupuesto total para llevar a cabo el proyecto es de 458.504,12 €, que de acuerdo a la proyección prevista durante el proyecto, dicha inversión se recupera en un año y ocho días.

ÍNDICE GENERAL

Los documentos básicos del proyecto " Diseño e instalación de un horno de fritas para la industria cerámica" son los siguientes.

0. Resumen

1. Índice General

2. Memoria

3. Anexos

4. Planos

5. Pliego de condiciones

6. Estado de mediciones

7. Presupuesto

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

MEMORIA

FIGURAS

Figura 2.1. Proceso de obtención de fritas cerámicas.....	6
Figura 2.2. Representación del clúster cerámico.....	10
Figura 2.3. Esquema de la instalación.....	20
Figura 2.4. Planificación de actividades del proyecto.....	26
Figura 2.5. Diagrama de Gantt.....	26

GRÁFICOS

Gráfico 2.1. Evolución del número de ventas en los últimos años.....	11
Gráfico 2.2. Evolución del número de trabajadores en los últimos años.....	12
Gráfico 2.3. Reparto de las ventas por mercados en 2018.....	13

TABLAS

Tabla 2.1. Descripción de los equipos de la instalación.....	20
Tabla 2.2. Características de la chimenea.....	21
Tabla 2.3. Caracterización de las corrientes de entrada al sistema.....	21
Tabla 2.4. Caracterización de las corrientes de salida al sistema.....	21
Tabla 2.5. Caudal y calor a aportar en el quemador para fundir la frita.....	23
Tabla 2.6. Corrientes de entrada y de salida de los gases en el horno.....	23
Tabla 2.7. Dimensiones del horno.....	24
Tabla 2.8. Parámetros de diseño de la chimenea.....	24
Tabla 2.9. Parámetros de diseño del intercambiador de calor.....	24
Tabla 2.10. Presupuesto de ejecución del material, PEM.....	28
Tabla 2.11. Presupuesto de ejecución por contrata, PEC.....	28
Tabla 2.12. Beneficio bruto anual a lo largo de diez años.....	31
Tabla 2.13. Beneficio neto anual a lo largo de diez años.....	32
Tabla 2.14. Flujo de caja anual a lo largo de diez años.....	33
Tabla 2.15. Valor Actual Neto del proyecto.....	35
Tabla 2.16. Obtención del TIR.....	36

ANEXOS

FIGURAS Y GRÁFICOS

Gráfica 3.1. Cálculo teórico de la temperatura de llama.....	4
Figura 3.1. Diagrama de cálculo para obtener la T_{llama}	3
Figura 3.2. Materiales de las capas del horno.....	13
Figura 3.3. Representación del horno con las capas de aislante.....	16
Figura 3.4. Diagrama de solicitaciones.....	18
Figura 3.5. Esquema simplificado con la carga equivalente.....	19
Figura 3.6. Esquema esfuerzos internos.....	19
Figura 3.7. Diagrama de solicitaciones.....	20
Figura 3.8. Diagrama de cálculo para obtener D_i	24
Figura 3.9. Diagrama de cálculo para obtener la temperatura de superficie externa.....	31

Figura 3.10. Esquema del intercambiador de calor	32
Figura 3.11. Diagrama de temperaturas del intercambiador de calor	33

TABLAS

Tabla 3.1. Composición del gas natural.....	1
Tabla 3.2. Temperatura supuesta y calculada para obtener la T_{llama}	3
Tabla 3.3. Cálculo de las viscosidades individuales	6
Tabla 3.4. Condiciones de los humos de salida del horno	6
Tabla 3.5. Calor aportado por el quemador	7
Tabla 3.6. Propiedades del oxígeno.....	9
Tabla 3.7. Variables de diseño	10
Tabla 3.8. Dimensiones de la cámara del horno	11
Tabla 3.9. Características de los materiales que conforman el horno.....	12
Tabla 3.10. Temperatura a la que se encuentra cada capa.....	14
Tabla 3.11. Medidas definitivas del horno.....	14
Tabla 3.12. Constantes de convección y radiación.....	15
Tabla 3.13. Dimensiones de las capas del horno	17
Tabla 3.14. Peso que debe soportar las vigas	17
Tabla 3.15. Resultados de los esfuerzos internos.....	19
Tabla 3.16. Resumen esfuerzos internos	20
Tabla 3.17. Cálculo del D_i de la chimenea	24
Tabla 3.18. Valores calculados previamente	30
Tabla 3.19. Cálculo de la temperatura de superficie externa.....	31
Tabla 3.20. Propiedades de las condiciones de entrada de los fluidos en el intercambiador	32
Tabla 3.21 Cálculo del coeficiente individual de transmisión de calor del fluido frío	35
Tabla 3.22 Cálculo del coeficiente global de transmisión de calor del fluido frío	36
Tabla 3.23 Cálculo del área y el diámetro del intercambiador de calor.....	37
Tabla 3.24 Resumen de datos calculados	37

ESTADO DE LAS MEDICIONES

Tabla 6.1. Partida montaje horno.....	1
Tabla 6.2. Partida montaje de la chimenea.....	2
Figura 6.1. Esquema del intercambiador de calor	2

PRESUPUESTO

Tabla 7.1. Cálculo del precio total del horno.....	1
Tabla 7.2. Presupuesto de la partida de los equipos y las conducciones.....	2
Tabla 7.3. Presupuesto de la partida Mano de obra.....	2
Tabla 7.4. Presupuesto de ejecución del material, PEM.....	2
Tabla 7.5. Presupuesto de ejecución por contrata, PEC	3

MEMORIA

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. OBJETO.....	1
2. JUSTIFICACIÓN	2
3. ALCANCE	3
4. ANTECEDENTES	5
4.1. Proceso de producción	5
4.2. Características del sector	9
4.3. Situación económica del sector	10
5. NORMAS Y REFERENCIAS APLICABLES	14
5.1. Disposiciones legales y normas aplicadas	14
5.2. Bibliografía	15
5.3. Programas empleados	16
5.4. Plan de gestión de calidad	16
6. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	17
7. REQUISITOS DE DISEÑO	19
7.1. Estudio de mercado.....	19
7.2. Esquema de la instalación.....	20
7.3. Características de la chimenea	20
7.4. Caracterización de las corrientes de entrada y salida	21
7.5. Consideraciones empíricas a tener en cuenta para desarrollar y entender el proyecto.....	22
8. RESULTADOS FINALES	23
9. PLANIFICACIÓN	25
10. ORDEN DE PRIORIDAD DE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS.....	27
11. VIABILIDAD ECONÓMICA.....	28
11.1. Resumen del presupuesto.....	28
11.2. Presupuesto de explotación	29
11.3. Estudios de rentabilidad	34

1. Objeto

La idea principal del siguiente proyecto es diseñar e instalar un horno para la producción de fritas que sea capaz de producir 20 t/día de producto, utilizando como fuente de energía el gas natural como combustible y oxígeno como comburente. Los principales objetivos a tratar para desarrollar el proyecto son:

- Estudiar la reacción de combustión en el proceso
- Dimensionar la cámara de fusión de fritas
- Calcular las pérdidas de calor que sufre el horno
- Analizar los gases generados en la reacción de combustión y su salida del horno
- Diseñar las conducciones para una correcta evacuación de humos

Además con este proyecto se pretende aumentar la eficiencia energética en el proceso y reducir los gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera, ya que los nuevos proyectos se deben enmarcar en el contexto actual en la Estrategia Europa 2020, donde se pretende convertir a Europa en una economía hipocarbónica competitiva. Con lo que la utilización de oxígeno como comburente en el proceso es un factor clave porque reduce el consumo específico del combustible, aumenta la temperatura de llama y reduce el volumen de humos generados en la combustión. Por tanto si reduce el consumo específico del combustible y a igualdad de caudales aumenta la temperatura de llama, reduce el consumo de combustible para alcanzar la temperatura deseada, genera menos humos porque se reduce el caudal de combustible, reduciendo los gases que se emiten a la atmósfera.

2. Justificación

El Real Decreto 861/2010 establece que para finalizar de forma oficial el estudio de un grado universitario, se requiere la elaboración y defensa de un Trabajo de Final de Grado. He aquí donde se enmarca el presente proyecto, para finalizar los estudios realizados en Ingeniería Química y dentro de la asignatura de cuarto curso EQ1044 “Trabajo de Final de Grado”.

La idea de éste proyecto surge al cursar la asignatura EQ 1034 “Prácticas externas” en el Instituto de Tecnología Cerámica (ITC). El ITC se caracteriza por ser un centro de investigación que estudia las necesidades y requerimientos de las industrias cerámicas y cuya misión es la de liderar los procesos de innovación tecnológica y de diseño del sector cerámico español, anticipándose a las necesidades del mercado y de los consumidores.

El plan de trabajo durante la realización de las prácticas consistió en analizar y comprender a grandes rasgos los mecanismos de funcionamiento del proceso, las necesidades actuales que se requieren del proceso y la búsqueda de nuevas soluciones a implementar en el diseño del horno

.

3. Alcance

El presente proyecto se basa principalmente en diseñar un horno de fusión para la obtención de fritas que sea capaz de producir 20 t/día.

Para alcanzar la producción deseada se alimenta al quemador una corriente de gas natural con un caudal de 110 m³/h y otra corriente de oxígeno puro con un caudal de 218 m³/h. Se utiliza oxígeno puro y no aire en la reacción de combustión ya que las ventajas que tiene utilizar oxígeno puro son que porque reduce el consumo específico del combustible, aumenta la temperatura de llama y reduce el volumen de humos generados en la combustión. La temperatura de llama alcanzada es de 2110°C, debe ser muy elevada para que así sea capaz de fundir las materias primas y obtenerla frita fundida. El caudal másico de humos generados tras la combustión es de 390,5 kg/h

La geometría del horno se aproxima a un medio cilindro cortado en su eje axial, la cámara de fusión del horno consta de 2,22 m de ancho y 2,22 m de altura de los cuales la mitad corresponde a la bóveda y la otra mitad corresponde a los muros de sustentación del arco de medio punto y 6m de longitud. Los materiales utilizados para construir el horno son, para la capa interna, un ladrillo compuesto de Mullita-Zr, se ha elegido este material porque es un material refractario y porque el Zr tiene una excelente resistencia a la corrosión a la frita fundida. Para la capa intermedia se utiliza como material un ladrillo de Sílice-alúmina para reducir la temperatura hasta alcanzar la temperatura deseada. Finalmente en la capa externa del horno, se utiliza ASTM-26 que es el encargado de reducir drásticamente la temperatura que emite el horno desde su interior, se trata de un material normalizado compuesto de una material aluminoso con aglomeración cerámica. Una vez mostrado los material que componen el horno se obtiene las dimensiones definitivas que alcanza el horno que son: 3,6m de altura y de anchura y 7,38m de longitud.

Para evacuar los gases generados en la combustión se diseña una chimenea de 0,2 m de diámetro y 7,21m de longitud. La chimenea está compuesta por cemento refractario en su interior, a continuación se añade un intercambiador de calor que recubre toda la chimenea de 0,28, de diámetro. Como los gases salen a temperaturas tan elevadas desde el horno, se aislara el conducto con lana de roca y con un diámetro de 0,6m.

La inversión inicial para poner en marcha el proyecto es de 458.504,12 €,teniendo en cuenta que la tonelada de frita se estima que vale sobre los 780 €, se prevé un TIR del 25% y un periodo de retorno de la inversión realizada en un año y 77 días.

Por tanto el alcance del proyecto será:

- Diseñar y dimensionar el horno de fritas, el intercambiador de calor y las conducciones
- Definir y diseñar las corrientes de salida.
- Estudiar los costes económicos del proyecto.

4. Antecedentes

La cerámica es uno de los sectores más importantes de la Comunitat Valenciana, especialmente en la provincia de Castellón donde se produce el 95% del total nacional aproximadamente, en los últimos años, el aumento de producción ha sido espectacular, hasta situar a la industria española como una de las más importantes a nivel mundial en cuanto a investigación y desarrollo.

Dentro del sector cerámico se enmarca el subsector de fritas y esmaltes, éste se caracteriza por ser líderes mundiales en I+D+i, diseño, calidad, ventas y servicio al cliente. Más del 70% de la producción se exporta a cualquier parte del mundo, desde Europa hasta Asia, América y África. El sector español de fabricación de las fritas está constituido por más de 23 empresas dedicadas a la fabricación de fritas, esmaltes y pigmentos cerámicos, en su mayoría localizadas en la provincia de Castellón, más concretamente en el llamado triángulo del azulejo (Onda, Alcora y Vila-Real). Se caracteriza por ser un sector que proporciona empleo directo a unos 4.000 trabajadores según datos de la ANFFECC.

Una peculiaridad del sector con respecto de otros sectores industriales es el elevado gasto energético para obtener los diferentes productos, ya que para poder fundir las diferentes materias primas se necesitan llegar a valores elevados de consumo de energía térmica.

Este proyecto se centrará en la etapa que más consumo energético requiere del proceso de fabricación para la obtención de fritas, que es la fusión de materias primas.

4.1. Proceso de producción

Con la finalidad de entender el proceso de producción y del producto obtenido se define qué es la frita y se procede a realizar una explicación sobre el proceso de obtención.

La frita se define como un material de naturaleza vítrea obtenido a partir de la fusión de una mezcla de materias primas cristalinas a temperaturas elevadas (1.350 °C -1.550 °C). El material fundido es enfriado rápidamente ya sea por contacto directo con agua, que suele ser lo más habitual, o bien por contacto de aire a presión. Las múltiples aplicaciones y sus diferentes métodos de cocción de productos que se utilizan, ha permitido aumentar su producción a lo largo de los últimos años.

El proceso para la obtención de fritas cerámicas se representa en la siguiente **Figura 2.1:**

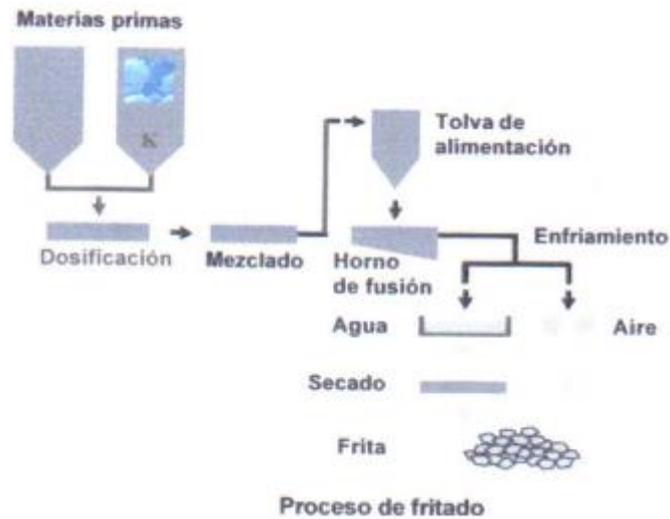


Figura 2.1. Proceso de obtención de fritas cerámicas.

El proceso de fabricación se divide en cuatro partes:

- Dosificación de las materias primas que constituyan la composición de la frita.
- Mezclado de las materias primas.
- Fusión de la mezcla
- Enfriamiento de la frita

4.1.1.Recepción y almacenamiento de las materias primas.

Las materias primas más utilizadas en el proceso de fabricación de la frita son el cuarzo como componente fundamental para formar el vidrio, feldespatos, caolines, óxidos, boratos y arcillas y otras materias primas que se añaden a la composición dependiendo de las características que se deseen obtener en el producto final. Éstas materias primas son extraídas desde canteras y se almacenan en eras o en zonas cubiertas en función de la materia prima. Su procedencia exige en la mayoría de los casos, un tratamiento que asegure la continuidad de sus características, para ello se reduce el tamaño de partícula a valores aceptables o se homogenizan. Una vez tratadas se transportan en camiones y se almacenan en silos a la espera de su utilización.

4.1.2.Preparación de las materias primas.

La preparación de las materia primas es de gran importancia para la fase posterior de fusión , tanto en la correcta dosificación química, su humedad, el tamaño y granulometría del material de alimentación al horno. Las materias primas (cuarzo, feldespatos, caolines y arcillas) proporcionan los óxidos principales que compondrán las fases principales de la frita. El horno debe recibir una alimentación químicamente homogénea. Esto se consigue controlando correctamente la dosificación de los materiales al horno.

Una vez que las materias primas se han almacenado se formulan las composiciones mediante el pesaje, que dará lugar a la frita, ésta es una etapa crítica ya que se debe asegurar un mezclado íntimo entre partículas para asegurar una fusión homogénea. En la actualidad se han desarrollado una serie de fritas, destinadas a determinados procesos de producción, que engloban varias de las características buscadas en función del tipo de producto. Las características más empleadas son la temperatura de cocción, los efectos y propiedades a conseguir en el producto acabado, que sean transparentes, opacas, mates...

4.1.3. Fusión

Cuando se ha elegido la composición final de la frita y se han mezclado las diferentes materias primas, la mezcla pasa a una tolva de alimentación que alimenta al horno mediante un tornillo sin fin cuya velocidad controla la alimentación y tiene lugar el fritado propiamente dicho. El tiempo de permanencia del material en el interior está condicionado por la temperatura de fusión de los diferentes materiales, así que una vez que toda la mezcla está fundida, cae fuera del horno donde se recoge y es enfriada. El horno está dotado, de al menos un quemador, utilizando como combustible gas natural y como comburente aire u oxígeno, hasta alcanzar temperaturas alrededor de los 1500°C. Los gases producidos en la combustión antes de expulsarlos a la atmósfera, se pasan por un intercambiador de calor con el fin de recuperar energía para precalentar el aire de combustión y así optimizar el proceso ahorrando energía.

4.1.4. Enfriamiento

Existen dos tipos de enfriamiento cuando la frita cae al rojo vivo desde el horno, con agua, que es el más habitual, o con aire.

Con agua, el material fundido cae directamente sobre agua, lo cual provoca su inmediato enfriamiento. Al mismo tiempo, y debido al choque térmico, se produce la rotura del vidrio en pequeños fragmentos de forma irregular. Estos se suelen extraer del agua mediante un tornillo sin fin, posteriormente transportándose a un secadero para eliminarles la humedad del tratamiento anterior.

Con aire. En este caso la masa fundida se hace pasar a través de dos cilindros, enfriados en su interior por aire, obteniendo un sólido laminado muy frágil, que se rompe con facilidad en pequeñas escamas.

Una vez que la frita se ha enfriado, éstas se ensacan para su posterior utilización en esmaltes.

4.2. Características del sector

Desde hace un tiempo, la industria española de fritas y esmaltes consiguió alcanzar una situación de liderazgo en el sector de fritas y esmaltes cerámicos. Hasta alcanzar esta posición privilegiada, las empresas han dedicado esfuerzos al I+D+i, la internacionalización y la competitividad alcanzada para conseguir esta situación privilegiada a nivel mundial en la fabricación de fritas, esmaltes, colores y tintas cerámicas.

Las industrias de fritas apuestan fuerte por la innovación y destinan una parte importante de sus recursos a la investigación y desarrollo. Un porcentaje importante de sus empleados cuenta con titulación universitaria superior, lo que ha permitido una importante especialización en el sector. La calidad y competitividad de los productos resultantes ha sido esenciales para situarse en la élite mundial en términos cerámicos.

Según datos de la ANFFECC, que es la asociación nacional de fabricantes de fritas, esmaltes y colores cerámicos que reúne a los productores españoles de estos materiales, el sector está constituido por 23 empresas y proporcionando empleo directo a unos 4000 trabajadores sólo en el sector de fritas, esmaltes y colorantes cerámicos.

Una de las características principales del sector español es la alta concentración geográfica de la industria, donde en apenas en un radio de 15 km delimitado al norte por Vilafamés, al sur por Nules, al este por Castelló y al oeste por Onda y Alcora tal y como muestra la **Figura 2.2.**



Figura 2.2. Representación del clúster cerámico

Este distrito industrial cuenta con una serie de industrias auxiliares y organizaciones relacionadas en un área geográfica tan delimitada que, según estudios, es la clave para su competitividad a nivel mundial

4.3. Situación económica del sector

Históricamente, las empresas del sector se han caracterizado por ser empresas familiares y muy rudimentarias. Con el paso del tiempo y la implementación de sistemas de control en el proceso de fabricación se produjo un fuerte crecimiento en el sector aumentando el número de ventas en un 3.000 % desde el año 1982. El sector pasó de tener un volumen de ventas totales de 46 millones y dar trabajo a casi 900 personas en el año 1982 hasta alcanzar un volumen de ventas de 1.400 millones y 4.000 trabajadores registrados en 2018, según datos de la ANFFECC.

En el **Gráfico 2.1** se muestra la evolución histórica en número de ventas en millones de euros totales, la suma de las ventas nacionales y las exportaciones.

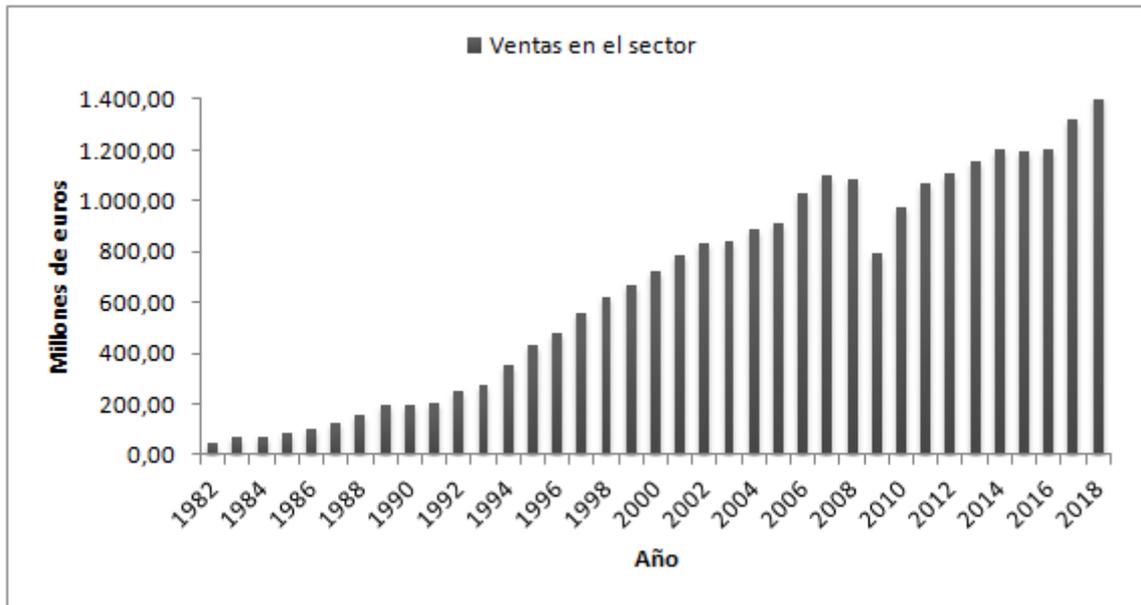


Gráfico 2.1. Evolución del número de ventas en los últimos años

Como se puede apreciar, la evolución del sector en número de ventas ha ido ascendiendo con el paso de los años de una forma meteórica. En el año 2009 se produce la primera bajada significativa con respecto a los otros años debido a la crisis. Tras unos años de incertidumbre, en apenas unos años, el sector se recupera y ya no solo alcanza los números de ventas con respecto antes de la crisis, si no que los supera.

En la **Gráfico 2.2.** se observa el número de trabajadores suscritos en el sector a lo largo de los años.

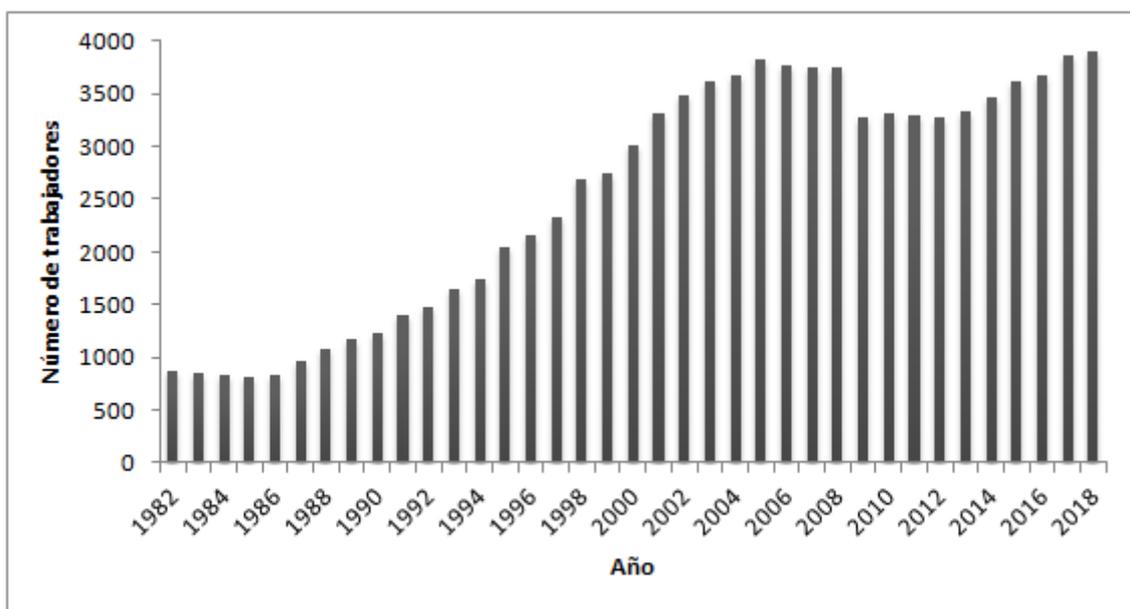


Gráfico 2.2. Evolución del número de trabajadores en los últimos años

Tal y como se puede observar en el gráfico, el número de trabajadores ha ido creciendo de forma exponencial hasta mediados de la década del 2000. Coincidiendo con la crisis, baja el número de trabajadores durante los siguientes cinco años y luego vuelve a subir ligeramente, no se trata como en el **Gráfico 2.1**, donde el número de ventas sí que ha crecido de una forma más notoria en estos años de post-crisis. Esto es debido al alto grado de automatización en el proceso, que consigue obtener, con menos trabajadores, la misma producción.

Durante mucho tiempo el principal mercado donde vender los productos era el mercado español llegando a absorber el 86% del total de las ventas, esa tendencia con el paso de los años se ha ido invirtiendo hasta que el número de exportaciones llegue al 70% actual, tal y como muestra el siguiente gráfico.



Gráfico 2.3. Reparto de las ventas por mercados en 2018.

Tal y como refleja la **Gráfico 2.3**, según datos de la ANFFECC, el sector basa el 70% de sus ventas al mercado extranjero, a países como China, Italia, Egipto, Argelia, Rusia, Marruecos, India, Turquía, Emiratos Árabes, Indonesia, Emiratos Árabes Unidos, Brasil, etc... Lo que da muestra que la industria ha sabido reinventarse y buscar nuevos horizontes para diversificar y expandir su marca internacionalmente. Pero no solo se basa en vender el producto a dichos países, si no que las empresas productoras de fritas además de exportar a esos países, también tienen plantas en Italia, Brasil, Indonesia, China, México, India, Marruecos, etc. Donde también producen el material en esos países.

5. Normas y referencias aplicables

5.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

- REAL DECRETO 1627/1997 del 14 de Abril por lo que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud laboral en los lugares de trabajo.
- Ley 31/1995 de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 7/2002 de la Generalitat Valenciana de Protección contra la Contaminación Acústica.
- UNE-EN ISO 50001:2018 Sistema de gestión energética.
- UNE-EN 13384-1:2016 Cálculos de chimenea de evaluación de humos.
- Normas TEMA Para el diseño del intercambiador de calor.
- UNE-EN ISO 5455 Dibujos técnicos. Escalas. (ISO 5455: /979).
- UNE-EN ISO 3098-0 Documentación técnica de productos. Escritura.
- UNE 1032 Dibujos técnicos. Principios generales de representación.
- UNE 157001-2014 Criterios generales para la elaboración de los documentos que constituyen un proyecto técnico.

5.2. Bibliografía

Referencias bibliográficas:

- [1] BARBA, A (2003). Operaciones básicas de transmisión de calor. Publicaciones de la Universitat Jaume I.

- [2] BARBA, A & AMORÓS JL (2003). Transmisión de calor por radiación. Publicaciones de la Universitat Jaume I.

- [3] ORTS, M^aJ (2016). Apuntes EQ 1020. Operaciones básicas de transmisión de calor. Material de la Universitat Jaume I.

- [4] RODRIGO, M^aD (2003). Operaciones básicas de flujo de fluidos. Publicaciones de la Universitat Jaume I.

- [5] MORENO, AV (2017). Apuntes EQ 1038. Materias primas en la industria cerámica. Material de la Universitat Jaume I.

- [6] COLOMER, F (2017). Apuntes EQ1031. Proyectos de ingeniería. Material de la Universitat Jaume I.

- [7] MONFORT, E (2017). Apuntes EQ 1040. Tecnología hídrica y energética en la industria química. Material de la Universitat Jaume I.

- [8] NORIEGA, J & VALIENTE, A (1993). Manual del ingeniero químico.

5.3. Programas empleados

Los programas utilizados para la realización del proyecto han sido los siguientes:

- **Microsoft Office Word 2007.** Para redactar el proyecto.
- **Microsoft Office Excel 2007.** Para realizar los cálculos del proyecto.
- **AutoCAD 2020.** Para la realización de los planos.
- **Microsoft Edge.** Para visualizar PDF referentes a la bibliografía del proyecto.
- **Microsoft Project 2018.** Para planificar el proyecto.
- **Cype 2018.** Para elaborar el presupuesto y el pliego de condiciones

5.4. Plan de gestión de calidad

Todos los materiales empleados en la realización de las obras deberán cumplir las condiciones que se establezcan en todos los documentos que forman parte del siguiente proyecto.

6. Definiciones y abreviaturas

Para poder facilitar la comprensión lectora y la redacción del proyecto, se procede a detallar las abreviaturas empleadas con su definición. Aunque en todo el proyecto se ha empleado el sistema internacional, se procederá a poner las unidades en las definiciones correspondientes.

▪ Nomenclatura

PCI	Poder Calorífico Inferior del gas natural (J/kg)
Q_{frita}	Caudal volumétrico de frita (m ³ /s)
m_{frita}	Caudal másico de frita (kg/s)
m_i	Número de carbonos de un compuesto
n_i	Número de hidrógenos
q	Calor a aportar (W)
Q_{GN}	Caudal volumétrico de gas natural (m ³ /s)
T_{LL}	Temperatura de llama (K)
hⁱ	Coefficiente individual de transmisión de calor (W/m ² K)
U	Coefficiente global de transmisión de calor (W/m ² K)
C_p	Calor específico (J/kg K)
PEM	Presupuesto de Ejecución de Material
PEC	Presupuesto de Ejecución por Contrata
I₀	Inversión inicial
BB	Beneficio bruto
BN	Beneficio Neto
FC	Flujo de caja
IPC	Índice de Precios al Consumo

VAN Valor Actual Neto

TIR Tasa Interna de Retorno

PR Periodo de Retorno

▪ **Nomenclatura griega**

Δ Diferencia

μ Viscosidad

ε Emisividad

ρ Densidad

τ Tiempo de residencia

7. Requisitos de diseño

Para realizar el proyecto es necesario conocer el entorno y las características principales en las que se encuentra el sector para poder dimensionar de una forma realista todos los cálculos realizados.

Para poder fijar la producción máxima diaria que puede alcanzar el horno es necesario conocer la producción total de fritas para poder estimar de una manera aproximada la capacidad individual de cada horno de forma que sea lo más realista posible.

7.1. Estudio de mercado

Según datos de Qualicer, la producción total alcanzada en el año 2017 en la Unión Europea fue de 1,5- 1,6 millones de toneladas, de los cuales, cabe destacar que más del 70 % de la producción de fritas de la UE se producen en España, mayoritariamente en la provincia de Castellón. Por tanto España produce cada año cerca de 1.1 millones de toneladas de fritas. De ese total, el 30% se destina al mercado nacional y el 70% se exporta por todo el mundo, desde Europa hasta el Sudeste Asiático o Sudamérica.

El horno diseñado funciona en continuo, por lo que el ritmo de producción será de 24 h/día (tres turnos), de lunes a domingo, exceptuando dos paradas de mantenimiento de dos semanas de duración cada una, que se producen en Agosto la primera y la segunda a finales de año, con lo que los días efectivos de producción son de 335 días.

A partir de toda la información recogida, y de observar la producción de diferentes hornos similares al proyectado se estima una producción diaria de 20 t/día, con lo que el horno llegaría a las 6700 t/año, teniendo una cuota de mercado del 0,61% de la producción total. Contando que existen 23 empresas dedicadas a la producción de fritas y que cada una de ellas tiene diferentes hornos en su planta, parece un valor razonable.

7.2. Esquema de la instalación

De acuerdo con los requisitos de diseño y teniendo en cuenta las características del proceso, en la **Figura 2.3** se muestra el esquema de la instalación del horno de fritas que se va a construir.

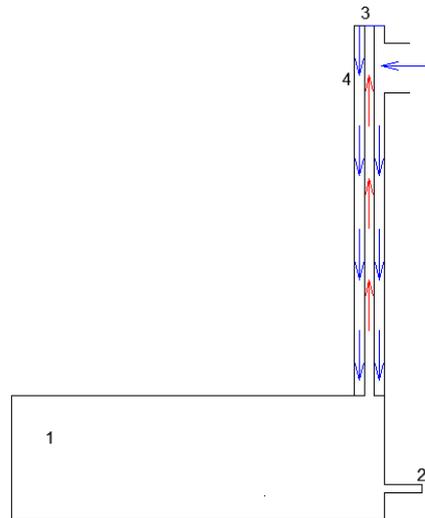


Figura 2.3. Esquema de la instalación

Los tramos marcados en la **Figura 2.3**, se muestran en la **Tabla 2.1**, detallando donde se encuentra cada equipo en la configuración.

Tabla 2.1. Descripción de los equipos de la instalación

Tramo	Descripción
1	Horno de fusión de fritas
2	Quemador
3	Chimenea
4	Intercambiador de calor

7.3. Características de la chimenea

Para diseñar la chimenea se utiliza como material cemento refractario, ya que se trata de un material bastante común para las características que requieren este tipo de conducciones, ya que ofrecen alta resistencia y dureza con lo que la vida útil del material es elevada.

Para diseñar el diámetro y la altura óptima en la chimenea se ha tenido en cuenta dos factores principalmente, el caudal de gases que circulan por el interior de la conducción y la velocidad a la que circulan dichos gases. El caudal que circula por la conducción es de 0,11 kg/s y la velocidad a la que deben circular debe ser de alrededor de 15 m/s.

Por tanto en la **Tabla 2.2** se muestra el diámetro y la altura que tiene la chimenea a partir del caudal de gases y de la velocidad a la que se alcanzan los gases.

Tabla 2.2. Características de la chimenea

Tramo	D (m)	h (m)	m (kg/s)	v (m/s)
3	0,2	7,21	0,11	15,16

7.4. Caracterización de las corrientes de entrada y salida

En la **Tabla 2.3.** se recogen los datos para caracterizar las corrientes de entrada y salida al horno. A partir del caudal, densidades, calores específicos y temperaturas se caracterizan las conducciones del sistema.

Corrientes de entrada al horno.

Tabla 2.3. Caracterización de las corrientes de entrada al sistema.

	Q (m ³ _N /h)	Cp (J/kg K)	ρ (kg/m ³)	T (°C)
Gas Natural	110	1077	0,786	20
Oxígeno	218,5	915	1,43	20

Corriente de salida del horno.

Tabla 2.4. Caracterización de las corrientes de salida al sistema.

	m (kg/s)	Cp (J/kg K)	ρ (kg/m ³)	T (°C)
Gases de combustión	0,11	1.398	0,309	1.000

7.5. Consideraciones empíricas a tener en cuenta para desarrollar y entender el proyecto

Todos los datos empíricos utilizados para la realización del proyecto han sido proporcionados por la empresa Proying XXI. A continuación se muestran diferentes consideraciones utilizadas para el desarrollo del trabajo.

- Como se observa, los gases dentro de la cámara de combustión se encuentran a una temperatura de 1450°C, pero para el cálculo del intercambiador de calor, la temperatura de los gases utilizada en la entrada de la chimenea es de 1.000°C. Este salto de temperatura tan pronunciado es debido que los gases se encuentran en el interior del horno a 1.450°C, pero en la parte superior de la chimenea, el aire ambiental, se encuentra a unos 20°C, con lo que, cuando se produzca el contacto entre los gases generados en la combustión y el aire ambiental, se produce un choque térmico cuya consecuencia es la caída de temperatura de los gases de combustión. Esta caída de temperatura varía en función de la rejilla por donde salen estos gases de combustión. A mayor área de contacto, la caída de temperatura será mayor.
- Tal y como se explica en los anexos, no se tienen en cuenta posibles subproductos generados en la combustión, ni los que se producen debido a las pérdidas por calcinación de las diferentes materias primas. El resultado de esta consideración es que para el proyecto, no se generan elementos como pueden ser NO_x, u otros elementos no deseados porque se trabaja desde una reacción ideal. Por tanto, debido a esta consideración no es necesario recurrir a dispositivos depurativos para tratar a los humos que salen por la chimenea.
- Al no disponer de parámetros de diseño para poder desarrollar la longitud de la cámara de fusión de fritas, se asume que la longitud de la cámara debe coincidir con la longitud de llama del quemador, en este caso de 6m. También se aproxima el valor de la altura del fundido a 10cm porque es complicado asumir con precisión dicho valor, y empíricamente se sabe que la altura del fundido ronda ese valor
- Tal y como refleja el punto 1.5 situado en los anexos, teóricamente el tiempo de residencia es muy inferior al utilizado para realizar el proyecto. Es debido a que en la realidad, los hornos de fusión están sobredimensionados para asegurar la correcta fusión de materias primas.

8. Resultados finales

En el siguiente punto se detalla un resumen del estudio realizado a lo largo de todo el proyecto. El proyecto se desglosa en cuatro apartados desde el punto de vista técnico, que son los que se muestran a continuación:

- Calcular los caudales de entrada y salida del horno
- Dimensionar el horno
- Diseñar la chimenea
- Diseñar el intercambiador de calor

En la **Tabla 2.5** se observa el calor requerido para poder fundir las materias primas y así obtener la frita. Por tanto a partir de este calor y con el poder calorífico inferior del gas natural, se obtiene el caudal de gas natural para alimentar el quemador y así obtener la frita.

Tabla 2.5. Caudal y calor a aportar en el quemador para fundir la frita.

q (kW)	PCI (MJ/m ³)	Q (m ³ _N /h)
1.164,16	38,1	110

Por tanto, a partir del caudal de gas natural obtenido y teniendo en cuenta la reacción de combustión, se calculan los caudales de oxígeno necesario para obtener la llama y el volumen de humos que genera la reacción, tal y como refleja la **Tabla 2.6**.

Tabla 2.6. Corrientes de entrada y de salida de los gases en el horno.

		Q (m ³ _N /h)
Entrada del horno	Gas Natural	110
	O ₂	218,5
		m (kg/h)
Salida del horno	H ₂ O	175,73
	CO ₂	214,77

A continuación, en la **Tabla 2.7.** se muestran las dimensiones de la cámara del horno y las dimensiones del horno en total.

Tabla 2.7. Dimensiones del horno.

	Altura (m)	Anchura (m)	Longitud (m)
Cámara de fundido	2,22	2,22	6
Horno	3,6	3,6	7,38

Los resultados obtenidos en el diseño de la chimenea se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2.8. Parámetros de diseño de la chimenea.

	$D_{chimenea}$ (m)	$h_{chimenea}$ (m)	v (m/s)	D_{aisl} (m)
Chimenea	0,2	7,21	15,16	0,6

Para finalizar se muestran los parámetros para diseñar el intercambiador de calor, así como las dimensiones que debe tener.

Tabla 2.9. Parámetros de diseño del intercambiador de calor.

q (W)	h^a (W/m ² K)	h^b (W/m ² K)	U (W/m ² K)	A (m ²)	l (m)
107.646	1624,24	149,32	124,56	1,81	7,21

9. Planificación

La planificación de un proyecto consiste en la planificación de las obras e instalaciones que se deben llevar a cabo, tal y como especifica el estudio y es necesario para que el proyecto se pueda finalizar en el tiempo requerido con los recursos disponibles. Además, la planificación permite tener una visión de cómo irá evolucionando el proyecto.

Para realizar la planificación del proyecto hay que tener en cuentas las tareas que se van a realizar durante el proyecto, la duración de éstas y las interrelaciones y dependencias entre tareas.

Las actividades en las que se puede dividir el proyecto son las siguientes:

- Adecuar la zona de instalación 3 días
- Montaje de la estructura 7 días
- Construcción del horno 40 días
- Instalación de los equipos 35 días
- Instalación de las conducciones 15 días
- Instalación del gas natural 3 días
- Instalación de la electricidad 3 días
- Instalación de la fontanería 5 días
- Puesta en marcha 3 días

En la **Figura 2.4** se muestran las actividades del proceso y la duración de éstas, y en la **Figura 2.5** se muestra el diagrama de Gantt, realizado mediante el programa Microsoft Project , que muestra la planificación del proyecto.

		Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1			Adecuar zona de instalación	3 días	lun 02/12/19	mié 04/12/19	
2			Montaje de la estructura	7 días	jue 05/12/19	vie 13/12/19	1
3			Construcción e instalación del horno	40 días	lun 16/12/19	vie 07/2/20	2
4			Instalación de los equipos	35 días	lun 10/2/20	vie 27/3/20	3
5			Instalación de las conducciones	15 días	lun 30/3/20	vie 17/4/20	4
6			Instalación de gas natural	3 días	lun 20/4/20	mié 22/4/20	5
7			Instalación de la electricidad	3 días	lun 20/4/20	mié 22/4/20	5
8			Instalación de fontanería	5 días	lun 20/4/20	vie 24/4/20	5
9			Puesta en marcha	3 días	lun 27/4/20	mié 29/4/20	8

Figura 2.4. Planificación de actividades del proyecto.

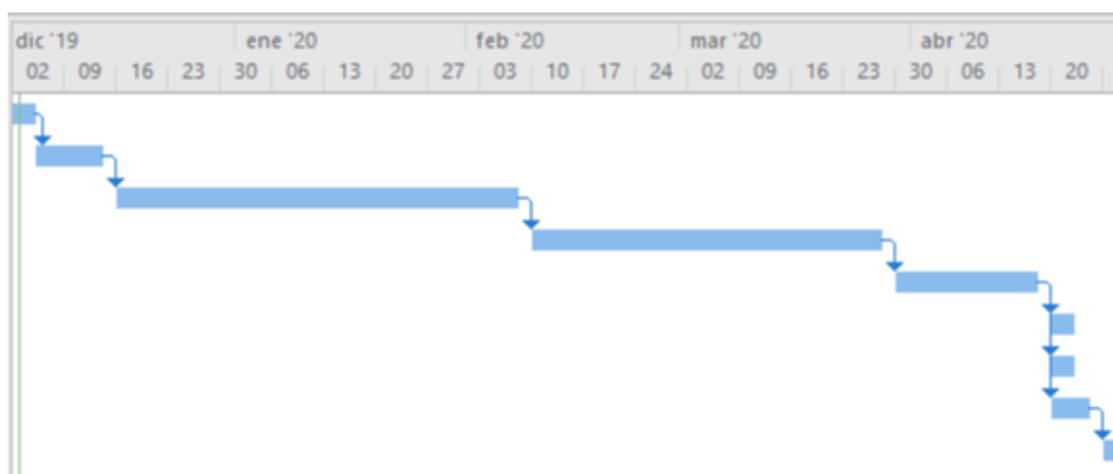


Figura 2.5. Diagrama de Gantt.

La planificación se ha llevado a cabo teniendo en cuenta que toda la instalación vaya por el camino correcto y no surge ningún problema durante la realización del proyecto.

Cuando se ha realizado la planificación, se estima que la duración del mismo es de 129 días con una jornada laboral de 8 horas diarias de lunes a sábado. Se estima que el proyecto se inicia el 02/12/2019 y se prevé que finalice el 29/04/2020 si no surge ninguna complicación.

10. Orden de prioridad de los documentos básicos

Según la norma UNE 157001-2014, “Criterios generales para la elaboración de los documentos que constituyen un proyecto técnico”, el orden de prioridad establecido entre los diferentes documentos básicos del proyecto ha de ser el siguiente.

1. Índice General
2. Memoria
3. Anexos
4. Planos
5. Pliego de Condiciones
6. Estado de Mediciones
7. Presupuesto

11. Viabilidad económica

El estudio de viabilidad económica se ordena y sistematiza toda la información del proyecto, referida a los aspectos monetarios con el objetivo de aceptar o rechazar el proyecto según indiquen las tasas de rentabilidad. Para ello se analizarán cuatro indicadores económicos clásicos: la cuenta de resultados, el flujo de caja, el VAN y el TIR.

Todos los valores que se muestran tienen incorporado el impuesto sobre el valor añadido del 21%.

11.1. Resumen del presupuesto

Para empezar a realizar el estudio de viabilidad económica es necesario conocer previamente el presupuesto del proyecto. A continuación se recoge en la **Tabla 2.10** las partes principales del presupuesto necesarias para realizar el estudio de viabilidad.

Tabla 2.10 Presupuesto de ejecución del material, PEM

Elemento	Precio (€)
Equipos	333.242,60
Conducciones	1.798,78
Mano de obra	50.256,21
Total	385.297,58

Mientras que en la **tabla 2.11** se recoge el presupuesto de ejecución por contrata de la instalación.

Tabla 2.11. Presupuesto de ejecución por contrata, PEC

Elemento	Precio (€)
PEM	385.297,58
Gastos	50.088,69
Beneficio	23.117,85
Total	458.504,12

El presupuesto total del proyecto Diseño e instalación de un horno de fritas cerámicas asciende a **CUATROCIENTOS CINCUENTA Y OCHO MIL QUINIENTOS CUATRO COMA DOCE EUROS.**

11.2. Presupuesto de explotación

En este punto se analizan los gastos de inversión, amortización, gastos directos, indirectos, ingresos, también se obtiene el VAN, TIR, y el periodo de retorno PR del proyectos realizado

11.2.1. Inversión inicial

La inversión inicial para la construcción e instalación del horno proyectado es el PEC reflejado en la **Tabla 2.11**. Por tanto la inversión inicial asciende a los 458.504,12 €

11.2.2. Gastos

El presupuesto de explotación detalla los gastos anuales, éstos incluyen los gastos directos, los gastos indirectos y la amortización. Los gastos totales anuales ascienden a los 4.786.044,11 €.

11.2.2.1. Gastos directos

Los gastos directos son aquellos dependen de la producción. En este caso se han considerado, el coste de las materias primas, el consumo eléctrico, de combustible (gas natural), de comburente (oxígeno) y del CO₂ generado en la combustión. Por tanto estos gastos ascienden hasta los 4.607.514,35€ anuales.

11.2.2.2. Gastos indirectos

Los gastos indirectos o fijos son aquellos que no se imputan en el producto pero son necesarios para la producción. En este caso se ha considerado únicamente como gastos indirectos la mano de obra requerida para hacer funcionar el horno. Se ha decidido que el horno trabaja las 24 horas al día y 330 días al año y que requiere de 4 trabajadores encargados del control del funcionamiento correcto de la instalación. Por tanto se harán turnos de 8h al día, con lo que al día el horno requiere de 3 personas al día con turnos de mañana, tarde y noche, mientras que el cuarto está descansando. El coste anual de cada operario es de 25.000 euros brutos. Por otra parte se requiere de un ingeniero encargado de solventar las situaciones más complicadas que los operarios no sean capaces de arreglar. Éste ingeniero trabaja 8h al día de lunes a viernes y su coste anual es de 40.000 €. Resumiendo, los gastos indirectos ascienden hasta los 140.000 € anuales.

11.2.2.3. Amortización

La amortización es la contabilidad de la pérdida de valor a lo largo del tiempo de los equipos de la instalación. Se debe de tener en cuenta que el dinero reservado para la renovación de estos equipos tiene un procedimiento especial, ya que, no se ve afectado por los impuestos y aunque es parte del flujo de caja no se incluyen en los beneficios porque al cabo del tiempo ese dinero se debe de volver a reinvertir. Los equipos y conducciones de la instalación, se ha considerado un que el tiempo para amortizar dichos equipos sea de 10 años con un 1,75% de IPC. Así que el coste de amortización de un año es de 38.529,76 €.

11.2.3. Ingresos

Tras realizar un estudio de mercado, y tras ver los gastos que tiene la instalación, el precio de de venta al público de frita es de 783,25 €/t produciendo 6700 t/año. Por tanto los ingresos anuales son de 5.247.775 €. Se ha considerado que la producción y el precio de la tonelada se mantiene constante a lo largo de los diez años.

11.2.4. Beneficios

En los siguientes apartados se detallarán los beneficios brutos, sin impuestos y los beneficios netos, donde ya se han aplicado los impuestos.

11.2.4.1. Beneficios brutos

El beneficio bruto anual es la diferencia entre los ingresos y los gastos totales, suma de gastos directos e indirectos. En la siguiente tabla se muestra el beneficio bruto que tendría la instalación a lo largo de los próximos diez años con una tasa de crecimiento económico del 1,75%.

Tabla 2.12. Beneficio bruto anual a lo largo de diez años

Año	Gastos Directos (€)	Gastos indirectos (€)	Ingresos (€)	Beneficio bruto (€)
2020	4.607.514,35	178.529,76	5.247.775,00	461.730,89
2021	4.688.145,85	181.654,03	5.339.611,06	469.811,18
2022	4.770.188,41	184.832,97	5.433.054,26	478.032,88
2023	4.853.666,70	188.067,55	5.528.132,71	486.398,45
2024	4.938.605,87	191.358,73	5.624.875,03	494.910,42
2025	5.025.031,47	194.707,51	5.723.310,34	503.571,36
2026	5.112.969,52	198.114,89	5.823.468,27	512.383,86
2027	5.202.446,49	201.581,90	5.925.378,97	521.350,57
2028	5.293.489,30	205.109,59	6.029.073,10	530.474,21
2029	5.386.125,37	208.699,00	6.134.581,88	539.757,51
2030	5.480.382,56	212.351,24	6.241.937,06	549.203,26

11.2.4.2. Beneficio neto

El beneficio neto anual es el resultado de aplicar el porcentaje referido a impuestos. Teniendo en cuenta que este porcentaje en la legislación es del 25%. En la **Tabla 2.13** se muestra el beneficio en neto que se obtendría de la instalación a diez años vista con una tasa de crecimiento económica del 1,75%.

Tabla 2.13. Beneficio neto anual a lo largo de diez años

Año	Beneficio bruto (€)	Beneficio neto (€)
2020	461.730,89	346.298,17
2021	469.811,18	352.358,39
2022	478.032,88	358.524,66
2023	486.398,45	364.798,84
2024	494.910,42	371.182,82
2025	503.571,36	377.678,52
2026	512.383,86	384.287,89
2027	521.350,57	391.012,93
2028	530.474,21	397.855,66
2029	539.757,51	404.818,13
2030	549.203,26	411.902,45

11.2.5. Flujo de caja

El flujo de caja es el dinero corriente que dispone la instalación en cada momento. Esto corresponde a la suma de los beneficios netos junto con la amortización para los próximos diez años tal y como refleja la **Tabla 2.14** se muestra el flujo de caja anual generado por el sistema a diez años vista con una previsión de crecimiento del 1,75%.

Tabla 2.14. Flujo de caja anual a lo largo de diez años

Año	Beneficio neto (€)	Amortización (€)	FC (€)
2020	346.298,17	38.529,76	384.827,93
2021	352.358,39	39.204,03	391.562,41
2022	358.524,66	39.890,10	398.414,76
2023	364.798,84	40.588,18	405.387,02
2024	371.182,82	41.298,47	412.481,29
2025	377.678,52	42.021,19	419.699,71
2026	384.287,89	42.756,56	427.044,46
2027	391.012,93	43.504,80	434.517,73
2028	397.855,66	44.266,14	442.121,79
2029	404.818,13	45.040,79	449.858,92
2030	411.902,45	45.829,01	457.731,46

11.3. Estudios de rentabilidad

11.3.1. Valor actual neto, VAN

El VAN es un indicador financiero de rentabilidad de un proyecto que mide los flujos de los futuros ingresos y gastos que tendrá un proyecto, para determinar, si descontando la inversión inicial se obtienen ganancias. Si el resultado es positivo, el proyecto es viable.

- $VAN > 0$: el proyecto es rentable, las ganancias superan a los costes.
- $VAN = 0$: el proyecto no genera ni pérdidas ni ganancias.
- $VAN < 0$: indica que un proyecto no es rentable en un determinado período de tiempo.

La ecuación que determina el VAN es:

$$VAN = -I_0 + \int_0^n \frac{FC}{(1 + i_r)^n} \quad (\text{ecuación 1})$$

Siendo:

- I_0 , Inversión inicial
- FC, Flujo de caja a un año determinado
- i_r , Interés nominal
- n, Periodo de tiempo

Teniendo en cuenta que:

$$i_r = \frac{i_n}{IPC} = \frac{1,5}{1,75} = 0,86 \%$$

En la **Tabla 2.15** se muestra el valor actual neto que se obtendría durante diez años con una tasa de crecimiento del 1,75%.

Tabla 2.15. Valor Actual Neto del proyecto.

Año	FC (€)	$(1 + i_r)^n$	$\frac{FC}{(1 + i_r)^n}$
2020	384.827,93	1,000	384.827,93
2021	391.562,41	1,009	388.234,69
2022	398.414,76	1,017	391.671,61
2023	405.387,02	1,026	395.138,96
2024	412.481,29	1,035	398.637,00
2025	419.699,71	1,044	402.166,01
2026	427.044,46	1,053	405.726,26
2027	434.517,73	1,062	409.318,03
2028	442.121,79	1,071	412.941,60
2029	449.858,92	1,080	416.597,24
2030	457.731,46	1,089	420.285,25
		VAN	4.040.247,00

Se puede observar, gracias a la **tabla 2.15**, que el VAN a lo largo de diez años es positivo, por lo que es una instalación rentable económicamente, ya que los ingresos superan a los costes.

11.3.2. Tasa interna de rentabilidad, TIR

La tasa interna de retorno es la tasa de rentabilidad o interés que ofrece una inversión. Es decir el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto. La tasa de retorno se obtiene iterando, obteniendo el valor de interés que hace posible que el VAN sea cero. Con lo que interesa realizar aquellos proyectos cuyo TIR sea superior al interés nominal del dinero.

El TIR se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$0 = -I_0 + \frac{\sum_{n=0}^{n=10} FC}{(1 + TIR)^{10}}$$

$$0 = -458.504,12 + \frac{4.623.647,47}{(1 + TIR)^{10}}$$

La **Tabla 2.16.** muestra la iteración que permite calcular el TIR que hace que el VAN se cero.

Tabla 2.16. Obtención del TIR.

i	VAN
0,1	1.324.112,13
0,15	684.390,82
0,2	288.240,76
0,25	37.956,24
0,26	-67,54

Tal y como se muestra en la **tabla 2.16**, el TIR es del 25%, lo que es una tasa de rentabilidad muy superior al interés nominal del dinero con lo que el proyecto es muy rentable en términos económicos.

11.3.3. Periodo de retorno, PR

El periodo de retorno, PR, es un índice económico que indica el tiempo que se necesita para recuperar la inversión inicial realizada en el proyecto.

La **ecuación 2** nos indica como calcular el PR.

$$PR = \frac{I_0}{\text{Promedio BN anual}} \quad (\text{ecuación 2})$$

$$PR = \frac{458.504,12}{378.247,13} = 1,21 \text{ años}$$

El periodo de retorno de la inversión de este proyecto calculado mediante la **ecuación 2** y es de 1 año y 77 días. Es un periodo de retorno tan bajo ya que la inversión inicial realizada no es excesivamente alta. En este momento, es decisión del promotor la realización de la evaluación del diseño de un horno de fusión de fritas.

ANEXOS

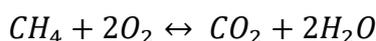
ÍNDICE DE LOS ANEXOS

1. OBJETO.....	1
1. COMBUSTIÓN.....	1
1.1. Composición del gas natural.....	1
1.2. Cálculo de volumen de humos.	1
1.3. Cálculo de la temperatura de llama teórica.....	2
1.4. Cálculo de las propiedades de los gases de salida.	4
1.5. Cálculo del caudal necesario de gas natural para fundir la frita	7
1.6. Cálculo del oxígeno necesario para crear la llama.	8
1.7. Cálculo de las propiedades del oxígeno.	9
1.8. Cálculo del volumen de humos generados en la oxicomcombustión	9
2. DIMENSIONAMIENTO DEL HORNO	10
2.1. Variables de diseño	10
2.2. Cálculo de la anchura y de la altura del horno.....	10
2.3. Disposición y dimensionado de todas las paredes.....	11
2.4. Medidas definitivas del horno.....	14
2.5. Velocidad media de la frita dentro del horno	16
2.6. Cálculo de la sección de las vigas para sustentar el horno	16
2.7. Cálculo del caudal de agua necesario para la refrigeración de la frita	22
3. DISEÑO DE LA CHIMENEA	23
3.1. Diseño del diámetro de la chimenea	23
4. DISEÑO DEL AISLAMIENTO DE LA TUBERÍA	25
4.1. Transferencia de calor.	25
4.2. Cálculo del espesor del aislante.....	29
5. DISEÑO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR	32
5.1. Cálculo de ΔT_{ml}	32
5.2. Determinación de la potencia intercambiada.	33
5.3. Cálculo del coeficiente individual de transmisión de calor para el fluido frío, h^a	34
5.4. Cálculo del coeficiente individual de transmisión de calor para el fluido caliente, h^h	35
5.5. Cálculo del coeficiente global de transmisión de calor ,U.	36
5.6. Cálculo del área del intercambiador de calor.....	36

1. Combustión

En este apartado del proyecto se realizarán los cálculos relacionados con la combustión para poder alcanzar la temperatura de llama deseada para poder fundir la frita.

La reacción que rige el siguiente proceso de combustión es la siguiente:



Se trata de una combustión donde el combustible es el metano y como comburente se utiliza oxígeno puro.

1.1. Composición del gas natural

En la **tabla 3.1** se muestra la composición media del gas natural que abastece la zona según la información proporcionada en los apuntes de la asignatura EQ1040 tecnología hídrica i energètica en la industria química.

Tabla 3.1. Composición del gas natural.

Elemento	m_i	n_i	X_j	PCI (MJ/kg)	ρ (kg/m ³)
CH ₄	1	4	0,9	50	0,717
C ₂ H ₆	2	6	0,075	47,51	1,282
C ₃ H ₈	3	8	0,015	46,2	1,83
C ₄ H ₁₀	4	10	0,004	44,78	2,52
N ₂	0	0	0,006	0	1,251
				49,435	0,786

1.2. Cálculo de volumen de humos.

En el siguiente apartado se calcula el volumen de humos mínimo que se producen en la combustión.

$$V_T = V_{CO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2} + V_{O_2} \quad (\text{ecuación 3})$$

Al tratarse de una oxicomustión donde no se tienen en cuenta posibles subproductos relacionados en la reacción de combustión y reaccionan de forma estequiométrica, se considera 0 el término que corresponde al N₂ y del O₂, obteniendo los siguientes resultados.

- V_{CO₂}:

$$V_{CO_2} = \sum m_i \cdot X_{Cmi} = 1 \cdot 0,9 + 2 \cdot 0,075 + 3 \cdot 0,015 + 4 \cdot 0,004 = 1,11 \frac{m^3_{CO_2}}{m^3_{GN}}$$

- V_{H₂O}

$$V_{H_2O} = \sum \frac{n_i}{2} \cdot X_{Cmi} = \frac{4}{2} \cdot 0,9 + \frac{6}{2} \cdot 0,075 + \frac{8}{2} \cdot 0,015 + \frac{10}{2} \cdot 0,004 = 2,105 \frac{m^3_{H_2O}}{m^3_{GN}}$$

$$V_T = V_{CO_2} + V_{H_2O} = 1,11 + 2,105 = 3,215 \frac{m^3_{totales}}{m^3_{GN}}$$

1.3. Cálculo de la temperatura de llama teórica

Utilizando oxígeno como comburente:

$$T_{LL} = \frac{PCI}{\sum V_i \cdot Cp_i} \quad (\text{ecuación 4})$$

Siendo:

- PCI: Poder calorífico inferior (MJ/m³ combustible)
- V_i: Volumen de humos del componente i (m³ componente i/ m³ combustible)
- Cp_i: Calor específico del componente i (MJ/m³K)

Particularizando la **ecuación 4** a nuestro problema, la expresión queda de la siguiente forma:

$$T_{LL} = \frac{PCI}{V_{CO_2} \cdot Cp_{CO_2} + V_{H_2O} \cdot Cp_{H_2O} + V_{O_2} \cdot Cp_{O_2}}$$

Una vez calculado el volumen de humos que ocupa cada componente y obteniendo el valor de su calor específico a la temperatura requerida, se procede a calcular la temperatura de llama mediante un método gráfico. Para poder obtener la solución gráfica se debe de seguir

la **Figura 3.1.** que muestra el diagrama de cálculo que se ha de aplicar para obtener la T_{llama} .

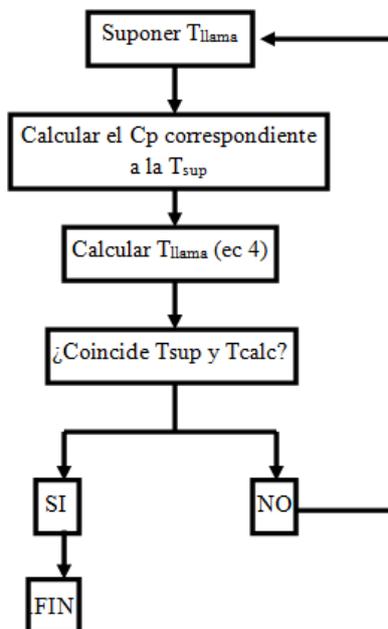
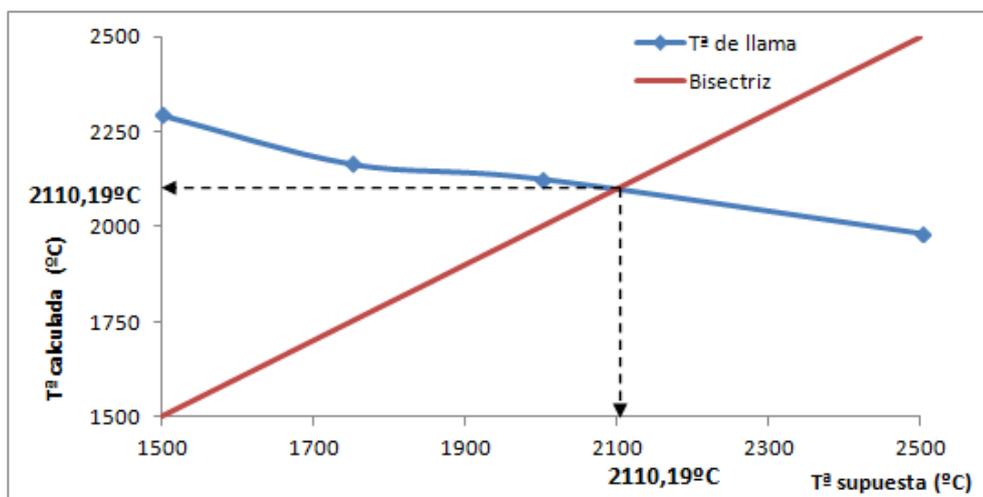


Figura 3.1. Diagrama de cálculo para obtener la T_{llama}

Por tanto el resultado correcto se obtiene cuando la T_{sup} coincide con la T_{calc} . En términos gráficos la solución se obtiene al representar los puntos calculados y supuestos en una recta y trazar la bisectriz, el punto donde coinciden las dos rectas será la solución tal y como se muestra en la **Gráfica 3.1.**

Tabla 3.2. Temperatura supuesta y calculada para obtener la T_{llama}

$T_{supuesta}$ (°C)	T_{calc} (°C)
1500	2295,26
1750	2166,92
2000	2127,52
2500	1985,35



Gráfica 3.1. Cálculo teórico de la temperatura de llama

Tal y como muestra la **Gráfica 3.1** la temperatura de llama es de 2110 °C.

1.4. Cálculo de las propiedades de los gases de salida.

La corriente de salida se trata de una mezcla de gases de CO₂ y H₂O por tanto se deben calcular las propiedades que no aparecen en bibliografía, como es el caso de la densidad y de la viscosidad.

1.4.1. Cálculo de la densidad media de los gases de salida.

A partir de la ley de los gases ideales se calcula la densidad de la corriente de salida de los humos generados dentro del horno.

$$\rho_{media} = \frac{P \cdot PM}{R \cdot T} \quad (\text{ecuación 5})$$

Siendo:

- P, presión absoluta, Pa
- PM, peso molecular, kg/kmol
- R, Constante universal de los gases ideales, J/(K·kmol)
- T, Temperatura absoluta, K
- ρ , densidad media, kg/m³

Sustituyendo los valores para las condiciones especificadas se obtiene que:

$$\rho_{media} = \frac{101325,67 \cdot (44 \cdot 0,55 + 18 \cdot 0,45)}{8314 \cdot 1273} = 0,309 \text{ kg/m}^3$$

1.4.2. Cálculo de la viscosidad de los gases de salida

La viscosidad de la mezcla se calcula mediante la siguiente expresión.

$$\mu_{mezcla} = \frac{PM_{mezcla}}{\frac{y_1 PM_1}{\mu_1} + \frac{y_2 PM_2}{\mu_2}} \quad (\text{ecuación 6})$$

Siendo:

- μ_{mezcla} , Viscosidad de la mezcla de gases, Pa·s
- PM_i , Peso molecular del componente i, g/mol
- μ_i , Viscosidad del componente i
- y_i , Fracción molar del componente i

Por tanto para obtener el valor final de la viscosidad de la mezcla, previamente se calcula el coeficiente de viscosidad individual de cada componente mediante la fórmula de Chapman-Enskog.

$$\mu = 2,6693 \times 10^{-5} \frac{\sqrt{PM \cdot T}}{\sigma^2 \Omega \mu} \quad (\text{ecuación 7})$$

Siendo:

- μ , Viscosidad, Pa·s
- PM , Peso molecular, g/mol
- T , Temperatura a la que se encuentra el fluido, K
- σ , Diámetro de colisión
- $\Omega \mu$, Integral de colisión.

Los resultados obtenidos de viscosidad para cada fluido son:

Tabla 3.3. Cálculo de las viscosidades individuales

	T(K)	σ	ε/K	kT/ε	$\Omega\mu$	μ (Pa·s)
CO ₂	1273	3,941	195,2	8,827	0,841	$5,63 \cdot 10^{-5}$
H ₂ O	1273	3,242	78,1	22,06	0,734	$6,1 \cdot 10^{-5}$

Los valores marcados para los parámetros σ , ε/k y $\Omega\mu$ se obtienen de la **Figura 1 y 2** situada en los **anexos de gráficas**

Por tanto una vez que se han calculado el valor para las viscosidades individuales, se procede a calcular el valor de la viscosidad de la mezcla sustituyendo en la **ecuación 6**.

$$\mu_{mezcla} = \frac{44 \cdot 0,55 + 18 \cdot 0,45}{\frac{0,55 \cdot 44}{5,63 \times 10^{-5}} + \frac{0,45 \cdot 18}{6,1 \times 10^{-5}}} = 5,741 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

La viscosidad de la mezcla de humos a la salida de la chimenea es de $5,741 \cdot 10^{-5}$ Pa·s

1.4.3. Cálculo del calor específico de los gases de salida

El calor específico medio de la mezcla de gases es el siguiente:

$$Cp_{medio} = \sum X_i \cdot Cp_i \quad (\text{ecuación 8})$$

$$Cp_{medio} = 0,45 \cdot 915 + 0,55 \cdot 1793,18 = 1398 \frac{J}{kg K}$$

Resumiendo, las condiciones a las que se encuentran los humos a la salida del horno son las que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3.4. Condiciones de los humos de salida del horno

m_{humos}	0,11 kg/s
ρ_{humos} (1000°C)	0,309 kg/m ³
ρ_{humos} (20°C)	1,343 kg/m ³
μ_{humos}	$5,74 \cdot 10^{-5}$ Pa·s
Cp_{humos}	1398 J/kg K

1.5. Cálculo del caudal necesario de gas natural para fundir la frita

Para calcular el caudal de gas natural necesario para fundir la frita se necesita conocer el calor que saldrá el gas natural a través del quemador y el poder calorífico inferior del mismo tal y como refleja la tabla 1.

Tabla 3.5. Calor aportado por el quemador

q (kW)	PCI (MJ/m ³ _N)
1164,16	38,1

A partir de la **tabla 3.5** y la **ecuación 9** se obtendrá el caudal de gas natural necesario para fundir la frita.

$$Q_{GN} = \frac{q \text{ (Potencia del quemador)} \left(\frac{\text{kJ}}{\text{h}} \right)}{PCI \left(\frac{\text{kJ}}{\text{m}_N^3} \right)} \quad \text{(ecuación 9)}$$

$$Q_{GN} = \frac{1,164,16 \cdot 3600}{38,1 \cdot 1000} = 110 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Por tanto se necesitan 110 m³/ h de gas natural para que la frita funda a las condiciones especificadas.

Empíricamente, al diseñar un horno de fusión siempre se sobredimensiona para asegurar la completa fusión de materias primas. Pero para determinar cómo de sobredimensionado se encuentra el horno se determina el tiempo justo para fundir las materias primas teóricamente a partir de sus propiedades. Teniendo en cuenta que la potencia del quemador se muestra en la **tabla 3.5**, y que la cantidad de material a fundir es de 20 t/d, ya que no se tiene en cuenta durante el proyecto las pérdidas por calcinación de las materias primas, y con un calor específico medio de 837 J/ kg K se obtiene el siguiente valor:

$$t_{fusión} = \frac{q_{frita}}{P_{quemador}} = \frac{833,33 \cdot 837 \cdot (1450 - 20)}{4.188.184.000} = 0,238 \text{ h}$$

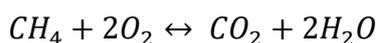
Por tanto, teóricamente solo se necesitan 15 minutos para fundir la mezcla de materias primas. Para poder obtener un tiempo de residencia de 4h, que es el valor utilizado a lo largo del proyecto, se necesita la siguiente cantidad de material para fundir:

$$m = \frac{q}{C_p \cdot \Delta T} = \frac{4.188.184.000 \cdot 4}{837 \cdot (1450 - 20)} = 13.996,65 \text{ kg/h}$$

Como se observa, la cantidad de material obtenido es desproporcionado a la realidad. En conclusión se utiliza un tiempo de residencia de 4h para poder fundir 833,33 kg/h de material porque es importante que la mezcla se encuentre fundida completamente y con este valor de 4 h se asegura esa correcta fusión de los materiales, además también se debe de tener en cuenta la velocidad con la que avanza el fundido desde la montaña de material hasta el orificio de salida. Por esos dos motivos principales se utiliza un tiempo de residencia tan elevado a costa de sobredimensionar el horno.

1.6. Cálculo del oxígeno necesario para crear la llama.

Basando los cálculos en la reacción de combustión, se procede a realizar un cálculo estequiométrico para obtener el caudal necesario de oxígeno a partir del reactivo limitante que es el gas natural. Por ello es necesario tener en cuenta la reacción de combustión.



Hay que tener en cuenta que por cada mol de gas natural se requieren de dos moles de oxígeno para poder llevar a cabo la reacción.

$$110 \frac{m_N^3 CH_4}{h} \cdot \frac{0,71 \text{ kg}}{m_N^3} \cdot \frac{1 \text{ kmol } CH_4}{16 \text{ kg } CH_4} \cdot \frac{2 \text{ kmol } O_2}{1 \text{ kmol } CH_4} \cdot \frac{32 \text{ kg } O_2}{1 \text{ kmol } O_2} \cdot \frac{1 \text{ m}^3 O_2}{1,43 \text{ kg } O_2} = 218,46 \frac{m_N^3 O_2}{h}$$

Por tanto, el caudal de oxígeno necesario para llevar a cabo la reacción es de 218,46 m_N³/h.

1.7. Cálculo de las propiedades del oxígeno.

A continuación se muestran las propiedades a las que se encuentra el oxígeno.

Tabla 3.6. Propiedades del oxígeno.

$m_{\text{oxígeno}}$	0,15 kg/s
$\rho_{\text{oxígeno}}$	1,43 kg/m ³
$\mu_{\text{oxígeno}}$	$2 \cdot 10^{-5}$ Pa·s
$Cp_{\text{oxígeno}}$	915 J/kg K

1.8. Cálculo del volumen de humos generados en la oxicomustión

Para el CO₂, el volumen de humos generados es:

$$110 \frac{m_N^3 CH_4}{h} \cdot \frac{0,71 \text{ kg}}{m_N^3} \cdot \frac{1 \text{ kmol } CH_4}{16 \text{ kg } CH_4} \cdot \frac{1 \text{ kmol } CO_2}{1 \text{ kmol } CH_4} \cdot \frac{44 \text{ kg } CO_2}{1 \text{ kmol } CO_2} = 214,77 \frac{\text{kg } CO_2}{h}$$

Para el H₂O, el volumen de humos generados es:

$$110 \frac{m_N^3 CH_4}{h} \cdot \frac{0,71 \text{ kg}}{m_N^3} \cdot \frac{1 \text{ kmol } CH_4}{16 \text{ kg } CH_4} \cdot \frac{2 \text{ kmol } H_2O}{1 \text{ kmol } CH_4} \cdot \frac{18 \text{ kg } H_2O}{1 \text{ kmol } H_2O} = 175,73 \frac{\text{kg } H_2O}{h}$$

2. Dimensionamiento del horno

2.1. Variables de diseño

Para poder calcular las dimensiones del horno, se necesitan conocer las propiedades que tiene la frita, la geometría requerida en el horno, así como las condiciones que está sometida la frita tanto dentro del horno como fuera de él.

En la **tabla 3.7** se detallan las variables de diseño proporcionadas para empezar a trabajar en el diseño del horno.

Tabla 3.7. Variables de diseño

Altura del fundido	0,1 m
Longitud de la cámara del horno	6 m
m_{frita}	20 t/día
ρ_{frita}	2500 kg/m ³
Tiempo de residencia, τ	4 h

La geometría requerida para diseñar el horno se aproxima geoméricamente hablando a un medio cilindro cortado en su eje axial, llamada arco de medio punto, para sustentar el arco, se diseña un muro a una altura calculada. La longitud de la cámara del horno depende de la longitud de llama del quemador y el tiempo de residencia y la altura del fundido se obtienen a partir de la experiencia ya que son valores que son difíciles de medir.

2.2. Cálculo de la anchura y de la altura del horno

Para conocer la anchura del horno se debe conocer primero el caudal volumétrico que alimenta al horno.

$$Q_{frita} = \frac{m_{frita}}{\rho_{frita}} = \frac{833,33}{2500} = 0,33 \frac{m^3}{h}$$

Una vez que se conoce el caudal volumétrico que alimenta al horno, se calcula la anchura del horno tal y como muestra la siguiente ecuación.

$$Q_{\text{frita}} = v \cdot S = \frac{z}{\tau} \cdot x \cdot h \quad (\text{ecuación 10})$$

Siendo:

- Q_{frita} , Caudal volumétrico de la frita, m^3/s
- v , Velocidad de la frita m/s
- S , Sección que recorre la frita, m^2
- z , Longitud que recorre la frita, m
- τ , Tiempo de residencia de la frita dentro del horno, h
- h , Altura del fundido, m
- x , Anchura que abarca el fundido, m

$$x = \frac{Q_{\text{frita}} \cdot \tau}{z \cdot h} = \frac{0,33 \cdot 4}{6 \cdot 0,1} = 2,22 \text{ m}$$

La cámara del horno tiene una anchura de 2,22 m. Por tanto las dimensiones del arco de medio punto coincide con la anchura calculada anteriormente que son 2,22m de diámetro, y 1,11m de radio. La altura total del horno es de 1,11m, que coincide con el radio del arco, aplicando un factor de seguridad de 2 se obtiene que la altura total del horno es de 2,22m.

Tabla 3.8. Dimensiones de la cámara del horno

Altura	Anchura	Longitud
2,22 m	2,22 m	6 m

2.3. Disposición y dimensionado de todas las paredes

Al tratarse de un dispositivo que para que su buen funcionamiento requiere de grandes cantidades de energía, se debe de aislar las paredes que envuelven el horno con los materiales pertinentes para evitar que aumente considerablemente la temperatura de alrededor del horno ya que por ley, la pared externa del horno nunca debe de superar los 60°C. Por ello se fija que la temperatura externa de la capa del horno sea como máximo de 60°C.

.Considerando que el horno es un reactor con el calor distribuido uniformemente a lo largo de sus paredes se considera que la pared se encuentra a una temperatura de 1450°C en todas las paredes del horno. Por tanto una vez que el calor se ha distribuido uniformemente por todas las paredes, se procede a calcular el flujo de calor que atraviesan las paredes. A partir de la Ley de Fourier ya que se trata de un proceso de transmisión de calor basado en el contacto directo entre los cuerpos, sin intercambio de materia, porque el calor fluye desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura que está en contacto con el primero y dependiendo de la tipología de los materiales empleados se determina su capacidad para conducir el calor que es la conductividad térmica.

Los materiales elegidos para soportar las condiciones especificadas y sus correspondientes características se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.9. Características de los materiales que conforman el horno

Material	ρ_{ap} (g/cm ³)	Punto de fusión (°C)	k (W/m·K)	Precio (€/ud)
Mullita-Zr	3,25-3,30	1880	2	2,5
Sílice-Alúmina	2,05	1730	2	3
ASTM-26	0,85	1400	0,26	12,5

Como la capa interna que compone el horno debe soportar temperaturas superiores a los 1400°C no se puede elegir como material para la capa interna el ASTM-26 porque tiene un punto de fusión menor al requerido. Para ello se ha elegido como material que compone la parte interna del horno la Mullita-Zr, ya que tiene el punto de fusión más elevado y porque tiene una excelente resistencia a la corrosión a la fritada fundida. Una vez elegida la capa interior del horno, se procede a elegir la composición de la siguiente capa. Entre el ASTM-26 y la sílice-alúmina el material que tiene una conductividad térmica más baja y por tanto aísla más el calor es el ASTM-26, pero tal y como se muestra posteriormente, la temperatura que debe soportar es de 1300°C, por tanto es una temperatura cercana al punto de fusión del ASTM-26 y no es recomendable trabajar a temperaturas cercanas al punto de fusión. Además, eligiendo éste material para esta capa, supera la temperatura límite marcada de 50°C con lo que se desecha la opción de elegir para la capa intermedia el ASTM-26, por tanto el material elegido para esta capa es la sílice-alúmina. Ahora sí se

elige para la capa externa el ASTM-26, este material es el encargado de reducir drásticamente la temperatura hasta obtener en la temperatura de pared los 50°C requeridos. El ASTM-26 se trata de un material aluminoso con aglomeración cerámica muy poroso.

La disposición del horno con los materiales utilizados para cada capa se muestra en la **figura 3.2**.

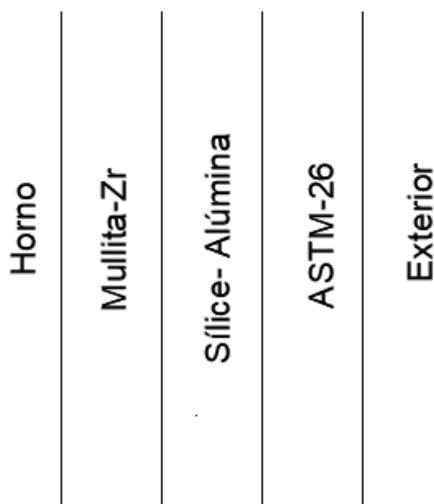


Figura 3.2. Materiales de las capas del horno.

$$q/A = \frac{T_1 - T_4}{\frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3}} \quad (\text{ecuación 11})$$

$$q/A = \frac{1450 - 50}{\frac{0,23}{2} + \frac{0,23}{2} + \frac{0,23}{0,26}} = 1256,04 \text{ W/m}^2$$

Una vez calculado el flujo de calor que atraviesan las paredes, se calcula la temperatura que hay entre cada capa para observar la temperatura que soporta cada capa a través de la siguiente fórmula.

$$q/A = \frac{T_1 - T_2}{\frac{e_1}{k_1}} \quad (\text{ecuación 12})$$

A partir del flujo de calor calculado previamente se obtienen los siguientes resultados de temperatura de pared en cada capa aislante que componen el horno. Como los materiales

elegidos para recubrir el horno vienen todos en forma de ladrillo para su posterior colocación, el espesor es de 0,23 m para cada capa.

Tabla 3.10. Temperatura a la que se encuentra cada capa.

Material	k (W/m·K)	Temperatura de pared (°C)
Mullita-Zr	2	1305,5
Sílice-Alúmina	2	1161
ASTM-26	0,26	50

Por tanto con los siguientes materiales y su disposición, se consigue alcanzar una temperatura de pared externa de 50°C por tanto es inferior a la temperatura máxima requerida legalmente que es de 60°C.

2.4. Medidas definitivas del horno

Las dimensiones de la cámara de fusión del horno se han calculado previamente en el punto 2.2. Pero como el horno desprende calor hacia el exterior se recubre la cámara con materiales aislantes para así poder conseguir temperaturas alrededor de la pared más bajas. Por esta razón a la cámara hay que sumarle el espesor de los materiales aislantes, Así que las dimensiones finales del horno son las que reflejan la siguiente tabla.

Tabla 3.11. Medidas definitivas del horno.

Altura (m)	Anchura (m)	Longitud (m)
3,6	3,6	7,38

2.4.1. Pérdida de calor del horno por convección-radiación

A pesar de aislar las paredes de alrededor del horno y minimizar al máximo la temperatura exterior de la pared aún existe calor que es deprendido desde el interior del horno. Por tanto a partir de la **ecuación 13** se cuantifica esa pérdida de calor.

$$\theta = C_1 \cdot (T_P - T_a)^{1,25} + C_2 \cdot \varepsilon_P \left[\left(\frac{T_P}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_a}{100} \right)^4 \right] \quad (\text{ecuación 13})$$

Siendo:

- θ , Pérdida de calor, W/m^2
- C_1 , Constante de convección
- C_2 , Constante de radiación
- ε_p , Emisividad de la pared
- T_p , Temperatura de la pared, K
- T_a , Temperatura ambiental, K

A partir de la **ecuación 13** se obtiene la pérdida de calor por todo el horno tal y como refleja la siguiente tabla.

Tabla 3.12. Constantes de convección y radiación

Emplazamiento	C_1	C_2
Paredes	2,6	5,67
Techo	1,15	5,67
Suelo	1,9	5,67

Fijando la temperatura de pared, T_p , de 50°C y una temperatura ambiental, T_a , de 20°C y suponiendo que el horno no posee ninguna fuga, es decir, que está completamente sellado, las pérdidas de calor son las siguientes

➤ **Pérdidas de calor por paredes:**

$$\theta_{pared} = 2,6 \cdot (393 - 293)^{1,25} + 5,67 \cdot 0,1 \left[\left(\frac{393}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right] = 202,47 \text{ W/m}^2$$

➤ **Pérdidas de calor por el techo:**

$$\theta_{techo} = 1,15 \cdot (393 - 293)^{1,25} + 5,67 \cdot 0,1 \left[\left(\frac{393}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right] = 100,67 \text{ W/m}^2$$

➤ **Pérdidas de calor por el suelo:**

$$\theta_{suelo} = 1,9 \cdot (393 - 293)^{1,25} + 5,67 \cdot 0,1 \left[\left(\frac{393}{100} \right)^4 - \left(\frac{293}{100} \right)^4 \right] = 153,33 \text{ W/m}^2$$

2.5. Velocidad media de la frita dentro del horno

$$v_{media} = \frac{\text{Espacio que recorre la frita dentro del horno (m)}}{\text{Tiempo que tarda en recorrer ese espacio (h)}} \quad (\text{ecuación 14})$$

$$v_{media} = \frac{6}{4} = 1,5 \frac{m}{h}$$

2.6. Cálculo de la sección de las vigas para sustentar el horno

2.6.1. Cálculo del peso y volumen total

En la siguiente figura se muestra una representación del horno con sus diferentes capas de aislante.

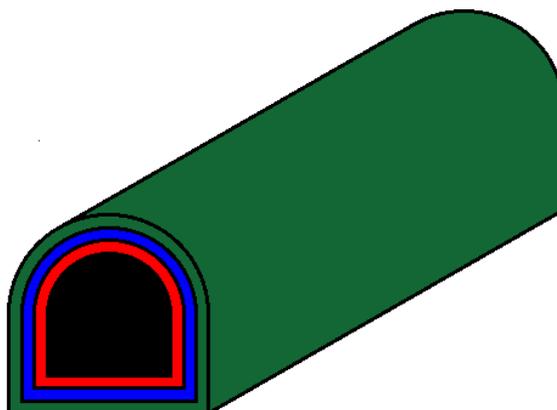


Figura 3.3. Representación del horno con las capas de aislante

Tal y como se observa en la figura, la parte negra del horno representa la cámara de fusión de las fritas, la parte roja está compuesta por Mullita-Zr, la azul por sílice-alúmina y la verde por ASTM-26.

A continuación se muestra una tabla con las dimensiones y el volumen que ocupa las diferentes capas del horno.

Tabla 3.13. Dimensiones de las capas del horno

Capa	Altura (m)	Anchura (m)	Longitud (m)	Volumen real (m ³)
Cámara de fusión	2,22	2,22	6	26,40
Mullita	2,68	2,68	6,46	19,00
Sílice-Alúmina	3,14	3,14	6,92	20,50
ASTM-26	3,6	3,6	7,38	25,59

Calculado el volumen que ocupan las diferentes capas, se procede a calcular el peso total que debe de soportar las vigas.

Tabla 3.14. Peso que debe soportar las vigas

Materiales	ρ (kg/m ³)	V (m ³)	Peso(kg)
Mullita	3.250	19,00	61.763,64
Sílice-Alúmina	2.050	20,50	42.032
ASTM-26	850	25,59	21.749,45
Acero (intercambiador)	7.850	-	2.500
Frita	2.500	-	3.333,30
			131.378,39

Por tanto, la fuerza que debe soportar la estructura es de:

$$Q_{eq} = m \cdot g = 131.378,39 \cdot 9,8 = 1.287.508,22 \text{ N}$$

2.6.2. Diagrama del sólido libre del horno

El siguiente esquema representa las cargas que debe soportar la estructura.

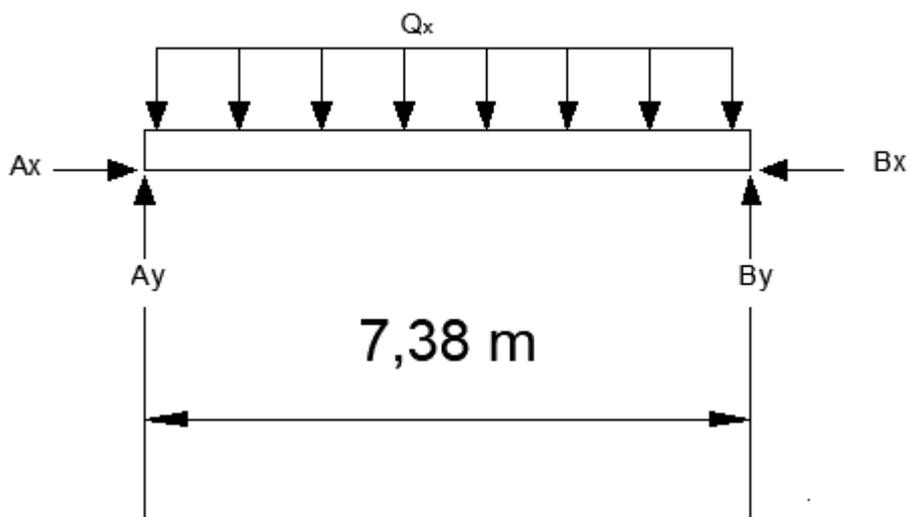


Figura 3.4. Diagrama de solicitaciones

Tal y como se muestra en la **figura 3.4** el horno descansa sobre una estructura rectangular metálica con vigas de base cuadrangular y todo el peso que debe soportar esta repartido uniformemente a lo largo de la estructura. Para cuantificar la altura de las vigas y el peso que deben soportar se realizan los cálculos que se muestran a continuación.

2.6.3. Cálculo de las reacciones

Sabiendo que la Q_{eq} es de 1.287.508,22 N, se cuantifica el valor de la carga repartido a lo largo de la barra.

$$q_x = \frac{Q_{eq}}{L} = \frac{1.287.508,22}{7,38} = 174.459,11 \text{ N/m}$$

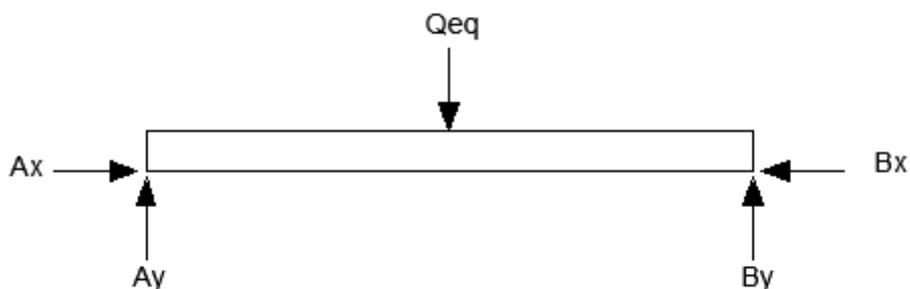


Figura 3.5. Esquema simplificado con la carga equivalente.

$$\sum F_x = 0 \rightarrow A_x - B_x = 0 \rightarrow A_x = B_x$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow A_y - Q_{eq} + B_y = 0 \rightarrow A_y = Q_{eq} - B_y$$

$$\sum M_z = 0 \rightarrow B_y \cdot L - Q_{eq} \cdot \frac{L}{2} = 0 \rightarrow B_y = \frac{Q_{eq} \cdot \frac{L}{2}}{L}$$

Los resultados obtenidos en las ecuaciones anteriores se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3.15. Resultados de los esfuerzos internos.

A_x	A_y	B_x	B_y
0	643.754,11 N	0	643.754,11 N

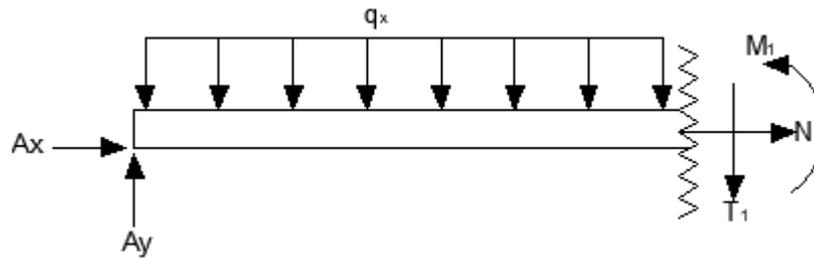


Figura 3.6. Esquema esfuerzos internos.

$$\sum F_x = 0 \rightarrow A_x + N_1(x) = 0 \rightarrow A_x = N_1(x)$$

$$\sum F_y = 0 \rightarrow A_y - q(x) - T_1(x) = 0 \rightarrow T_1(x) = A_y - q(x)$$

$$\sum M_z = 0 \rightarrow M_1(x) - A_y \cdot x' + q(x) \cdot \frac{x'}{2} = 0 \rightarrow M_1(x) = A_y \cdot x' - q(x) \cdot \frac{x'}{2}$$

Así de las ecuaciones anteriores se obtienen las siguientes relaciones.

- $N_1(x) = 0$
- $T_1(x) = A_y - q(x) = 643.754,11 - 174.459,11 x'$
- $M_1(x) = A_y \cdot x' - q(x) \cdot \frac{x'}{2} = 643.754,11 x' - 87.229,56 (x')^2$

A continuación se procede a realizar los diagramas de axiles, de flectores y de momentos.

Tabla 3.16. Resumen esfuerzos internos

$N_1(0)$	0	$T_1(0)$	643.754,11	$M_1(0)$	0
$N_1(7,38)$	0	$T_1(7,38)$	-643.754,11	$M_1(3,69)$	1.187.726,35
				$M_1(7,38)$	0

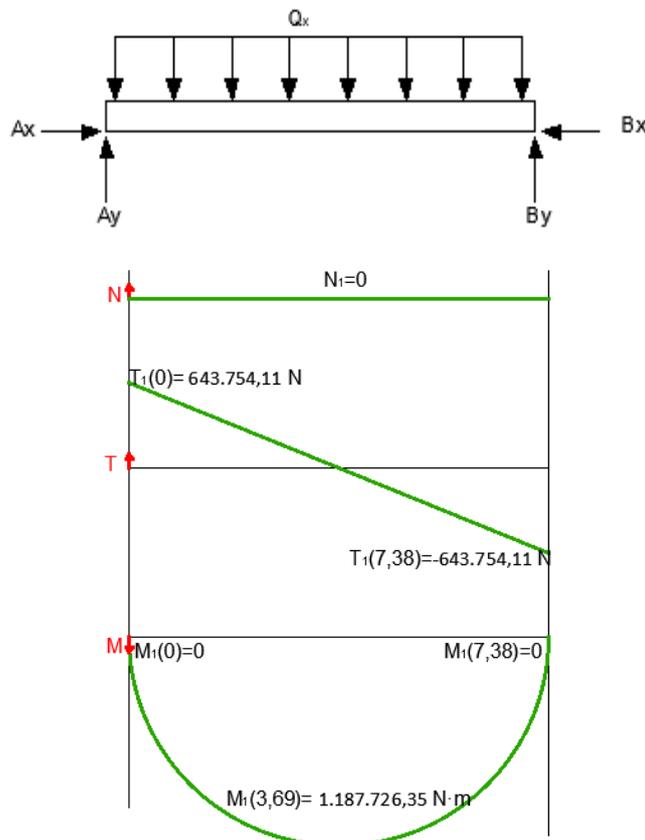


Figura 3.7. Diagrama de solicitaciones

2.6.4. Diseño de las vigas

Una vez calculados los esfuerzos internos de que debe soportar la estructura metálica, se diseñan las vigas que sustentan dicha estructura, para ello se utilizan las leyes de flexión compuesta.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{T}{A} + \frac{M_z}{I_z} \cdot \frac{h}{2} \quad (\text{ecuaci3n 15})$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{T}{b \cdot h} + \frac{M_z}{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3} \cdot \frac{h}{2}$$

Por tanto se supone que la viga tiene una secci3n cuadrática que implica $b = h$, quedando la expresi3n de la siguiente forma.

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{T}{h^2} + \frac{M_z}{\frac{1}{6} \cdot h^3}$$

La tensi3n máxima que puede soportar la viga de acero a tracci3n es el límite elástico de éste que es alrededor de 200 MPa, el esfuerzo a tracci3n máximo que debe soportar es de 643.759,11 N, el momento máximo es de 1.187.726,35 N·m.

$$200 \cdot 10^6 = \frac{643.759,11}{h^2} + \frac{1.187.726,35}{\frac{1}{6} \cdot h^3}$$

Por tanto la altura de las vigas para soportar todos los equipos debe ser de al menos 0,33m. Aplicando un factor de seguridad de 2 se obtiene que la altura de las vigas es de 0,66m.

2.7. Cálculo del caudal de agua necesario para la refrigeración de la frita

Para calcular el caudal de agua necesario para enfriar la frita se deben seguir los dos pasos siguientes:

- Calcular el calor que desprende la frita a 1450°C hasta la temperatura deseada de 50°C

$$q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$q = 0,231 \cdot 837 \cdot (1450 - 50) = 268635,15 \text{ W}$$

- Calcular el caudal de agua para ese calor.

$$q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$m = \frac{q}{C_p \cdot \Delta T} = \frac{268635,15}{4181,3 \cdot (50 - 20)} = 2,158 \text{ kg/s}$$

$$Q_{\text{refrigeración}} = 2,162 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Así que el caudal de agua necesario para enfriar la frita es aproximadamente de 2 l/s

3. Diseño de la chimenea

Para dimensionar las conducciones de la instalación se va a calcular la velocidad de los gases en la chimenea en función del diámetro, es debido a la velocidad de los humos nunca podrá superar los 30 m/s debido a la aplicación del BOE-A-1980-23974 en la que se limita la velocidad máxima de circulación de los gases a 30 m/s. Por ello y para evitar situaciones límites se trabajará a una velocidad de alrededor de los 15 m/s ya que es una velocidad que permite una evacuación correcta de los humos pero no está cerca del límite permitido donde puede ocasionar problemas.

3.1. Diseño del diámetro de la chimenea

Para calcular la velocidad de los gases dentro de la chimenea se realiza mediante la siguiente ecuación.

$$v = \frac{Q_{\text{humos}}}{S} \quad (\text{ecuación 16})$$

Siendo

- Q_{humos} , Caudal de salida del horno, m^3/s
- S , Sección de la chimenea, (m^2)

El área de la chimenea se trata de una conducción cilíndrica.

$$S = \frac{\pi}{4} D_i^2 \quad (\text{ecuación 17})$$

- D_i , Diámetro interno de la chimenea, m

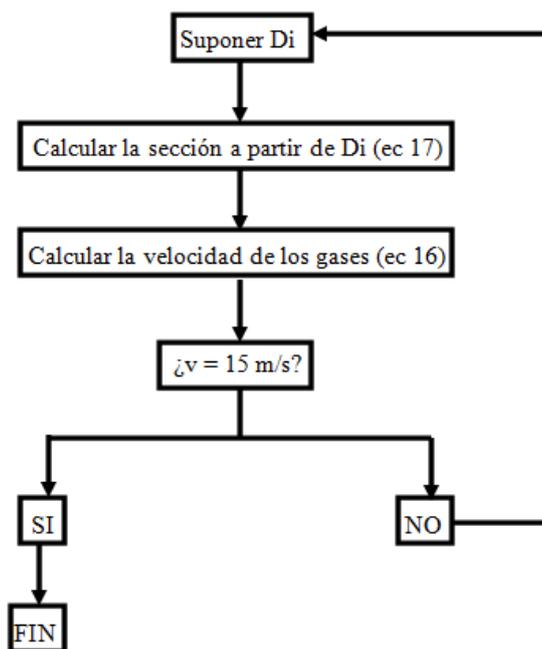


Figura 3.8.Diagrama de cálculo para obtener D_i

Teniendo en cuenta en que el caudal de humos de salida es de 0,11 kg/s y que la densidad es de $0,309 \text{ kg/m}^3$, se procede a calcular el D_i siguiendo los pasos de la **figura 3.8**, y a partir de las **ecuaciones 16 y 17** se procede a calcular el diámetro óptimo, tal y como refleja la **tabla 3.17**.

Tabla 3.17. Cálculo del D_i de la chimenea

D_i (m)	v (m/s)
0,1	60,62
0,125	38,80
0,15	26,94
0,175	19,79
0,2	15,16
0,225	11,97
0,25	9,70
0,3	6,74

Por tanto, con el criterio fijado en la **figura 3.8**, la opción más idónea en este caso es el diámetro interno de 0,2m.

4. Diseño del aislamiento de la tubería

El nuevo Reglamento de Instalaciones térmicas en los edificios (RITE) transpone parcialmente la Directiva 2002/91/CE, de 16 de diciembre, expone principalmente los métodos de cálculo y los criterios de dimensionamiento para estimar el espesor de aislamiento a utilizar en instalaciones industriales.

En base al Reglamento de Instalaciones térmicas en los edificios donde se impone que ninguna superficie expuesta a contactos accidentales pueda sobrepasar 60°C.

Teniendo en cuenta el reglamento, con que la superficie de las tuberías se encuentre por debajo de 60°C ya se cumpliría con la norma. En este proyecto se pretende escoger una temperatura menor, 50°C.

4.1. Transferencia de calor.

La transferencia de calor entre dos entornos o cuerpos tiene lugar a través de tres mecanismos:

- Conducción
- Convección
- Radiación

El mecanismo de conducción se caracteriza porque la transferencia de calor a través de un material no necesita de ningún movimiento macroscópico ya que se realiza a través de materiales sólidos.

El mecanismo de convección se realiza a través de gases o líquidos, en la transferencia de calor existe movimientos macroscópicos. La convección puede ser provocada o natural dependiendo de la naturaleza de la misma.

El mecanismo de radiación la transferencia de calor se realiza sin la presencia de ningún medio material entre ambas, se realiza a través del vacío o a partir de medios transparentes o semitransparentes.

4.1.1. Resistencias térmicas por conducción.

La ecuación básica que describe este proceso es la ley de Fourier (ecuación de velocidad de Fourier o primera ley de Fourier de la conducción de calor).

$$\frac{\vec{q}}{A} = -k \cdot \vec{\nabla}T \quad (\text{ecuación 18})$$

Siendo:

- $\frac{\vec{q}}{A}$, Densidad de flujo de calor, W/m^2
- k , conductividad térmica del material, W/m^2K
- $\vec{\nabla}T$, Gradiente de temperaturas, K

La ley de Fourier indica que la velocidad de transferencia de calor o flujo de calor es proporcional al gradiente de temperaturas en la dirección perpendicular al área considerada, siendo la constante de proporcionalidad la conductividad térmica.

Por tanto particularizando la ecuación en el caso de capas cilíndricas, resulta la siguiente ecuación.

$$\frac{\vec{q}}{L} = \frac{\Delta T}{\frac{\ln \frac{r_{ext}}{r_{int}}}{2 \cdot \pi \cdot k}} \quad (\text{ecuación 19})$$

Siendo:

- q/L , Densidad de flujo de calor por unidad de longitud, W/m
- r_{ext} , Radio exterior de la conducción, m
- r_{int} , Radio interior de la conducción, m
- k , Constante proporcionalidad o conductividad térmica, $W/m \text{ } ^\circ C$

Por tanto la resistencia a la conducción es la siguiente.

$$R_{cond} = \frac{\ln \frac{r_{ext}}{r_{int}}}{2 \cdot \pi \cdot k} \quad (\text{ecuación 20})$$

4.1.2. Resistencias térmicas por convección

La velocidad de transmisión de calor por convección entre una superficie sólida y un fluido, Independiente del mecanismo (convección natural o forzada), se puede calcular a partir de la ecuación de Newton:

$$q = \vec{h} \cdot A \cdot (T_s - T_\infty) = \vec{h} \cdot A \cdot (T_s - T_b) \quad (\text{ecuación 21})$$

Siendo:

- h , Coeficiente de convección o de película, $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$

Particularizando la ecuación en el caso de capas cilíndricas se obtiene:

$$\frac{q}{L} = \frac{\Delta T}{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r_{int} \cdot h_{conv}}} \quad (\text{ecuación 22})$$

Por tanto la resistencia a la conducción es la siguiente.

$$R_{conv} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r_{int} \cdot h_{conv}} \quad (\text{ecuación 23})$$

De la ecuación se obtiene que h es difícil de calcular ya que depende de la geometría, de la velocidad y de las propiedades físicas.

Como orden de magnitud para gases se puede señalar que:

- Con movimiento natural del orden de varias unidades ($1-10 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$)
- Con movimiento forzado del orden de varias decenas ($10-100 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$)

4.1.3. Resistencias térmicas por radiación

La ecuación que determina la radiación mediante la transferencia de flujo de calor es la ecuación de Stefan-Boltzman.

$$\frac{q}{A} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_{s1}^4 - T_{s2}^4) \quad (\text{ecuación 24})$$

Donde:

- q/A , Densidad de flujo de calor, W/m^2
- ε , Coeficiente de emisión
- σ , Constante de Stefan-Boltzman, $5,67 \cdot 10^{-8} W/m^2K$
- T_{s1} , Temperatura de la superficie 1, K
- T_{s2} , Temperatura de la superficie 2, K

En la práctica, se desconoce el valor de las temperaturas así que una aproximación real es suponer la temperatura igual que a la del aire observado en otros trabajos relacionados, por tanto la **ecuación 25** queda de la siguiente forma.

$$\frac{q}{A} = h_{rad} \cdot \Delta T \quad (\text{ecuación 25})$$

Donde ΔT es la diferencia de temperaturas entre la pared y el aire.

El valor del coeficiente de radiación se obtiene a partir de las **ecuaciones 24 y 25** y se obtiene:

$$h_{rad} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_s + T_{aire}) \cdot (T_s^2 + T_{aire}^2) \quad (\text{ecuación 26})$$

Por tanto particularizando para nuestro caso de conducciones cilíndricas, el flujo de calor por unidad de longitud es:

$$\frac{q}{L} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot h_{rad} \cdot r_{aislante}} \quad (\text{ecuación 27})$$

Resumiendo, para conducciones cilíndricas, el flujo de calor por unidad de longitud considerando las resistencias es el mostrado en la **ecuación 28**.

$$\frac{q}{L} = \frac{\Delta T}{R_{total}} \quad (\text{ecuación 28})$$

Desarrollando el término de las resistencias, se obtiene que la resistencia total del sistema es:

$$R_{total} = \sum_{i=1}^{n=capas} \frac{\ln \frac{r_{ext}}{r_{int}}}{2 \cdot \pi \cdot k_i} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r_{int} \cdot h_{conv}} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot h_{rad-conv} \cdot r_{aislante}} \quad (\text{ecuación 29})$$

Sustituyendo el desarrollo de la **ecuación 29** en la **ecuación 28** se obtiene la siguiente expresión:

$$\frac{q}{L} = \frac{T_{int} - T_{amb}}{\sum_{i=1}^{n=capas} \frac{\ln \frac{r_{ext}}{r_{int}}}{2 \cdot \pi \cdot k_i} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r_{int} \cdot h_{conv}} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot h_{rad} \cdot r_{aislante}}} \quad (\text{ecuación 30})$$

Por tanto como el coeficiente global de transmisión de calor resulta que es igual a la inversa de resistencias térmicas, se obtiene que:

$$U = \frac{1}{\sum_{i=1}^{n=capas} \frac{\ln \frac{r_{ext}}{r_{int}}}{2 \cdot \pi \cdot k_i} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r_{int} \cdot h_{conv}} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot h_{rad} \cdot r_{aislante}}} \quad (\text{ecuación 31})$$

4.2. Cálculo del espesor del aislante

Para este tipo de conducciones se trata de no superar los 60°C tal y como regula la Directiva 2002/91/CE . Por tanto se fijar que la temperatura de la superficie externa de la conducción en 50° C.

Para estimar el aislamiento que necesita la conducción para alcanzar los 50° C se debe igualar que flujo de calor total transferido al flujo de calor de la superficie que se quiere proteger. Es decir, se deben igualar las **ecuaciones 30 y 22**, obteniéndose la siguiente expresión.

$$\frac{T_{superf-ext} - T_{amb}}{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r_{ais} \cdot h_{conv}}} = \frac{T_{int} - T_{amb}}{\sum_{i=1}^{n=capas} \frac{\ln \frac{r_{ext}}{r_{int}}}{2 \cdot \pi \cdot k_i} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r_{int} \cdot h_{conv}} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot h_{rad} \cdot r_{aislante}}}$$

$$\frac{T_{superf-ext} - T_{amb}}{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r_{ais} \cdot h_{conv}}} = \frac{T_{int} - T_{amb}}{\frac{\ln \frac{r_{ext}}{r_{int}}}{2 \cdot \pi \cdot k_{ac}} + \frac{\ln \frac{r_{ais}}{r_{ext}}}{2 \cdot \pi \cdot k_{ais}} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r_{int} \cdot h_{conv}} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot h_{rad} \cdot r_{ais}}} \quad (\text{ec 32})$$

Siendo

- $T_{\text{superf-ext}}$, Temperatura a calcular de la superficie exterior, °C
- T_{amb} , Temperatura ambiental, °C
- T_{int} , Temperatura a la que circula la conducción, °C
- r_{int} , Radio interior de la chimenea, m
- r_{ext} , Radio exterior de la chimenea, m
- r_{aislante} , Espesor del aislante que recubre el radio exterior para conseguir alcanzar la temperatura de 50°C fijada, °C
- k_{ac} , Conductividad del acero, W/m °C
- k_{ais} , Conductividad del aislante, W/m °C
- h_{conv} , Coeficiente de transmisión por convección, W/m²°C.
- $h_{\text{rad-conv}}$, Coeficiente de transmisión por convección-radiación, W/m²°C.

Se usará como aislante lana de roca, que es un aislante muy utilizado en la industria cerámica para recubrir las instalaciones que están a altas temperaturas. Es debido al carácter económico de la misma y su facilidad para instalarse en superficies curvas.

A continuación en la tabla se muestran los valores ya conocidos para poder calcular la **ecuación 32**.

Tabla 3.18. Valores calculados previamente

T_a (°C)	20	r_{int} (m)	0,1
T_i (°C)	1000	r_{ext} (m)	0,125
h_{cv} (W/m ² K)	9,8	k_{acero} (W/m·K)	54
h_{rad} (W/m ² K)	9,81	k_{aislante} (W/m·K)	0,05

$$\frac{T_{\text{superf-ext}} - 20}{\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot r_{\text{ais}} \cdot 9,8}} = \frac{1000 - 20}{\frac{\ln \frac{0,125}{0,1}}{2 \cdot \pi \cdot 54} + \frac{\ln \frac{r_{\text{ais}}}{0,125}}{2 \cdot \pi \cdot 0,05} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 0,1 \cdot 9,8} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 9,81 \cdot r_{\text{ais}}}}$$

A continuación se muestra un diagrama de cálculo para obtener la temperatura de superficie externa.

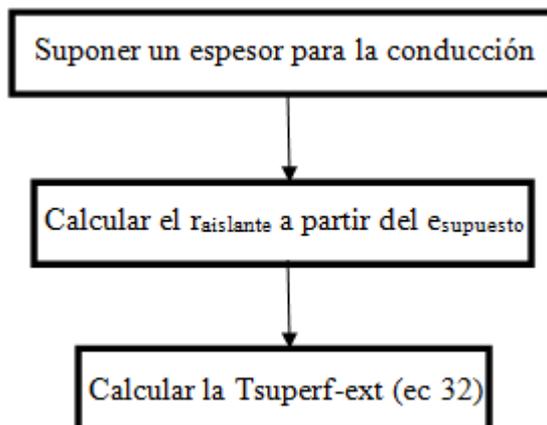


Figura 3.9. Diagrama de cálculo para obtener la temperatura de superficie externa

En la siguiente tabla se resumen los cálculos realizados

Tabla 3.19. Cálculo de la temperatura de superficie externa

e(m)	r _{aislante} (m)	T _{s-ext} (°C)
0,05	0,15	201,63
0,1	0,2	86,66
0,15	0,25	58,12
0,2	0,3	45,74
0,25	0,35	39,01
0,3	0,4	34,85

Por tanto, como la temperatura máxima fijada es de 60°C, realizando los cálculos pertinentes se ha comprobado que el espesor para alcanzar el objetivo ha de ser de 0,2m obteniéndose así un diámetro de 0,6m.

5. Diseño del intercambiador de calor

En este apartado se procede a diseñar el intercambiador de calor, el intercambiador de calor elegido para la instalación es la coraza de doble tubo con flujo a contracorriente.

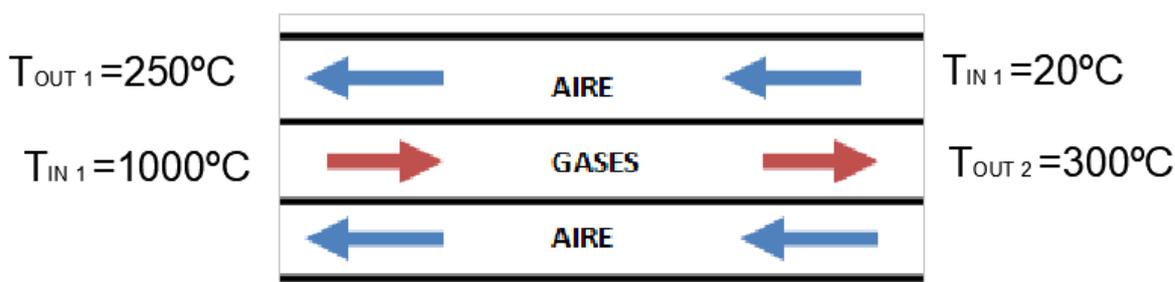


Figura 3.10. Esquema del intercambiador de calor

En la **Figura 3.11** Se observa que el fluido caliente, en este caso los gases producidos en la combustión, entran en el intercambiador de calor a una temperatura de 1000°C y salen a unos 300°C, mientras que el fluido frío, en este caso aire, entra con una temperatura de 20°C y salen con 250°C.

La siguiente tabla nos muestra las propiedades de entrada al intercambiador de calor de los gases de combustión, ya se muestran anteriormente en la **tabla 3.4**, y las propiedades del aire necesarias para poder diseñar el intercambiador de calor.

Tabla 3.20. Propiedades de las condiciones de entrada de los fluidos en el intercambiador

	ρ (kg/m ³)	μ (Pa·s)	Cp (J/kgK)
Gases de combustión	0,309	$5,74 \cdot 10^{-5}$	1398,00
Aire	1,2	$2,48 \cdot 10^{-5}$	1043

5.1. Cálculo de ΔT_{ml}

En la siguiente figura se muestra el intervalo de temperaturas que hay en las entradas y salidas del intercambiador de calor.

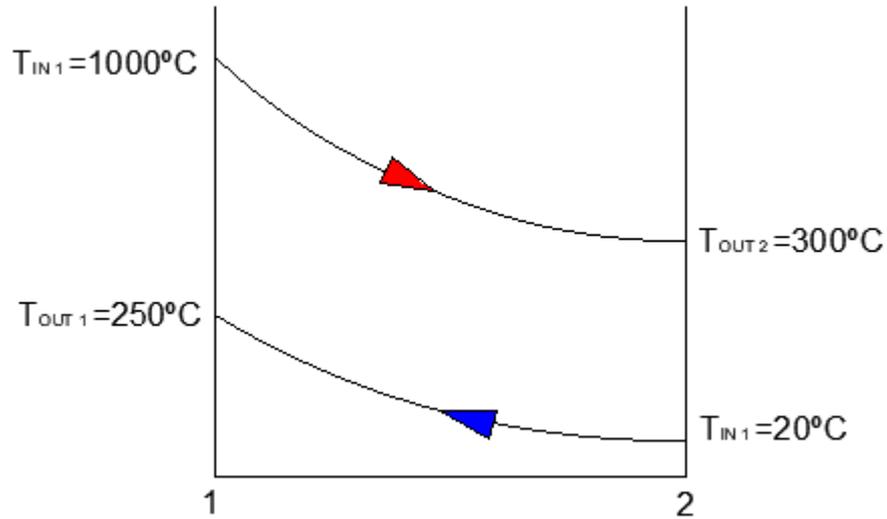


Figura 3.11. Diagrama de temperaturas del intercambiador de calor

A continuación se realizarán los cálculos para determinar el ΔT_{ml}

$$\Delta T_1 = T_{in\ 1} - T_{out\ 1} = 1000 - 250 = 750^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_2 = T_{out\ 2} - T_{in\ 2} = 300 - 20 = 280^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_{ml} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} = \frac{750 - 280}{\ln\left(\frac{750}{280}\right)} = 477,02^\circ\text{C}$$

5.2. Determinación de la potencia intercambiada.

$$q = m \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (\text{ecuación 33})$$

Donde, para el horno proyectado es:

- $m^h = 0,11 \text{ kg/s}$
- $C_p^h = 1398 \text{ J/kg K}$
- $\Delta T = 1000 - 300 = 700 \text{ }^\circ\text{C}$

Sustituyendo en la **ecuación 33**.

$$q = 0,11 \cdot 1398 \cdot 700 = 107.646 \text{ W}$$

Una vez obtenido el valor de la potencia, se calcula el caudal másico de aire necesario para alcanzar dicha potencia con la **ecuación 33**.

$$q = m^a C_p^a \Delta T$$

$$m^a = \frac{q}{C_p^a \Delta T} = \frac{107.646}{1043 \cdot (250 - 20)} = 0,45 \text{ kg/s}$$

5.3. Cálculo del coeficiente individual de transmisión de calor para el fluido frío, h^a .

Para obtener el coeficiente individual de transmisión de calor se necesita calcular previamente los números de Prandtl (Pr), de Reynolds (Re) y el número de Nusselt (Nu).

Por tanto el número de Prandtl se obtiene a partir de la **ecuación 34** y el número de Reynold se obtiene a partir de la **ecuación 35**.

$$Pr = \frac{C_p \mu}{k} \quad (\text{ecuación 34})$$

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \quad (\text{ecuación 35})$$

Sustituyendo los valores en la **ecuación 34** se obtiene que el número de Prandtl es:

$$Pr = \frac{C_p^a \mu_a}{k_a} = \frac{1043 \cdot 2,5 \times 10^{-5}}{0,035} = 0,745$$

Sustituyendo los valores en la **ecuación 35** se obtiene que el número de Reynold es:

$$Re = \frac{4 m^a}{\pi (D_i + D_{ext}) \mu_a} = \frac{4 \cdot 0,45}{\pi \cdot (D_i + D_{ext}) \cdot 2,5 \times 10^{-5}}$$

Una vez calculado Pr y Re se obtiene el coeficiente individual de transmisión de calor a partir de una iteración:

$$Nu = \frac{h^a * D_e}{k_a} = 0,023 * Re^{0,8} * Pr^{1/3}$$

Tabla 3.21 Cálculo del coeficiente individual de transmisión de calor del fluido frío

$(D_i + D_{ext})$ (m)	Re	h^a (W/m ² K)
0,21	2.285.366,53	68.582,51
0,25	457.073,31	3.785,01
0,26	380.894,42	2.726,10
0,27	326.480,93	2.065,56
0,28	285.670,82	1.624,24
0,29	253.929,61	1.313,94
0,30	228.536,65	1.086,96

Una vez calculado el coeficiente individual de transmisión de calor para el fluido frío para los diferentes diámetros propuestos se calcula el respectivo coeficiente de transmisión de calor para el fluido caliente.

5.4. Cálculo del coeficiente individual de transmisión de calor para el fluido caliente, h^h .

Para obtener el coeficiente individual de transmisión de calor se necesita calcular previamente los números de Prandtl (Pr), de Reynolds (Re) y el número de Nusselt (Nu).

$$Pr = \frac{C_p^h \mu_h}{k_h} = \frac{1398 \cdot 5,6 \cdot 10^{-5}}{0,05} = 1,57$$

$$Re = \frac{4 m^h}{\pi D_i \mu_h} = \frac{4 \cdot 0,11}{\pi \cdot 0,2 \cdot 5,6 \times 10^{-5}} = 12505$$

$$Nu = \frac{h^h * D}{k_h} = 0,023 * Re^{0,8} * Pr^{1/3}$$

$$h^h = 149,32 \text{ W/m}^2\text{K}$$

5.5. Cálculo del coeficiente global de transmisión de calor ,U.

A partir de los coeficientes individuales de transmisión de calor, se calcula el coeficiente global de transmisión de calor. La expresión que relaciona los coeficientes individuales de transmisión de calor con el coeficiente global de transmisión de calor se muestra en la siguiente ecuación

$$\frac{1}{U_i} = \frac{1}{h^h} + \frac{D_i}{D_{ext}} \cdot \frac{1}{h^a} + \frac{D_i}{D_{ml}} \cdot \frac{e}{k} \quad (\text{ecuación 36})$$

Tabla 3.22 Cálculo del coeficiente global de transmisión de calor del fluido frío

D _{eq} (m)	U _i (W/m·K)
0,01	146,73
0,05	134,48
0,06	131,20
0,07	127,88
0,08	124,56
0,09	121,23
0,10	117,93

5.6. Cálculo del área del intercambiador de calor

$$q = U_i \cdot A \cdot \Delta T_{ml} \quad (\text{ecuación 37})$$

$$A = \pi \cdot D_i \cdot l \quad (\text{ecuación 38})$$

Como la longitud del intercambiador debe de coincidir con la altura de la chimenea calculada previamente, se calculará el área a partir de la longitud del intercambiador de calor y a partir del coeficiente global de transmisión de calor calculado con los diferentes diámetros propuestos. Así que a partir de la siguiente tabla se obtiene el área del intercambiador de calor y el diámetro del intercambiador

Tabla 3.23 Cálculo del área y el diámetro del intercambiador de calor

D_{eq} (m)	h^a (W/mK)	U_i (W/mK)	A_i (m ²)	l (m)
0,01	68.582,51	146,73	1,54	48,95
0,05	3.785,01	134,48	1,68	10,68
0,06	2.726,10	131,20	1,72	9,12
0,07	2.065,56	127,88	1,76	8,02
0,08	1.624,24	124,56	1,81	7,21
0,09	1.313,94	121,23	1,86	6,58
0,10	1.086,96	117,93	1,91	6,09

La siguiente tabla que se muestra a continuación se resumen todos los datos del intercambiador que se requieren para poder diseñar el intercambiador de calor.

Tabla 3.24 Resumen de datos calculados

h^h (W/mK)	D_{int} (m)	h^a (W/mK)	D_{ext} (m)	U_i (W/mK)	A (m ²)	l (m)
149,32	0,2	1.624,24	0,28	124,56	1,81	7,21

A partir del intercambiador de calor se obtiene que la altura de la chimenea es de 7,21 m, se ha elegido este valor de altura a partir de criterios empíricos donde se asume que una correcta evacuación de los gases generados se produce a partir de los 7m de altura.

ANEXOS DE GRÁFICAS

Tabla 4.1 Parámetros para la ecuación de Chapman-Enskog.

Sustancia	$\sigma \text{ \AA}^\circ$	$\epsilon/k \text{ }^\circ\text{K}$
H ₂	2.915	38
He	2.576	10.2
Ne	2.789	35.7
Ar	3.418	124
Kr	3.498	225
Xe	4.055	229
Aire	3.617	97
N ₂	3.681	91.5
O ₂	3.433	113
CO	3.59	110
CO ₂	3.996	190
NO	3.47	119
N ₂ O	3.879	220
SO ₂	4.29	252
F ₂	3.653	112
Cl ₂	4.115	357
Br ₂	4.268	520
I ₂	4.982	550
CH ₄	3.822	137
C ₂ H ₂	4.221	185
C ₂ H ₄	4.232	205
C ₂ H ₆	4.418	230
C ₃ H ₈	5.061	254
C ₄ H ₁₀	5.341	313
C ₅ H ₁₂	5.769	345
C ₆ H ₁₄	5.909	413
C ₆ H ₆	5.27	440
CCl ₄	5.881	327
CHCl ₃	5.430	327

Figura 1. Parámetros para calcular la viscosidad

Tabla 4.2 Funciones para predecir la viscosidad de los gases a baja densidad.

kT/ϵ	Ω_p	kT/ϵ	Ω_p Integral de colisión
0.30	2.785	2.50	1.093
0.35	2.628	2.60	1.081
0.40	2.492	2.70	1.069
0.45	2.368	2.80	1.058
0.50	2.257	2.90	1.048
0.55	2.156	3.00	1.039
0.60	2.065	3.10	1.030
0.65	1.982	3.20	1.022
0.70	1.908	3.30	1.014
0.75	1.841	3.40	1.007
0.80	1.780	3.50	0.9999
0.85	1.725	3.60	0.9932
0.90	1.675	3.70	0.9870
0.95	1.629	3.80	0.9811
1.00	1.587	3.90	0.9755
1.05	1.549	4.00	0.9700
1.10	1.514	4.10	0.9649
1.15	1.482	4.20	0.9600
1.20	1.452	4.30	0.9553
1.25	1.424	4.40	0.9507
1.30	1.399	4.50	0.9464
1.35	1.375	4.60	0.9422
1.40	1.353	4.70	0.9382
1.45	1.333	4.80	0.9343
1.50	1.314	4.90	0.9305
1.55	1.296	5.0	0.9269
1.60	1.279	6.0	0.8963
1.65	1.264	7.0	0.8727
1.70	1.248	8.0	0.8538
1.75	1.234	9.0	0.8379
1.80	1.221	10.0	0.8242
1.85	1.209	20.0	0.7432
1.90	1.197	30.0	0.7005
1.95	1.186	40.0	0.6718
2.00	1.175	50.0	0.6504
2.10	1.156	60.0	0.6335
2.20	1.138	70.0	0.6194
2.30	1.122	80.0	0.6076
2.40	1.107	90.0	0.5973
		100.0	0.5882

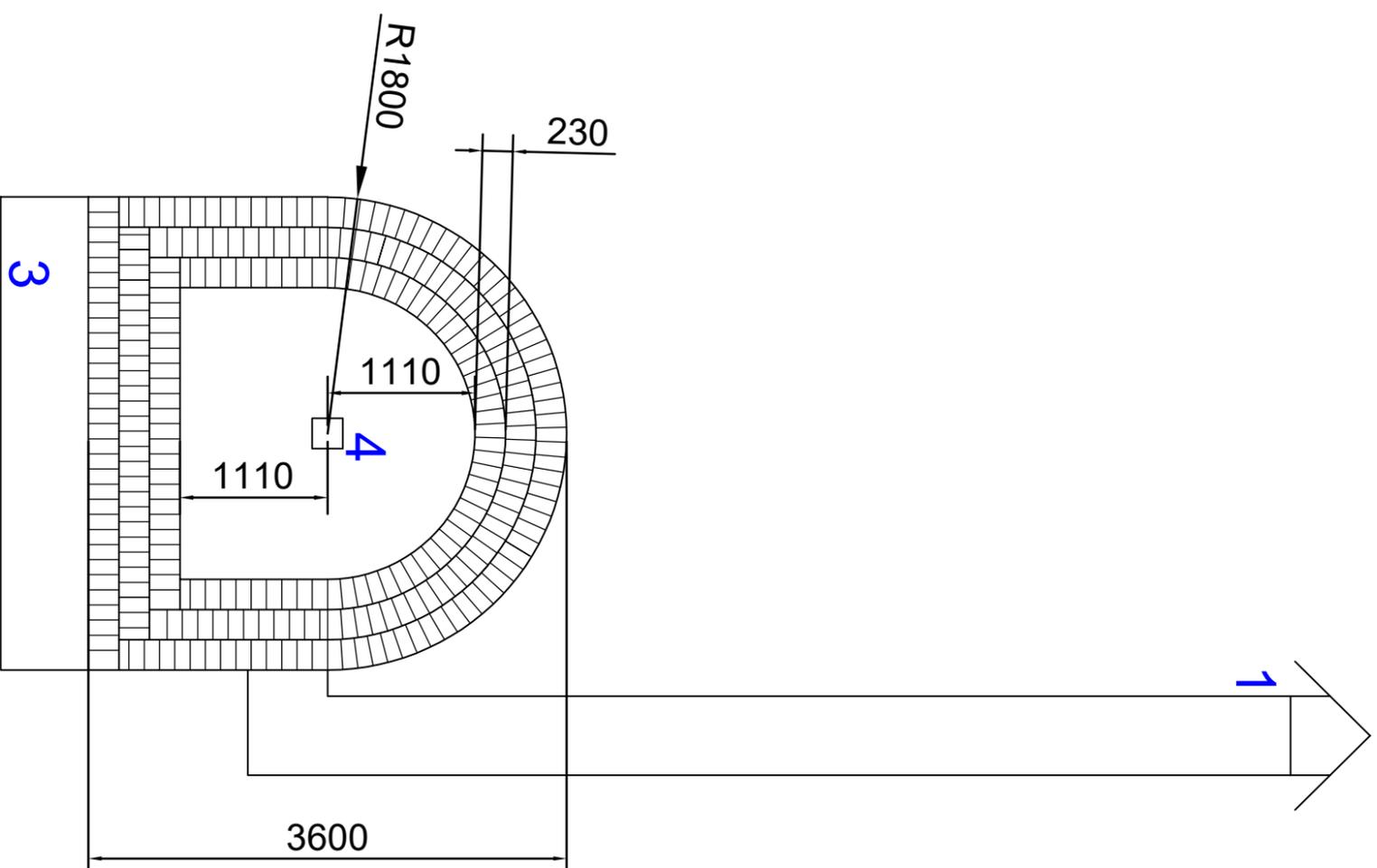
Figura 2. Parámetros para calcular la viscosidad

PLANOS

ÍNDICE DE LOS PLANOS

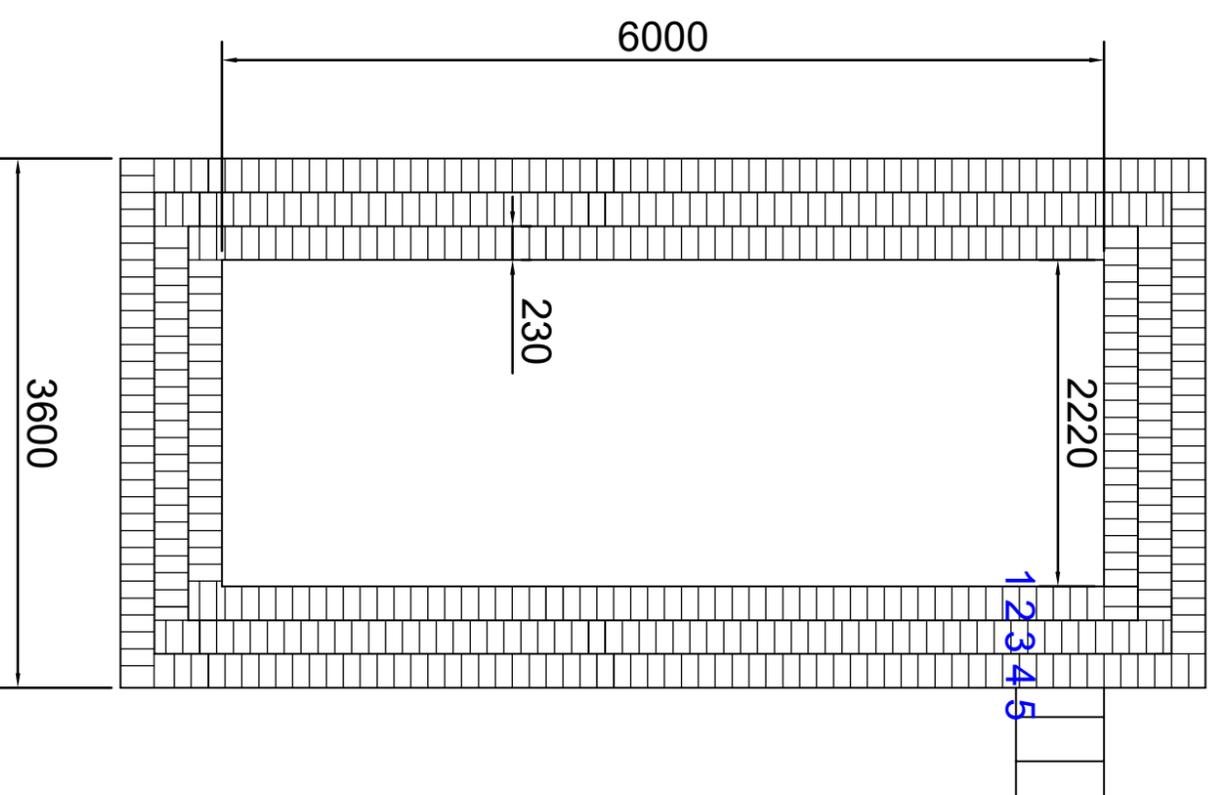
1.	Alzado del horno	1
2	Planta del horno	3
3.	Perfil del horno	5
4	Chimenea	7

- 1 Chimenea
- 2 Horno de fusión
- 3 Viga de sustentación
- 4 Quemador

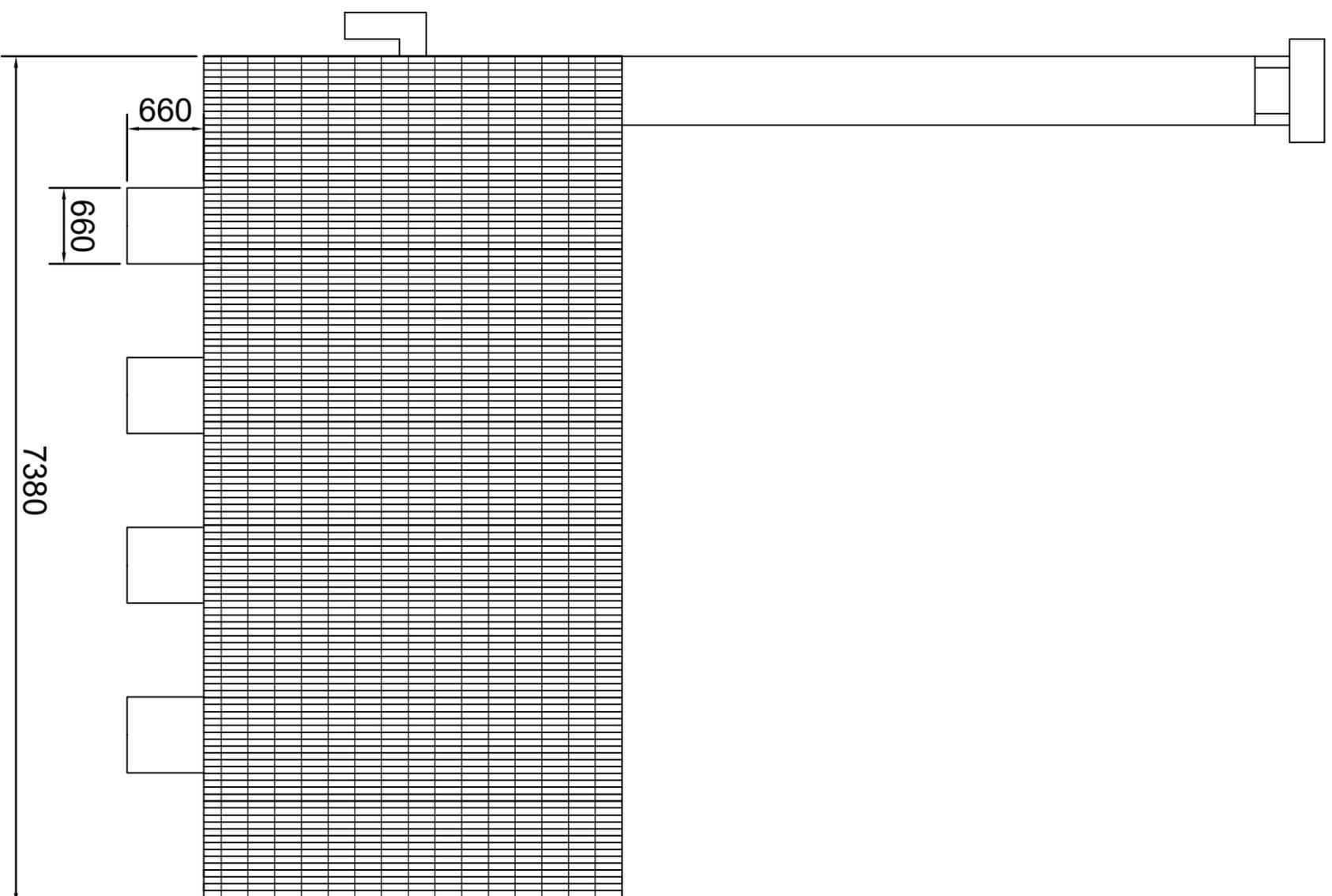


Razón	TFG	Escala	1:50	Título	Alzado del horno	Nº Plano	1
Unidades	mm	Proyección		Autor	Florencia García, Óscar		

- 1 Cámara de fusión
- 2 Capa Mullita- Zr
- 3 Capa Sílice- Alúmina
- 4 Capa ASTM-26
- 5 Chimenea

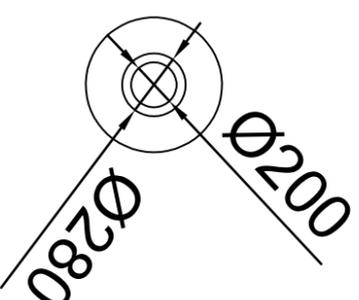
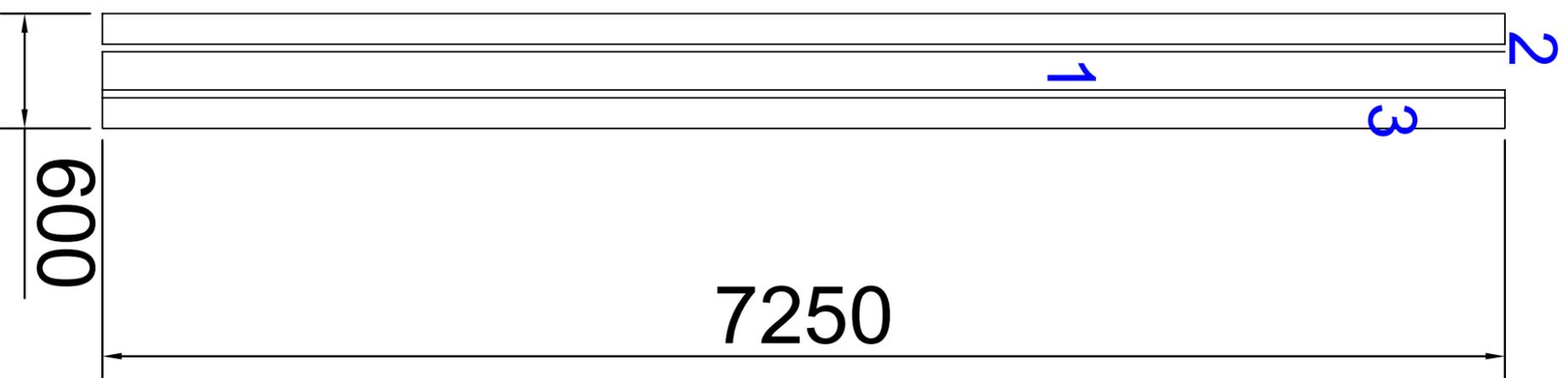


Razón	Escala	Título
TFG	1:50	Planta del horno
Unidades	mm	Autor
Proyección		Florencia García, Óscar
		Nº Plano
		2



Razón TFG	Escala 1:50 Unidades mm	Título Perfil del horno
	Proyección 	Autor Florencia García, Óscar
		No Plano 3

- 1 Conducción de salida de los gases de combustión
- 2 Intercambiador de calor
- 3 Capa aislante de la chimenea



Razón	TFG	Escala	1:30	Unidades	mm	Proyección	Título	Chimenea del horno	Auto	No Plano	4
-------	-----	--------	------	----------	----	------------	--------	--------------------	------	----------	---

PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE PLIEGO DE CONDICIONES

1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES, FACULTATIVAS Y ECONÓMICAS	1
1.1. Disposiciones generales	1
1.2. Disposiciones facultativas	15
1.3. Disposiciones económicas.....	29
1.4. Disposiciones técnicas.....	41
2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES.....	43
2.1. Prescripción sobre los materiales.....	43
2.2. Prescripciones en cuanto a la ejecución por unidad de obra.	57
3. CONDICIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS.....	63
3.1. Ámbito de aplicación.....	63
3.2. Especificaciones de la instalación eléctrica	63
3.3. Especificaciones de la instalación de fontanería.....	63
3.4. Instalación de la maquinaria	64

1. Pliego de condiciones generales, facultativas y económicas

1.1. Disposiciones generales

El presente documento del proyecto tiene por objeto la ordenación, con carácter general, de las condiciones facultativas, económicas y técnicas que han de regir en los concursos y contratos destinados a la ejecución de los trabajos de obra civil, siempre que expresamente se haga mención de este pliego en los particulares de cada una de las obras.

1.1.1. Disposiciones de carácter general

1.1.1.1. Objeto del Pliego de Condiciones

El objeto de este Pliego de Condiciones, es el de determinar los criterios de la relación establecida entre los agentes que intervendrán en las obras definidas en este proyecto y servir de guía para la realización del contrato de obra entre el Promotor y Contratista.

1.1.1.2. Contrato de obra

El presente contrato de obra, tiene por objetivo la construcción de una planta para la obtención de un polvo granulado a partir de residuos cerámicos para prensar baldosas cerámicas. Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. El Director de Obra ofrecerá la documentación necesaria para su realización.

1.1.1.3. Documentación del contrato de obra

A continuación, se enumeran en orden de prioridad, los documentos que componen el contrato de obra a fin de evitar posibles interpretaciones:

-Pliego de Condiciones.

-Documentación gráfica y escrita del Proyecto: memoria, planos, anexos, mediciones y presupuesto. Si existieran diferentes interpretaciones, prevalecen las especificaciones fijadas en el presente documento.

1.1.1.4. Proyecto Arquitectónico

El Proyecto Arquitectónico, está compuesto por los documentos que determinan y definen de manera inequívoca las exigencias técnicas, funcionales y estéticas de las obras contempladas en el artículo 2 de la Ley de Ordenación de la Edificación. En él se justificarán técnicamente las soluciones propuestas de acuerdo con las especificaciones requeridas por la normativa técnica vigente aplicable. Si el proyecto se desarrollara mediante proyectos parciales se mantendrá la coordinación entre todos ellos, a fin de evitar duplicidad en la documentación y/o honorarios a percibir por los autores de estos proyectos parciales.

Los documentos complementarios al Proyecto, serán:

- Planos y documentación de las obras, que se vayan suministrando por el Director de Obra a lo largo de la misma.
- Libro de Órdenes y Asistencias.
- Programa de Control de Calidad de Edificación y su Libro de Control.
- Estudio de Seguridad y Salud, o Estudio Básico de Seguridad y Salud.
- Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo, elaborado por el Contratista.
- Estudio de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición.
- Licencias y otras autorizaciones administrativas.

1.1.1.5. Reglamentación urbanística

La obra a realizar, se ajustará a las limitaciones aprobadas por los organismos competentes, especialmente a lo que se refiere a volúmenes, alturas, emplazamientos y ocupación del solar, así como a todas las modificaciones del Proyecto que pueda exigir la Administración para que este se ajuste a las Ordenanzas y Normas vigentes.

1.1.1.6. Formalización del Contrato de Obra

Los Contratos de Obra, se formalizarán mediante un documento privado entre las partes interesadas. Dicho documento podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes intervinientes.

- Estos contratos contendrán:

- La comunicación de la adjudicación.
- La copia del recibo de depósito de la fianza, en caso de haber fianza.
- La cláusula en la que se exprese que el Contratista se obliga al cumplimiento estricto del contrato de obra, conforme a lo previsto en el Proyecto.

El Contratista, antes de la formalización del contrato de obra, dará también su conformidad con la firma del Pliego de Condiciones, los Planos, Cuadro de Precios y Presupuesto General. Serán a cuenta del Adjudicatario todos los gastos que ocasionen la extensión del documento en que se consigne al Contratista.

1.1.1.7. Jurisdicción competente

En caso de existir desacuerdos entre las partes, ambas quedan obligadas a someter a discusión las diferencias a las Autoridades y Tribunales Administrativos con arreglo a la legislación vigente, renunciando al derecho común y al fuero de su domicilio, siendo competente la jurisdicción donde estuviese ubicada la obra.

1.1.1.8. Responsabilidad del Contratista

El Contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto. En consecuencia, quedará obligado a la demolición y reconstrucción de todas las unidades de obra deficientes o mal ejecutadas, sin que pueda servir de excusa el hecho de que la Dirección Facultativa halla examinado y reconocido la construcción durante sus visitas de obra, ni que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales.

1.1.1.9. Accidentes en el trabajo

Es de obligado cumplimiento el Real Decreto 1627/1 997, del 24 de Octubre, por el que se establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción y demás legislación vigente que, tanto directa como indirectamente inciden sobre la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de construcción, conservación y mantenimiento de edificios.

Es responsabilidad del Coordinador de Seguridad y Salud, en virtud del Real Decreto 1627/97, el control y seguimiento, durante toda la ejecución de la obra, del Plan de Seguridad y Salud redactado por el Contratista.

1.1.1.10. Daños y perjuicios a terceros

El Contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las contiguas o colindantes. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiera lugar, y de todos los daños y perjuicios que puedan ocasionarse en las operaciones de ejecución de obra. Asimismo, el Contratista será responsable de los daños y perjuicios, directos o indirectos que puedan ocasionarse a terceros como consecuencia de la obra, tanto en ella como en sus alrededores, incluso en los que se produzcan por omisión o negligencia del personal a su cargo, así como de los que se deriven de los subcontratistas e industriales que intervengan en la obra.

Es de su responsabilidad mantener vigente durante la ejecución de los trabajos una póliza de seguros frente a terceros, en la modalidad de “Todo riesgo al derribo y la construcción”, suscrita por una compañía aseguradora con la suficiente solvencia para la cobertura de los trabajos contratados. Dicha póliza será aportada y ratificada por el Promotor o Propiedad, no pudiendo ser cancelada mientras no se firme el Acta de Recepción Provisional de la obra.

1.1.1.11. Anuncios y carteles

Sin previa autorización del Promotor, no se podrán colocar en las obras ni en sus vallas más inscripciones o anuncios que los convenientes al régimen de los trabajos y los exigidos por la policía local.

1.1.1.12. Copia de documentos

El Contratista, a su costa, tiene derecho a sacar copias de todos los documentos integrantes del Proyecto.

1.1.1.13. Suministro de materiales

Se especificará en el Contrato la responsabilidad que pueda caber al Contratista por retraso en el plazo de finalización de la obra o en los plazos parciales, como consecuencia de deficiencias o faltas en los suministros.

1.1.1.14. Hallazgos

El Promotor se reserva la posesión de las antigüedades, objetos de arte o sustancias minerales utilizables que se encuentren en las excavaciones y demoliciones practicadas en sus terrenos o edificaciones. El Contratista deberá emplear, para extraerlos, todas las precauciones que se le indique por parte del Director de Obra. El Promotor abonará al Contratista el exceso de obras o gastos especiales que estos trabajos ocasionen, siempre que estén debidamente justificados y aceptados por la Dirección Facultativa.

1.1.1.15. Causas de rescisión del contrato de obra

Se consideran causas suficientes de rescisión de contrato:

- La muerte o incapacitación del Contratista.
- La quiebra del Contratista.
- Las alteraciones del contrato por las siguientes causas:
 - La modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio del Director de Obra y, en cualquier caso, siempre que la variación del Presupuesto de Ejecución Material, como consecuencia de estas modificaciones, represente una desviación mayor al 100€.
 - Las modificaciones de unidades de obra, siempre que representen variaciones de más o menos el 40% del proyecto original, o más de un 50% de unidades de obra del proyecto reformado.
- La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año y en todo caso, siempre que por causas ajenas al Contratista no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación. En este caso, la devolución de la fianza será automática.
- Que el Contratista no comience los trabajos dentro del plazo señalado en el contrato.
- El incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.
- El vencimiento del plazo de ejecución de la obra.
- El abandono de la obra sin causas justificadas.

- La mala fe en la ejecución de la obra.

1.1.1.16. Omisiones: Buena fe

Las relaciones entre el Promotor y el Contratista, reguladas por el presente documento y la documentación complementaria, presentan la prestación de un servicio al Promotor por parte del Contratista mediante la ejecución de la obra, basándose en la buena fe mutua de ambas partes, que pretende beneficiarse de esta colaboración sin ningún tipo de prejuicio. Por este motivo, las relaciones entre ambas partes y las omisiones que puedan existir en el Pliego de Condiciones y la documentación complementaria del proyecto y de la obra, se entenderán siempre suplidas por la buena fe de las partes, que las subsanará debidamente con el fin de conseguir una adecuada calidad final de obra.

1.1.2. Disposiciones relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares

Se describen las disposiciones básicas a considerar en la ejecución de las obras relativas a los trabajos, materiales y medios auxiliares, así como a las recepciones de los edificios objeto del presente proyecto y sus obras anexas.

1.1.2.1. Accesos y vallados

El Contratista dispondrá, por su cuenta, los accesos a la obra, el cerramiento o el vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra, pudiendo exigir el Director de Ejecución de Obra su modificación o mejora.

1.1.2.2. Replanteo

El Contratista iniciará “in situ” el replanteo de las obras, señalando las referencias principales que mantendrá como base de posteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se consideran a cargo del Contratista e incluidos en su oferta económica. Asimismo, someterá el replanteo a la aprobación del Director de Ejecución de la Obra y, una vez este haya dado su conformidad, preparará el Acta de Inicio y Replanteo de la Obra acompañada de un plano de replanteo definitivo, que deberá ser aprobado por el Director de Obra. Será responsabilidad del Contratista la deficiencia o la omisión de este trámite

1.1.2.3. Inicio de la obra y ritmo de ejecución

El contratista dará comienzo a las obras en el plazo especificado en el respectivo contrato, desarrollándose de manera adecuada para que dentro de los periodos parciales señalados se realicen los trabajos, de modo que la ejecución total se lleve a cabo dentro del plazo establecido en el contrato.

Será obligación del Contratista comunicar a la Dirección Facultativa el inicio de las obras, de forma fehaciente y preferiblemente por escrito, al menos con tres días de antelación.

El Director de Obra redactará el acta de comienzo de la obra y la suscribirá en la misma obra junto con él, el día de comienzo de los trabajos, el Director de la Ejecución de obra, el Promotor y el Contratista.

Para la formalización del acta de comienzo de la obra, el Director de la Obra comprobará que en la obra existe copia de los siguientes documentos:

- Proyecto de ejecución, Anexos y modificaciones.
- Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo y su acta de aprobación por parte del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de los trabajos.
- Licencia de obra otorgada por el Ayuntamiento.
- Aviso previo a la Autoridad laboral competente efectuado por el Promotor.
- Comunicación de apertura de centro de trabajo efectuado por el Contratista.
- Otras autorizaciones, permisos y licencias que sean preceptivas por otras administraciones.
- Libro de Órdenes y Asistencias.
- Libro de Incidencias.

La fecha de acta de comienzo de la obra, marca el inicio de los plazos parciales y total de la ejecución de obra.

1.1.2.4. Orden de los trabajos

La determinación del orden de los trabajos es, generalmente facultad del Contratista, salvo en aquellos casos en que, por circunstancias de naturaleza técnica, se estime conveniente su variación por parte de la Dirección Facultativa.

1.1.2.5. *Facilidades para otros contratistas*

De acuerdo con lo que requiere la Dirección Facultativa, el Contratista dará todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a los Subcontratistas u otros Contratistas que intervengan en la obra. Todo ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya dado lugar por la utilización de los medios auxiliares o los suministros de energía u otros conceptos.

1.1.2.6. *Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor*

Cuando se precise ampliar el Proyecto, por causas imprevistas o por cualquier incidencia, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones de la Dirección Facultativa en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado. El Contratista, está obligado a realizar, con su personal y sus materiales, cuanto la Dirección de Ejecución de Obra disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalces o cualquier obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

1.1.2.7. *Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto*

El Contratista, podrá requerir del Director de Obra o del Director de Ejecución de Obra, según sus respectivos cometidos y atribuciones, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de la obra proyectada. Cuando se trate de interpretar, aclarar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los Planos, croquis, órdenes e instrucciones correspondiente, se comunicarán necesariamente por escrito al Contratista, estando este a su vez obligado a devolver los originales o las copias, suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos e instrucciones que reciba tanto del Director de Ejecución de Obra, como del Director de Obra. Cualquier reclamación que crea oportuno hacer el Contratista en contra de las disposiciones tomadas por la Dirección Facultativa, habrá que dirigirla, dentro del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual le dará el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

1.1.2.8. Prórroga por causa de fuerza mayor

Si por causa de fuerza mayor o independientemente de la voluntad del Contratista, este no pudiese comenzar las obras, tuviese que suspenderlas o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para su cumplimiento, previo informe favorable del Director de Obra. Para ello, el Contratista expondrá, en escrito dirigido al Director de Obra, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

1.1.2.9. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que, habiéndolos solicitado por escrito, no se le hubiesen proporcionado.

1.1.2.10. Trabajos defectuosos

El Contratista debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en el proyecto, y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo estipulado.

Por ello y hasta que tenga lugar la recepción definitiva de la instalación, el Contratista es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que puedan existir por su mala ejecución, no siendo un eximente el que la Dirección Facultativa lo haya examinado o reconocido con anterioridad, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las Certificaciones Parciales de obra, que siempre se entenderá extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Director de Ejecución de Obra advierta vicios o defectos en los trabajos efectuados, o que los materiales empleados, aparatos o equipos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos o una vez finalizados con anterioridad a la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean sustituidas o demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado a expensas del Contratista. Si esta no estimase

justa la decisión y se negase a la sustitución, demolición y/o reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el Director de Obra, quien mediará para resolverla.

1.1.2.11. Vicios ocultos

El Contratista es el único responsable de los vicios ocultos y de los defectos de la construcción, durante la ejecución de las obras y el periodo de garantía, hasta los plazos prescritos después de la terminación de las obras en la vigente L.O.E., aparte de otras responsabilidades legales o de cualquier índole que puedan derivarse.

Si el Director de Ejecución de Obra tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará, cuando estime oportuno, realizar antes de la recepción definitiva los ensayos, destructivos o no que considere necesarios para reconocer o diagnosticar los trabajos que suponga defectuosos, dando cuenta de la circunstancia al Director de Obra.

El Contratista demolerá y reconstruirá posteriormente a su cargo, todas las unidades de Obra que estén mal ejecutadas, sus consecuencias, daños y perjuicios, no pudiendo eludir su responsabilidad por el hecho de que el Director de Obra y/o el Director de Ejecución de Obra lo hayan examinado o reconocido con anterioridad, o que haya sido conformada o abonada una parte o la totalidad de las obras mal ejecutadas.

1.1.2.12. Procedencia de materiales, aparatos y equipos

El Contratista tiene libertad de proveerse de los materiales, aparatos y equipos de todas clases donde considere oportuno y conveniente para sus intereses, excepto en aquellos casos en los que se preceptúe una procedencia y características específicas en el proyecto. Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo, acopio y puesto en obra, el Contratista deberá presentar al Director de Ejecución de la Obra una lista completa de los materiales, aparatos y equipos que vaya a utilizar, en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre sus características técnicas, marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

1.1.2.13. Presentación de muestras

A petición del Director de Obra, el contratista presentará las muestras de los materiales, aparatos y equipos, siempre con la antelación prevista en el calendario de obra.

1.1.2.14. Materiales, aparatos y equipos defectuosos

Cuando los materiales, aparatos, equipos y elementos de instalaciones fuesen defectuosos, el Director de Obra, a instancias del Director de Ejecución de Obra, dará la orden al Contratista de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o sean los adecuados al fin al que se destinen.

Si a los quince días de recibir el Contratista la orden de retirar los materiales que no estuviesen en condiciones no hubiera sido cumplida, podrá hacerlo el Promotor o Propiedad a cuenta del Contratista.

En el caso en que los materiales, aparatos, equipos o elementos de instalaciones fueran defectuosos pero aceptables a juicio del Director de Obra, se recibirán con la rebaja del precio que aquél determine, a no ser que el Contratista prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

1.1.2.15. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras, correrán a cargo del Contratista.

1.1.2.16. Limpieza de las obras

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean necesarias para que la obra presente el aspecto apropiado.

1.1.2.17. Obras sin prescripciones explícitas

En la ejecución de trabajos que pertenecen a la construcción de las obras, y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego de Condiciones ni en el resto de documentos del proyecto, el Contratista se atenderá, en primer término, a las instrucciones que dicte el Director Facultativo de las obras y en segundo lugar a las normas y prácticas de la construcción.

1.1.3. Disposiciones de las recepciones de edificios y obras anejas

1.1.3.1. Consideraciones de carácter general

La recepción de la obra es el acto por el cual el Contratista, una vez concluida la obra, hace entrega de la misma al Promotor y ésta es aceptada por él. Podrá realizarse con o sin reservas y debe abarcar la totalidad de la obra o fases completadas y terminadas de la misma, cuando así se acuerde.

La recepción, deberá consignarse en un acta firmada, al menos, por el Promotor y el Contratista. Haciendo constar en ella:

- Las partes que intervienen.
- La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada de las mismas.
- El coste final de la ejecución material de la obra.
- La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, especificando, en su caso, éstas de manera objetiva, y el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados. Una vez subsanados se hará constar en un acta diferente, suscrita por los firmantes de la recepción.
- Las garantías que, en su caso, se exijan al Contratista para asegurar sus responsabilidades.

Asimismo, se adjuntará el certificado final de obra suscrito por el Director de Obra y el Director de Ejecución de la Obra.

El Promotor podrá rechazar la recepción de la obra por considerar que la misma no está terminada o que no se adecúa a las condiciones contractuales.

En todo caso, el rechazo deberá ser justificado por escrito en el acta, en la que se fijará un nuevo plazo para efectuar la recepción.

La recepción de la obra tendrá lugar dentro de los treinta días siguientes a la fecha de fin de obra, acreditada en el certificado final de obra, plazo que se contará a partir de la notificación efectuada al Promotor. La recepción se entenderá tácitamente producida si transcurridos los treinta días desde la fecha indicada, el Promotor hubiera puesto de manifiesto reservas o rechazo motivados por escrito.

El cómputo de los plazos de responsabilidad y garantía serán los establecidos en la L.O.E. y se iniciará a partir de la fecha en que se suscriba el acta de recepción, o cuando se entienda está tácitamente producida según lo previsto en el apartado anterior.

1.1.3.2. Recepción provisional

Treinta días antes de dar por finalizadas las obras, comunicará el Director de Ejecución de Obra al Promotor la proximidad de su fin, de manera que pueda fijarse la fecha del acto de la Recepción Provisional.

Esta se realizará con la intervención del Promotor, el Contratista y de los Directores de Obra y de Ejecución de Obra. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección de la obra con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los técnicos de la Dirección extenderán el correspondiente Certificado Final de Obra.

Cuando las obras se hallen en condiciones de ser recibidas, se hará constar expresamente en el Acta y se darán al Contratista las oportunas instrucciones para subsanar los defectos observados, fijándose un plazo para subsanarlos, expirado el cual se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el Contratista no cumpliera, podrá declararse resuelto el contrato con la pérdida de la fianza.

1.1.3.3. Documentación final de obra

El Director de ejecución de obra, asistido por el Contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactarán la documentación final de sus obras, que se facilitará al Promotor, con las especificaciones y contenidos dispuestos por la legislación vigente, con lo que se establece en los párrafos 2, 3, 4 y 5, del apartado 2 del artículo 4º del Real Decreto 515/1989, de 21 de Abril.

1.1.3.4. Medición definitiva y liquidación provisional de la obra

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá a su medición definitiva por el Director de ejecución de obra, con precisa asistencia del Contratista o representante. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado aprobada por el Director de obra, que servirá para el abono por el Promotor del saldo resultante menos la cantidad retenida en concepto de fianza.

1.1.3.5. Plazo de garantía

El plazo de garantía deberá estipularse en el contrato privado y, en cualquier caso, nunca deberá ser inferior a seis meses.

1.1.3.6. Conservación de las obras recibidas provisionalmente

Los gastos de conservación durante el plazo de entrega comprendido entre la recepción provisional y definitiva, correrán a cargo del Contratista.

Si la instalación fuese utilizada antes de la recepción definitiva, la guarda, limpieza y la reparación ocasionada por el uso correrán a cargo de la Propiedad. Las reparaciones por vicios de obra o por defectos en las instalaciones, serán a cargo del Contratista.

1.1.3.7. Recepción definitiva

La recepción definitiva se realizará después de transcurrido el plazo de garantía, en igual modo y con las mismas formalidades que la provisional. A partir de esta fecha, cesará la obligación del Contratista de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de las instalaciones, y quedarán solo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran derivar de vicios de construcción.

1.1.3.8. Prórroga del plazo de garantía

Si, al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Director de Obra indicará al Contratista los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias. De no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con la pérdida de fianza.

1.1.3.9. Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida

En caso de resolución de contrato, el Contratista vendrá obligado a retirar en el plazo fijado la maquinaria, instalaciones y medios auxiliares, a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudada por otra empresa sin problema alguno.

Las obras y los trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos anteriormente. Transcurrido el plazo de garantía, se recibirá, definitivamente según lo dispuesto anteriormente.

Para las obras y trabajos no finalizados pero aceptables a juicio del Director de Obra, se efectuará una sola y definitiva recepción.

1.2. Disposiciones facultativas

1.2.1. Definición y atribuciones de los agentes de la edificación

Las atribuciones de los distintos agentes intervinientes en la edificación son las reguladas por la Ley 38/99 de Ordenación de la Edificación (L.O.E.). Se definen agentes de la edificación todas las personas, físicas o jurídicas, que intervienen en el proceso de la edificación.

Sus obligaciones quedan determinadas por lo dispuesto en la L.O.E. y demás disposiciones que sean de aplicación y por el contrato que origina su intervención. Las definiciones y funciones de los agentes que intervienen en la ejecución de la obra, considerándose:

1.2.1.1. El Promotor

Es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o de manera colectiva decide, impulsa, programa y financia, con recursos propios o ajenos, las obras para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Asume la iniciativa de todo el proceso de la obra, impulsando la gestión necesaria para llevar a cabo la obra inicialmente proyectada, y se hace cargo de todos los costes necesarios.

Según la legislación vigente, a la figura del promotor se equiparan también las de gestor de sociedades cooperativas, comunidades de propietarios, u otras análogas que asumen la gestión económica de la obra.

Cuando las Administraciones públicas y los organismos sujetos a la legislación de contratos de las Administraciones públicas actúen como promotores, se regirán por la Legislación de contratos de las Administraciones públicas y, en lo no contemplado en la misma, por las disposiciones de la L.O.E.

1.2.1.2. El Projectista

Es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto. Podrán redactar proyectos parciales del proyecto, o partes que lo complementen, otros técnicos, de forma coordinada con el autor de este. Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos según lo previsto en el apartado 2 del artículo 4 de la L.O.E., cada proyectista asumirá la titularidad de su proyecto.

1.2.1.3. El Contratista

Es el agente que asume, contractualmente ante el Promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al Proyecto y al Contrato de obra.

Es el responsable explícito de los vicios o defectos constructivos, sin perjuicio del derecho de repetición de este hacia los subcontratistas.

1.2.1.4. El Director de Obra

Es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas, y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto. Podrán dirigir las obras de los proyectos parciales otros técnicos, bajo la coordinación del Director de Obra.

1.2.1.5. El Director de Ejecución de Obra

Es el agente que, formando parte de la Dirección Facultativa, asume la función técnica de dirigir la Ejecución Material de la Obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y calidad de lo instalado.

Para ello es requisito indispensable el estudio y análisis previo del proyecto de ejecución una vez redactado por el Ingeniero, procediendo a solicitarle, con antelación al inicio de las obras, todas aquellas aclaraciones, subsanaciones o documentos complementarios que, dentro de su competencia y atribuciones legales, estimara necesarios para poder dirigir de manera correcta la ejecución de las mismas.

1.2.1.6. Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la instalación

Son entidades de control de calidad de la instalación aquellas capacitadas para prestar asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable. Son laboratorios de ensayos para el control de calidad de la instalación los capacitados para prestar asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de la obra.

1.2.1.7. Los suministradores de productos

Se consideran suministradores de productos los fabricantes, almacenistas, importadores o vendedores de productos de construcción para la instalación.

Se entiende por producto de construcción aquel que se fabrica para su incorporación permanente en una obra, incluyendo materiales, elementos semielaborados, componentes y obras o parte de las mismas, tanto terminadas como en proceso de ejecución.

1.2.2. Agentes que intervienen en la obra según la Ley 38/99

La relación de agentes intervinientes se encuentra en la memoria descriptiva del proyecto.

1.2.3. Agentes en materia de seguridad y salud según El Real Decreto 1627/97

La relación de agentes intervinientes en materia de seguridad y salud se encuentra en la memoria descriptiva del proyecto.

1.2.4. La Dirección Facultativa

En correspondencia con la L.O.E., la Dirección Facultativa está compuesta por la Dirección de Obra y la Dirección de Ejecución de la Obra. A la Dirección Facultativa se integrará el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en fase de ejecución de la obra,

en el caso de que se haya adjudicado dicha misión a un facultativo distinto de los anteriores.

Representa técnicamente los intereses del Promotor durante la ejecución de la obra, dirigiendo el proceso de construcción en función de las atribuciones profesionales de cada técnico participante.

1.2.5. Visitas facultativas

Son las realizadas a la obra de manera conjunta o individual por cualquiera de los miembros que componen la Dirección Facultativa. La intensidad y número de visitas dependerá de los cometidos que a cada agente le son propios, pudiendo variar en función de los requerimientos específicos y de la mayor o menor exigencia presencial requerible al técnico al efecto en cada caso y según cada una de las fases de la obra.

Deberán adaptarse al proceso lógico de construcción, pudiendo los agentes ser o no coincidentes en la obra en función de la fase concreta que se esté desarrollando en cada momento y del cometido exigible a cada cual.

1.2.6. Obligaciones de los agentes intervinientes

Las obligaciones de los agentes que intervienen en la ejecución de la obra son las contenidas en los artículos 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16, del capítulo 111 de la L.O.E. y demás legislación aplicable.

1.2.6.1. El Promotor

Son obligaciones del Promotor:

- Ostentar sobre la propiedad la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él. Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al Director de Obra, al Director de la Ejecución de la Obra y al Contratista posteriores modificaciones del mismo que fueran imprescindibles para llevar a buen fin lo proyectado.
- Elegir y contratar a los distintos agentes, con la titulación y capacitación profesional necesaria, que garanticen el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para realizar en su globalidad y llevar a buen fin el objeto de

lo promovido, en los plazos estipulados y en las condiciones de calidad exigibles mediante el cumplimiento de los requisitos básicos estipulados para los edificios.

- Gestionar y hacerse cargo de las preceptivas licencias y demás autorizaciones administrativas procedentes, de conformidad con la normativa aplicable.
- Garantizar los daños materiales que la instalación pueda sufrir, para la adecuada protección de los intereses de los usuarios finales, en las condiciones legalmente establecidas, asumiendo la responsabilidad civil de forma personal e individualizada, tanto por actos propios como por actos de otros agentes por los que, con arreglo a la legislación vigente, se deba responder.
- Contratar a los técnicos redactores del preceptivo Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico, en su caso, al igual que a los técnicos coordinadores en la materia en la fase que corresponda, todo ello según lo establecido en el R.D. 1627/97, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en las obras de construcción.

El Promotor no podrá dar orden de inicio de las obras hasta que el Contratista haya redactado su Plan de Seguridad y, además, este haya sido aprobado por el Coordinador en Materia de Seguridad y Salud en fase de Ejecución de la obra, dejando constancia expresa en el Acta de Aprobación realizada al efecto.

Efectuar el denominado Aviso Previo a la autoridad laboral competente, haciendo constar los datos de la obra, redactándolo de acuerdo a lo especificado en el Anexo III del R.D.1627/97. Una copia del mismo deberá exponerse en la obra de forma visible, actualizándolo si fuese necesario.

Suscribir el acta de recepción final de las obras, una vez concluidas éstas, haciendo constar la aceptación de las obras, que podrá efectuarse con o sin reservas y que deberá abarcar la totalidad de las obras o fases completas. En el caso de hacer mención expresa a reservas para la recepción, deberán mencionarse de manera detallada las deficiencias y se deberá hacer constar el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados.

Entregar al adquirente y usuario inicial, en su caso, el manual de uso y mantenimiento del mismo y demás documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las Administraciones competentes.

1.2.6.2. El Projectista

Son obligaciones del Projectista:

- Redactar el proyecto por encargo del Promotor, con sujeción a la normativa técnica en vigor y conteniendo la documentación necesaria para tramitar tanto la licencia de obras y demás permisos administrativos -proyecto básico- como para ser interpretada y poder ejecutar totalmente la obra, entregando al Promotor las copias autorizadas correspondientes, debidamente visadas por su colegio profesional.
- Definir el concepto global del proyecto de ejecución con el nivel de detalle gráfico y escrito suficiente y calcular los elementos fundamentales de la instalación, en especial las posibles cimentaciones y estructuras.
- Concretar en el Proyecto el emplazamiento de cuartos de máquinas, de contadores, hornacinas, espacios asignados para subida de conductos, reservas de huecos de ventilación, alojamiento de sistemas de telecomunicación y, en general, de aquellos elementos necesarios en la instalación para facilitar las determinaciones concretas y especificaciones detalladas que son cometido de los proyectos parciales, debiendo estos adaptarse al Proyecto de Ejecución, y no pudiendo contravenirlo en modo alguno.
- Deberá entregarse necesariamente un ejemplar del proyecto complementario al Arquitecto antes del inicio de las obras o instalaciones correspondientes.
- Acordar con el Promotor la contratación de colaboraciones parciales de otros técnicos profesionales.
- Facilitar la colaboración necesaria para que se produzca la adecuada coordinación con los proyectos parciales exigibles por la legislación o la normativa vigente y que sea necesario incluir para el desarrollo adecuado del proceso, que deberán ser redactados por técnicos competentes, bajo su responsabilidad y suscritos por persona física. Los proyectos parciales serán aquellos redactados por otros técnicos cuya competencia puede ser distinta e incompatible con las competencias del Ingeniero y, por tanto, de exclusiva responsabilidad de estos. Elaborar aquellos proyectos parciales o estudios complementarios exigidos por la legislación vigente en los que es legalmente competente para su redacción, excepto declinación expresa del Ingeniero y previo acuerdo con el Promotor, pudiendo exigir la

compensación económica en concepto de cesión de derechos de autor y de la propiedad intelectual si se tuviera que entregar a otros técnicos, igualmente competentes para realizar el trabajo, documentos o planos del proyecto por él redactado, en soporte papel o informático.

- Ostentar la propiedad intelectual de su trabajo, tanto de la documentación escrita como de los cálculos de cualquier tipo, así como de los planos contenidos en la totalidad del proyecto y cualquiera de sus documentos complementarios.

1.2.6.3. El Contratista

Son obligaciones del Contratista:

- Tener la capacitación profesional o titulación que habilita para el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para actuar como constructor.
- Organizar los trabajos de construcción para cumplir con los plazos previstos, de acuerdo al correspondiente Plan de Obra, efectuando las instalaciones provisionales y disponiendo de los medios auxiliares necesarios.
- Comunicar a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo en la que incluirá el Plan de Seguridad y Salud al que se refiere el artículo 7 del R.D. 1627/97 de 24 de octubre.
- Adoptar todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos laborales y Seguridad y Salud que establece la legislación vigente, redactando el correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al cumplimiento estricto y permanente de lo establecido en el Estudio de Seguridad y Salud, disponiendo de todos los medios necesarios y dotando al personal del equipamiento de seguridad exigibles, así como de cumplir las órdenes efectuadas por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en la fase de Ejecución de la obra.
- Supervisar de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en las condiciones adecuadas.

- Examinar la documentación aportada por los técnicos redactores correspondientes, tanto del Proyecto de Ejecución como de los proyectos complementarios, así como del Estudio de Seguridad y Salud, verificando que le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitando las aclaraciones pertinentes.
- Facilitar la labor de la Dirección Facultativa, suscribiendo el Acta de Replanteo, ejecutando las obras con sujeción al Proyecto de Ejecución que deberá haber examinado previamente, a la legislación aplicable, a las instrucciones del Ingeniero Director de Obra y del Director de la Ejecución Material de la Obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.
- Efectuar las obras siguiendo los criterios al uso que son propios de la correcta construcción, que tiene la obligación de conocer y poner en práctica, así como de las leyes generales de los materiales, aun cuando estos criterios no estuvieran específicamente reseñados en su totalidad en la documentación de proyecto. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las tareas de los subcontratistas.
- Disponer de los medios materiales y humanos que la naturaleza y entidad de la obra impongan, disponiendo del número adecuado de oficiales, suboficiales y peones que la obra requiera en cada momento, bien por personal propio o mediante subcontratistas al efecto, procediendo a solapar aquellos oficios en la obra que sean compatibles entre sí y que permitan acometer distintos trabajos a la vez sin provocar interferencias, contribuyendo con ello a la agilización y finalización de la obra dentro de los plazos previstos.
- Ordenar y disponer en cada momento de personal suficiente a su cargo para que efectúe las actuaciones pertinentes para ejecutar las obras con solvencia, diligentemente y sin interrupción, programándolas de manera coordinada con el Ingeniero o Ingeniero técnico, Director de Ejecución Material de la Obra.
- Supervisar personalmente y de manera continuada y completa la marcha de las obras, que deberán transcurrir sin dilación y con adecuado orden y concierto, así como responder directamente de los trabajos efectuados por sus trabajadores subordinados, exigiéndoles el continuo autocontrol de los trabajos que efectúen, y

ordenando la modificación de todas aquellas tareas que se presenten mal efectuadas.

- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales utilizados y elementos constructivos, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción facultativa del Director de la Ejecución de la obra, los suministros de material o prefabricados que no cuenten con las garantías, documentación mínima exigible o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación, debiendo recabar de la Dirección Facultativa la información que necesite para cumplir adecuadamente su cometido.
- Dotar de material, maquinaria y utillajes adecuados a los operarios que intervengan en la obra, para efectuar adecuadamente las instalaciones necesarias y no menoscabar con la puesta en obra las características y naturaleza de los elementos constructivos que componen la instalación una vez finalizada.
- Poner a disposición del Arquitecto Técnico o Aparejador los medios auxiliares y personal necesario para efectuar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, recabando de dicho técnico el plan a seguir en cuanto a las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias.
- Cuidar de que el personal de la obra guarde el debido respeto a la Dirección Facultativa.
- Auxiliar al Director de la Ejecución de la Obra en los actos de replanteo y firmar posteriormente y una vez finalizado éste, el acta correspondiente de inicio de obra, así como la de recepción final.
- Facilitar a los Arquitectos Directores de Obra, en el caso de que los hubiese, los datos necesarios para la elaboración de la documentación final de obra ejecutada.
- Suscribir las garantías de obra que se señalan en el Artículo 19 de la Ley de Ordenación de la Edificación y que, en función de su naturaleza, alcanzan períodos de 1 año (daños por defectos de terminación o acabado de las obras), 3 años (daños por defectos o vicios de elementos constructivos o de instalaciones que afecten a la habitabilidad) o 10 años (daños en cimentación o estructura que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad de la instalación).

1.2.6.4. El Director de Obra

Son obligaciones del Director de Obra:

- Dirigir la obra coordinándola con el Proyecto de Ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética a los agentes intervinientes en el proceso constructivo.
- Detener la obra por causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Órdenes y Asistencias, dando cuenta inmediata al Promotor.
- Redactar las modificaciones, ajustes, rectificaciones o planos complementarios que se precisen para el adecuado desarrollo de las obras. Es facultad expresa y única la redacción de aquellas modificaciones o aclaraciones directamente relacionadas con la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectadas a las características geotécnicas del terreno; el cálculo o recálculo del dimensionado y armado de todos y cada uno de los elementos principales y complementarios de la cimentación y de la estructura vertical y horizontal; los que afecten sustancialmente a la distribución de espacios, así como la modificación de los materiales previstos.
- Asesorar al Director de la Ejecución de la Obra en aquellas aclaraciones y dudas que pudieran acontecer para el correcto desarrollo de la misma, en lo que respecta a las interpretaciones de las especificaciones de proyecto.
- Asistir a las obras a fin de resolver las contingencias que se produzcan para asegurar la correcta interpretación y ejecución del proyecto, así como impartir las soluciones aclaratorias que fueran necesarias, consignando en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas que se estimara oportunas reseñar para la correcta interpretación de lo proyectado, sin perjuicio de efectuar todas las aclaraciones y órdenes verbales que estimare oportuno.
- Firmar el Acta de replanteo o de comienzo de obra y el Certificado Final de Obra, así como firmar el visto bueno de las certificaciones parciales referidas al porcentaje de obra efectuada y, en su caso y a instancias del Promotor, la supervisión de la documentación que se le presente relativa a las unidades de obra realmente ejecutadas previa a su liquidación final, todo ello con los visados que en su caso fueran preceptivos.

- Informar puntualmente al Promotor de aquellas modificaciones sustanciales que por razones técnicas o normativas, conlleven una variación de lo construido con respecto al proyecto básico y de ejecución y que afecten o puedan afectar al contrato suscrito entre el promotor y los destinatarios finales de la instalación.
- Redactar la documentación final de obra, en lo que respecta a la documentación gráfica y escrita del proyecto ejecutado, incorporando las modificaciones efectuadas. Para ello los técnicos redactores de proyectos y/o estudios complementarios deberán obligatoriamente entregarle la documentación final en la que se haga constar el estado final de las obras y/o instalaciones por ellos redactadas, supervisadas y realmente ejecutadas, siendo responsabilidad de los firmantes la veracidad y exactitud de los documentos presentados. Al Proyecto Final de Obra se anexará el Acta de Recepción Final; la relación identificativa de los agentes que han intervenido en el proceso de edificación, incluidos todos los subcontratistas y oficios intervinientes; las instrucciones de Uso y Mantenimiento de la instalación, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación. Además de todas las facultades que corresponden al Arquitecto Director de Obra, expresadas en los artículos precedentes, es misión específica suya la dirección mediata, denominada alta dirección en lo que al cumplimiento de las directrices generales del proyecto se refiere, y a la adecuación de lo construido a éste. Cabe señalar expresamente que la resistencia al cumplimiento de las órdenes de los Arquitectos Directores de Obra en su labor de alta dirección se considerará como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá recusar al Contratista y/o acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el Contratista de las consecuencias legales y económicas.

1.2.6.5. El Director de Ejecución de Obra

Acontece al Ingeniero. Según se establece en el Artículo 13 de la LOE y demás legislación vigente al efecto, las atribuciones competenciales y obligaciones que se señalan a continuación:

- La Dirección inmediata de la Obra.

- Verificar personalmente la recepción a pie de obra, previo a su acopio o colocación definitiva, de todos los productos y materiales suministrados necesarios para la ejecución de la obra, comprobando que se ajustan con precisión a las determinaciones del proyecto y a las normas exigibles de calidad, con la plena potestad de aceptación o rechazo de los mismos en caso de que lo considerase oportuno y por causa justificada, ordenando la realización de pruebas y ensayos que fueran necesarios.
- Dirigir la ejecución material de la obra de acuerdo con las especificaciones de la memoria y de los planos del Proyecto, así como, en su caso, con las instrucciones complementarias necesarias que recabara del Director de Obra.
- Anticiparse con la antelación suficiente a las distintas fases de la puesta en obra, requiriendo las aclaraciones al Arquitecto o Arquitectos Directores de Obra, si aplica que fueran necesarias y planificando de manera anticipada y continuada con el Contratista principal y los subcontratistas los trabajos a efectuar.
- Comprobar los replanteos, los materiales, hormigones y demás productos suministrados, exigiendo la presentación de los oportunos certificados de idoneidad de los mismos.
- Verificar la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, extendiéndose dicho cometido a todos los elementos de cimentación y estructura horizontal y vertical, con comprobación de sus especificaciones concretas de dimensionado de elementos, tipos de viguetas y adecuación a ficha técnica homologada, diámetros nominales, longitudes de anclaje y adecuados solape y doblado de barras.
- Cumplimiento de todas las normativas que son de aplicación; a dimensiones parciales y totales de elementos, a su forma y geometría específica, así como a las distancias que deben guardarse entre ellos, tanto en horizontal como en vertical.
- Asistir a la obra con la frecuencia, dedicación y diligencia necesarias para cumplir eficazmente la debida supervisión de la ejecución de la misma en todas sus fases, desde el replanteo inicial hasta la total finalización del edificio, dando las órdenes precisas de ejecución al Contratista y, en su caso, a los subcontratistas. Consignar en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas que considerara oportuno reseñar para la correcta ejecución material de las obras.

- Supervisar posteriormente el correcto cumplimiento de las órdenes previamente efectuadas y la adecuación de lo realmente ejecutado a lo ordenado previamente.
- Verificar el adecuado trazado de instalaciones, conductos, acometidas, redes de evacuación y su dimensionado, comprobando su idoneidad y ajuste tanto a las especificaciones del proyecto de ejecución como de los proyectos parciales, coordinando dichas actuaciones con los técnicos redactores correspondientes.
- Detener la Obra si, a su juicio, existiera causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Órdenes y Asistencias, dando cuenta inmediata a los Directores de Obra que deberán necesariamente corroborarla para su plena efectividad, y al Promotor.
- Supervisar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, respecto a lo especificado por la normativa vigente, en cuyo cometido y obligaciones tiene legalmente competencia exclusiva, programando bajo su responsabilidad y debidamente coordinado y auxiliado por el Contratista, las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias de elementos estructurales, y la eficacia de las soluciones.
- Informar con prontitud a los Directores de Obra de los resultados de los Ensayos de Control conforme se vaya teniendo conocimiento de los mismos, proponiéndole la realización de pruebas complementarias en caso de resultados adversos.
- Tras la oportuna comprobación, emitir las certificaciones parciales o totales relativas a las unidades de obra realmente ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- Colaborar activa y positivamente con los restantes agentes intervinientes, sirviendo de nexo de unión entre éstos, el Contratista, los Subcontratistas y el personal de la obra.
- Elaborar y suscribir responsablemente la documentación final de obra relativa a los resultados del Control de Calidad y, en concreto, a aquellos ensayos y verificaciones de ejecución de obra realizados bajo su supervisión.
- Suscribir conjuntamente el Certificado Final de Obra, acreditando con ello su conformidad a la correcta ejecución de las obras y a la comprobación y verificación positiva de los ensayos y pruebas realizadas.

- Si se hiciera caso omiso de las órdenes efectuadas por el Ingeniero, Director de la Ejecución de las Obras, se considerará como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el Contratista de las consecuencias legales y económicas.

1.2.6.6. Las entidades y los laboratorios de control de calidad de la instalación

Son obligaciones de las entidades o laboratorios de control de calidad:

- Prestar asistencia técnica y entregar los resultados de su actividad al agente autor del encargo y, en todo caso, el director de la ejecución de las obras.
- Justificar la capacidad suficiente de medios materiales y humanos necesarios para realizar adecuadamente los trabajos contratados, en su caso, a través de la correspondiente acreditación oficial otorgada por las Comunidades Autónomas con competencia en la materia.

1.2.6.7. Los suministradores de productos

Son obligaciones de los suministradores de producto:

- Realizar las entregas de los productos de acuerdo con las especificaciones del pedido, respondiendo de su origen, identidad y calidad, así como del cumplimiento de las exigencias que, en su caso, establezca la normativa técnica aplicable.
- Facilitar, cuando proceda, las instrucciones de uso y mantenimiento de los productos suministrados, así como las garantías de calidad correspondientes, para su inclusión en la documentación de la obra ejecutada.

1.2.6.8. Los Propietarios y los usuarios

Son obligaciones de los propietarios y usuarios de la instalación:

- Conservar en buen estado la instalación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada, los seguros y garantías con que esta cuente.
- La utilización adecuada de la instalación o de parte de la misma de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento contenidas en la documentación de la obra ejecutada.

1.2.7.Documentación final de obra

Finalizada la obra, el proyecto con la incorporación, en su caso, de las modificaciones debidamente aprobadas, será facilitado al promotor por el Director de Obra para la formalización de los correspondientes trámites administrativos.

A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento de la instalación, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación. Toda la documentación a que hacen referencia los apartados anteriores, será entregada a los usuarios finales.

Son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la instalación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuente.

1.3. Disposiciones económicas

1.3.1.Definición

Las condiciones económicas fijan el marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra. Tienen un carácter subsidiario respecto al contrato de obra, establecido entre las partes que intervienen, Promotor y Contratista, que es en definitiva el que tiene validez.

1.3.2. Contrato de obra

Se aconseja que se firme el contrato de obra, entre el Promotor y el Contratista, antes de iniciarse las obras, evitando en lo posible la realización de la obra por administración. A la Dirección Facultativa (Director de Obra y Director de Ejecución de la Obra) se le facilitará una copia del contrato de obra, para poder certificar los términos pactados. Sólo se aconseja contratar por administración aquellas partidas de obra irrelevantes y de difícil cuantificación, o cuando se desee un acabado muy esmerado.

El contrato de obra deberá prever las posibles interpretaciones y discrepancias que pudieran surgir entre las partes, así como garantizar que la Dirección Facultativa pueda, de hecho, COORDINAR, DIRIGIR y CONTROLAR la obra, por lo que es conveniente que se especifiquen y determinen con claridad, como mínimo, los siguientes puntos:

- Documentos a aportar por el Contratista.
- Condiciones de ocupación del edificio e inicio de las obras.
- Determinación de los gastos de enganches y consumos.
- Responsabilidades y obligaciones del Contratista: Legislación laboral.
- Responsabilidades y obligaciones del Promotor.
- Presupuesto del Contratista.
- Revisión de precios.
- Forma de pago: Certificaciones.
- Retenciones en concepto de garantía (nunca menos del 5%).
- Plazos de ejecución: Planning.
- Retraso de la obra: Penalizaciones.
- Recepción de la obra: Provisional y definitiva.
- Litigio entre las partes.

Dado que este Pliego de Condiciones Económicas es complemento del contrato de obra, en caso de que no exista contrato de obra alguno entre las partes se le comunicará a la Dirección Facultativa, que pondrá a disposición de las partes el presente Pliego de Condiciones Económicas que podrá ser usado como base para la redacción del correspondiente contrato de obra.

1.3.3. Criterio general

Todos los agentes que intervienen en el proceso de la construcción, definidos en la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación (L.O.E.), tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas, pudiendo exigirse recíprocamente las garantías suficientes para el cumplimiento diligente de sus obligaciones de pago.

1.3.4. Fianzas

El Contratista presentará una fianza con arreglo al procedimiento que se estipule en el contrato de obra.

1.3.4.1. Ejecución de trabajos con carga a la fianza

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

1.3.4.2. Devolución de las fianzas

La fianza recibida será devuelta al Contratista en un plazo establecido en el contrato de obra, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El Promotor podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros y subcontratos.

1.3.4.3. Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales

Si el Promotor, con la conformidad del Director de Obra, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el Contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

1.3.5.Precios

El objetivo principal de la elaboración del presupuesto es anticipar el coste del proceso de construcción de la obra. Descompondremos el presupuesto en unidades de obra, componente menor que se contrata y certifica por separado, y basándonos en esos precios, calcularemos el presupuesto.

1.3.5.1. Precio básico

Es el precio por unidad (ud, m, kg , etc.) de un material dispuesto a pie de obra, (incluido su transporte a obra, descarga en obra, embalajes, etc.) o el precio por hora de la maquinaria y de la mano de obra.

1.3.5.2. Precio unitario

Es el precio de una unidad de obra que obtendremos como suma de los siguientes costes:

- Costes directos: calculados como suma de los productos "precio básico x cantidad" de la mano de obra, maquinaria y materiales que intervienen en la ejecución de la unidad de obra.
- Medios auxiliares: Costes directos complementarios, calculados en forma porcentual como porcentaje de otros componentes, debido a que representan los costes directos que intervienen en la ejecución de la unidad de obra y que son de difícil cuantificación. Son diferentes para cada unidad de obra.
- Costes indirectos: aplicados como un porcentaje de la suma de los costes directos y medios auxiliares, igual para cada unidad de obra debido a que representan los costes de los factores necesarios para la ejecución de la obra que no se corresponden a ninguna unidad de obra en concreto. En relación a la composición de los precios, el vigente Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas (Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre) establece que la composición y el cálculo de los precios de las distintas unidades de obra se base en la determinación de los costes directos e indirectos precisos para su ejecución, sin incorporar, en ningún caso, el importe del Impuesto sobre el Valor Añadido que pueda gravar las entregas de bienes o prestaciones de servicios realizados.

- Considera costes directos:
 - La mano de obra que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
 - Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que quedan integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
 - Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
 - Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria e instalaciones anteriormente citadas.
- Deben incluirse como costes indirectos:
 - Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorio, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos.
 - Todos estos gastos, excepto aquéllos que se reflejen en el presupuesto valorados en unidades de obra o en partidas alzadas, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos, igual para todas las unidades de obra, que adoptará, en cada caso, el autor del proyecto a la vista de la naturaleza de la obra proyectada, de la importancia de su presupuesto y de su previsible plazo de ejecución.
 - Las características técnicas de cada unidad de obra, en las que se incluyen todas las especificaciones necesarias para su correcta ejecución, se encuentran en el apartado de 'Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra.', junto a la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra. Si en la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra no figurase alguna operación necesaria para su correcta ejecución, se entiende que está incluida en el precio de la unidad de obra, por lo que no supondrá cargo adicional o aumento de precio de la unidad de obra contratada.

Para mayor aclaración, se exponen algunas operaciones o trabajos, que se entiende que siempre forman parte del proceso de ejecución de las unidades de obra:

- El transporte y movimiento vertical y horizontal de los materiales en obra, incluso carga y descarga de los camiones.
- Eliminación de restos, limpieza final y retirada de residuos a vertedero de obra.
- Transporte de escombros sobrantes a vertedero autorizado.
- Montaje, comprobación y puesta a punto.
- Las correspondientes legalizaciones y permisos en instalaciones.
- Maquinaria, andamiajes y medios auxiliares necesarios.

Trabajos que se considerarán siempre incluidos y para no ser reiterativos no se especifican en cada una de las unidades de obra.

1.3.5.3. Presupuesto de Ejecución Material (PEM)

Es el resultado de la suma de los precios unitarios de las diferentes unidades de obra que la componen. Se denomina Presupuesto de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los productos del número de cada unidad de obra por su precio unitario y de las partidas alzadas. Es decir, el coste de la obra sin incluir los gastos generales, el beneficio industrial y el impuesto sobre el valor añadido.

1.3.5.4. Precios contradictorios

Sólo se producirán precios contradictorios cuando el Promotor, por medio del Director de Obra, decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El Contratista siempre estará obligado a efectuar los cambios indicados.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Director de Obra y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determine el contrato de obra o, en su defecto, antes de quince días hábiles desde que se le comunique fehacientemente al Director de Obra. Si subsiste la diferencia, se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto y, en segundo lugar, al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiese se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato de obra. Nunca se tomará para la valoración de los correspondientes precios contradictorios la fecha de la ejecución de la unidad de obra en cuestión.

1.3.5.5. Reclamación de aumento de precios

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

1.3.5.6. Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios

En ningún caso podrá alegar el Contratista los usos y costumbres locales respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas. Se estará a lo previsto en el Presupuesto y en el criterio de medición en obra recogido en este Pliego de Condiciones.

1.3.5.7. Revisión de los precios contratados

El presupuesto presentado por el Contratista se entiende que es cerrado, por lo que no se aplicará revisión de precios. Solo se procederá a efectuar revisión de precios cuando haya quedado explícitamente determinado en el contrato de obra entre el Promotor y el Contratista.

1.3.5.8. Acopio de materiales

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que el Promotor ordene por escrito. Los materiales acopiados, una vez abonados por el propietario, son de la exclusiva propiedad de éste, siendo el Contratista responsable de su guarda y conservación.

1.3.6. Obras por administración

Se denominan "Obras por administración" aquellas en las que las gestiones que se precisan para su realización las lleva directamente el Promotor, bien por sí mismo, por un representante suyo o por mediación de un Contratista.

Las obras por administración se clasifican en dos modalidades:

- Obras por administración directa.
- Obras por administración delegada o indirecta.

Según la modalidad de contratación, en el contrato de obra se regulará:

- Su liquidación.
- El abono al Contratista de las cuentas de administración delegada.
- Las normas para la adquisición de los materiales y aparatos.
- Responsabilidades del Contratista en la contratación por administración en general y, en particular, la debida al bajo rendimiento de los obreros.

1.3.7. Valoración y abono de los trabajos

1.3.7.1. Forma y plazos de abono de las obras

Se realizará por certificaciones de obra y se recogerán las condiciones en el contrato de obra establecido entre las partes que intervienen (Promotor y Contratista) que, en definitiva, es el que tiene validez.

Los pagos se efectuarán por la propiedad en los plazos previamente establecidos en el contrato de obra, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de la obra conformadas por el Director de Ejecución de la Obra, en virtud de las cuáles se verifican aquéllos.

El Director de Ejecución de la Obra realizará, en la forma y condiciones que establezca el criterio de medición en obra incorporado en las Prescripciones en cuanto a la Ejecución por unidad de obra, la medición de las unidades de obra ejecutadas durante el período de tiempo anterior, pudiendo el Contratista presenciar la realización de tales mediciones.

Para las obras o partes de obra que, por sus dimensiones y características, hayan de quedar posterior y definitivamente ocultas, el contratista está obligado a avisar al Director de Ejecución de la Obra con la suficiente antelación, a fin de que éste pueda realizar las correspondientes mediciones y toma de datos, levantando los planos que las definan, cuya conformidad suscribirá el Contratista.

A falta de aviso anticipado, cuya existencia corresponde probar al Contratista, queda éste obligado a aceptar las decisiones del Promotor sobre el particular.

1.3.7.2. Relaciones valoradas y certificaciones

En los plazos fijados en el contrato de obra entre el Promotor y el Contratista, este último formulará una relación valorada de las obras ejecutadas durante las fechas previstas, según la medición practicada por el Director de Ejecución de la Obra.

Las certificaciones de obra serán el resultado de aplicar, a la cantidad de obra realmente ejecutada, los precios contratados de las unidades de obra. Sin embargo, los excesos de obra realizada en unidades, que sean imputables al Contratista, no serán objeto de certificación alguna.

Los pagos se efectuarán por el Promotor en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá al de las certificaciones de obra, conformadas por la Dirección Facultativa. Tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la Liquidación Final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones parciales la aceptación, la aprobación, ni la recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo al que la valoración se refiere. Si la Dirección Facultativa lo exigiera, las certificaciones se extenderán a origen.

1.3.7.3. Mejoras de obras libremente ejecutadas

Cuando el Contratista, incluso con la autorización del Director de Obra, emplease materiales de más esmerada preparación de mayor tamaño que el señalado en el proyecto, sustituyese una clase de fábrica por otra que tuviese asignado mayor precio, ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin solicitársela, cualquier otra modificación que sea beneficiosa a juicio de la Dirección Facultativa, no tendrá derecho más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

1.3.7.4. Abonos de trabajos presupuestados con partida alzada

El abono de los trabajos presupuestados en partida alzada se efectuará previa justificación por parte del Contratista. Para ello, el Director de Obra indicará al Contratista, con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que ha de seguirse para llevar dicha cuenta.

1.3.7.5. Abono de trabajos especiales no contratados

Cuando fuese preciso efectuar cualquier tipo de trabajo de índole especial u ordinaria que, por no estar contratado, no sea de cuenta del Contratista, y si no se contratasen con tercera persona, tendrá el Contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales le serán abonados por la Propiedad por separado y en las condiciones que se estipulen en el contrato de obra.

1.3.7.6. Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía

Efectuada la recepción provisional, y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

- Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo, y el Director de obra exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en el presente Pliego de Condiciones, sin estar sujetos a revisión de precios.
- Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el Promotor, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados. -Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista.

1.3.8. Indemnizaciones mutuas

1.3.8.1. Indemnización por retraso del plazo de fin de obras

Si, por causas imputables al Contratista, las obras sufrieran un retraso en su finalización con relación al plazo de ejecución previsto, el Promotor podrá imponer al Contratista, con cargo a la última certificación, las penalizaciones establecidas en el contrato, que nunca serán inferiores al perjuicio que pudiera causar el retraso de la obra.

1.3.8.2. Indemnización por demora de los pagos por parte del Promotor

Se regulará en el contrato de obra las condiciones a cumplir por parte de ambos.

1.3.9. Varios

1.3.9.1. Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra

Sólo se admitirán mejoras de obra, en el caso que el Director de Obra haya ordenado por escrito la ejecución de los trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como de los materiales y maquinaria previstos en el contrato. Sólo se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, en el caso que el Director de Obra haya ordenado por escrito la ampliación de las contratadas como consecuencia de observar errores en las mediciones de proyecto.

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

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

1.3.9.2. Unidades de obra defectuosas

Las obras defectuosas no se valorarán.

1.3.9.3. Seguro de las obras

El Contratista está obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

1.3.9.4. Conservación de la obra

El Contratista está obligado a conservar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

1.3.9.5. Uso por el Contratista del edificio o bienes del Promotor

No podrá el Contratista hacer uso de edificios o bienes del Promotor durante la ejecución de las obras sin el consentimiento del mismo. Al abandonar el Contratista la instalación,

tanto por buena terminación de las obras, como por resolución del contrato, está obligado a dejarlo en buen estado en el plazo que se estipule en el contrato de obra.

1.3.9.6. Pago de arbitrios

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo del Contratista, siempre que en el contrato de obra no se estipule lo contrario.

1.3.10. Retenciones en concepto de garantía

Del importe total de las certificaciones se descontará un porcentaje, que se retendrá en concepto de garantía. Este valor no deberá ser nunca menor del cinco por cien (5%) y responderá de los trabajos mal ejecutados y de los perjuicios que puedan ocasionarle al Promotor.

Esta retención en concepto de garantía quedará en poder del Promotor durante el tiempo designado como periodo de garantía, pudiendo ser dicha retención, "en metálico" o mediante un aval bancario que garantice el importe total de la retención.

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

La fianza retenida en concepto de garantía será devuelta al Contratista en el plazo estipulado en el contrato, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas atribuibles a la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros o subcontratos.

1.3.11. Plazos de ejecución: Planing de la obra

En el contrato de obra deberán figurar los plazos de ejecución y entregas, tanto totales como parciales. Además, será conveniente adjuntar al respectivo contrato un Planning de la ejecución de la obra donde figuren de forma gráfica y detallada la duración de las distintas partidas de obra que deberán conformar las partes contratantes.

1.3.12. Liquidación económica de las obras

Simultáneamente al libramiento de la última certificación, se procederá al otorgamiento del Acta de Liquidación Económica de las obras, que deberán firmar el Promotor y el Contratista. En este acto se dará por terminada la obra y se entregarán, en su caso, los manuales, los correspondientes boletines debidamente cumplimentados de acuerdo a la Normativa Vigente, así como los proyectos Técnicos y permisos de las instalaciones contratadas. Dicha Acta de Liquidación Económica servirá de Acta de Recepción Provisional de las obras, para lo cual será conformada por el Promotor, el Contratista, el Director de Obra y el Director de Ejecución de la Obra, quedando desde dicho momento la conservación y custodia de las mismas a cargo del Promotor. La citada recepción de las obras, provisional y definitiva, queda regulada según se describe en las Disposiciones Generales del presente Pliego.

1.3.13. Liquidación final de la obra

Entre el Promotor y Contratista, la liquidación de la obra deberá hacerse de acuerdo con las certificaciones conformadas por la Dirección de Obra. Si la liquidación se realizara sin el visto bueno de la Dirección de Obra, ésta solo mediará en caso de desavenencia o desacuerdo, en el recurso ante los Tribunales.

1.4. Disposiciones técnicas

1.4.1.Ámbito de aplicación

El objetivo de este pliego de condiciones, es describir las especificaciones técnicas de cada uno de los equipos diseñados para instalar en el presente trabajo de fin de grado, bien sean construidos o seleccionados a cierto proveedor.

En el caso de que los equipos hayan sido construidos, las distintas especificaciones se corresponden con el anclaje y el conexionado entre ellos de los distintos elementos según la red de uniones y red eléctrica proyectada.

1.4.2.Condiciones técnicas generales

Los productos, equipos y sistemas suministrados deben de cumplir las condiciones que sobre ellos se especifican en los distintos documentos del proyecto. Sus cualidades deben de ser acordes a las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y con un carácter

complementario a este apartado del pliego. Dispondrán de preferencia en cuanto a la aceptabilidad de aquellos materiales que estén en posesión del documento de índole técnico que avale sus cualidades, proporcionado por organismos técnicos que son reconocidos.

El contratista es el responsable de que los materiales utilizados cumplen con las condiciones exigidas, siendo independiente el nivel de control de calidad establecido para que los mismos acepten.

El contratista es la persona encargada de notificar al director de ejecución de obra, con la suficiente antelación, indicando la procedencia de los materiales que se disponga a utilizar, y debe de aportar cuando el director de ejecución de obra lo solicite, las muestras y los datos necesarios para decidir de su aceptación.

Los materiales los reconoce el director de ejecución de obra antes de su empleo en obra, sin su aprobación no se podrán acopiar ni ser utilizados para su posterior colocación. Sin embargo, posteriormente a ser colocados en la obra, aquellos que presenten defectos no reconocidos en el primer reconocimiento, siempre que vaya en contra del buen acabado de la obra, se tendrán que eliminar de la obra. Todos los gastos que supone esto correrán a cargo del contratista.

En los materiales y equipos con garantía propia, se trasladará la garantía que indica el fabricante

2. Pliego de condiciones técnicas particulares

El objeto del presente documento es reflejar los requisitos técnicos básicos para realizar la instalación y puesta en marcha de la planta de tratamiento de residuos para obtener el polvo granulado deseado.

2.1. Prescripción sobre los materiales

Para facilitar la labor a realizar, por parte del Director de la Ejecución de la Obra, para el control de recepción en obra de los productos, equipos y sistemas que se suministren a la obra de acuerdo con lo especificado en el artículo 7.2. del CTE, en el presente proyecto se especifican las características técnicas que deberán cumplir los productos, equipos y sistemas suministrados.

Los productos, equipos y sistemas suministrados deberán cumplir las condiciones que sobre ellos se especifican en los distintos documentos que componen el Proyecto. Asimismo, sus calidades serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del Pliego.

Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad aquellos materiales que estén en posesión de Documento de Idoneidad Técnica que avale sus calidades, emitido por Organismos Técnicos reconocidos. Este control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas comprenderá según el artículo 7.2. del CTE:

- El control de la documentación de los suministros, realizado de acuerdo con el artículo 7.2.1.
- El control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad, según el artículo 7.2.2.
- El control mediante ensayos, conforme al artículo 7.2.3.

Por parte del Constructor o Contratista debe existir obligación de comunicar a los suministradores de productos las calidades que se exigen para los distintos materiales, aconsejándose que previamente al empleo de los mismos se solicite la aprobación del Director de Ejecución de la Obra y de las entidades y laboratorios encargados del control de calidad de la obra.

El Contratista será responsable de que los materiales empleados cumplan con las condiciones exigidas, independientemente del nivel de control de calidad que se establezca para la aceptación de los mismos.

El Contratista notificará al Director de Ejecución de la Obra, con suficiente antelación, la procedencia de los materiales que se proponga utilizar, aportando, cuando así lo solicite el Director de Ejecución de la Obra, las muestras y datos necesarios para decidir acerca de su aceptación.

Estos materiales serán reconocidos por el Director de Ejecución de la Obra antes de su empleo en obra, sin cuya aprobación no podrán ser acopiados en obra ni se podrá proceder a su colocación. Así mismo, aún después de colocados en obra, aquellos materiales que presenten defectos no percibidos en el primer reconocimiento, siempre que vaya en perjuicio del buen acabado de la obra, serán retirados de la obra. Todos los gastos que ello ocasionase serán a cargo del Contratista.

El hecho de que el Contratista subcontrate cualquier partida de obra no le exime de su responsabilidad.

La simple inspección o examen por parte de los Técnicos no supone la recepción absoluta de los mismos, siendo los oportunos ensayos los que determinen su idoneidad, no extinguiéndose la responsabilidad contractual del Contratista a estos efectos hasta la recepción definitiva de la obra.

2.1.1. Garantías de calidad

El término producto de construcción queda definido como cualquier producto fabricado para su incorporación, con carácter permanente, a las obras de edificación e ingeniería civil que tengan incidencia sobre los siguientes requisitos esenciales:

- Resistencia mecánica y estabilidad.
- Higiene, salud y medioambiente.
- Seguridad en caso de incendio.
- Seguridad de utilización.
- Protección contra el ruido.
- Ahorro de energía y aislamiento térmico.

El marcado CE de un producto de construcción indica:

- Que este cumple con unas determinadas especificaciones técnicas relacionadas con los requisitos esenciales contenidos en las Normas Armonizadas (EN) y en las Guías DITE (Guías para el Documento de Idoneidad Técnica Europeo).
- Que se ha cumplido el sistema de evaluación de la conformidad establecido por la correspondiente Decisión de la Comisión Europea. Siendo el fabricante el responsable de su fijación y la Administración competente en materia de industria la que vele por la correcta utilización del marcado CE.

Es obligación del Director de la Ejecución de la Obra verificar si los productos que entran en la obra están afectados por el cumplimiento del sistema del mercado CE y, en caso de ser así, si se cumplen las condiciones establecidas en el Real Decreto 1630/ 1992 por el que se transpone a nuestro ordenamiento legal la Directiva de Productos de Construcción 89/1 06/CEE.

El marcado CE se materializa mediante el símbolo "CE" acompañado de una información complementaria. El fabricante debe cuidar de que el marcado CE figure, por orden de preferencia:

- En el producto propiamente dicho.
- En una etiqueta adherida al mismo.
- En su envase o embalaje.
- En la documentación comercial que le acompaña.

Además del símbolo CE deben estar situadas en una de las cuatro posibles localizaciones una serie de inscripciones complementarias, cuyo contenido específico se determina en las normas armonizadas y Guías DITE para cada familia de productos, entre las que se incluyen:

- El número de identificación del organismo notificado (cuando proceda).
- El nombre comercial o la marca distintiva del fabricante.
- La dirección del fabricante.
- El nombre comercial o la marca distintiva de la fábrica.
- Las dos últimas cifras del año en el que se ha estampado el marcado en el producto.
- El número del certificado CE de conformidad (cuando proceda).

- El número de la norma armonizada y en caso de verse afectada por varias los números de todas ellas.
- La designación del producto, su uso previsto y su designación normalizada.
- Información adicional que permita identificar las características del producto atendiendo a sus especificaciones técnicas.

Las inscripciones complementarias del marcado CE no tienen por qué tener un formato, tipo de letra, color o composición especial, debiendo cumplir únicamente las características reseñadas anteriormente para el símbolo.

Dentro de las características del producto podemos encontrar que alguna de ellas presente la mención "Prestación no determinada" (PND).

La opción PND es una clase que puede ser considerada si al menos un estado miembro no tiene requisitos legales para una determinada característica y el fabricante no desea facilitar el valor de esa característica.

2.1.2.Hormigones

2.1.2.1. *Hormigón estructural*

2.1.2.1.1. *Condiciones de suministro*

El hormigón se debe transportar utilizando procedimientos adecuados para conseguir que las masas lleguen al lugar de entrega en las condiciones estipuladas, sin experimentar variación sensible en las características que poseían recién amasadas.

Cuando el hormigón se amasa completamente en central y se transporta en amasadoras móviles, el volumen de hormigón transportado no deberá exceder del 80% del volumen total del tambor. Cuando el hormigón se amasa, o se termina de amasar, en amasadora móvil, el volumen no excederá de los dos tercios del volumen total del tambor.

Los equipos de transporte deberán estar exentos de residuos de hormigón o mortero endurecido, para lo cual se limpiarán cuidadosamente antes de proceder a la carga de una nueva masa fresca de hormigón.

Asimismo, no deberán presentar desperfectos o desgastes en las paletas o en su superficie interior que puedan afectar a la homogeneidad del hormigón.

El transporte podrá realizarse en amasadoras móviles, a la velocidad de agitación, o en equipos con o sin agitadores, siempre que tales equipos tengan superficies lisas y redondeadas y sean capaces de mantener la homogeneidad del hormigón durante el transporte y la descarga.

2.1.2.1.2. Recepción y control

Documentación de los suministros:

Los suministradores entregarán al Constructor, quién los facilitará a la Dirección Facultativa, cualquier documento de identificación del producto exigido por la reglamentación aplicable o, en su caso, por el proyecto o por la Dirección Facultativa. Se facilitarán los siguientes documentos:

Antes del suministro:

Los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente.

Se entregarán los certificados de ensayo que garanticen el cumplimiento de lo establecido en la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

Durante el suministro:

Cada carga de hormigón fabricado en central, tanto si ésta pertenece o no a las instalaciones de obra, irá acompañada de una hoja de suministro que estará en todo momento a disposición de la Dirección de Obra, y en la que deberán figurar, como mínimo, los siguientes datos:

- Nombre de la central de fabricación de hormigón.
- Número de serie de la hoja de suministro.
- Fecha de entrega.
- Nombre del peticionario y del responsable de la recepción.
- Especificación del hormigón.

En el caso de que el hormigón se designe por propiedades:

- Designación.
- Contenido de cemento en kilos por metro cúbico (kg/m^3) de hormigón, con una tolerancia de ± 15 kg.

- Relación agua/cemento del hormigón, con una tolerancia de $\pm 0,02$.

En el caso de que el hormigón se designe por dosificación:

- Contenido de cemento por metro cúbico de hormigón.
- Relación agua/cemento del hormigón, con una tolerancia de $\pm 0,02$.
- Tipo de ambiente.
- Tipo, clase y marca del cemento.
- Consistencia. -Tamaño máximo del árido.
- Tipo de aditivo, si lo hubiere, y en caso contrario indicación expresa de que no contiene.
- Procedencia y cantidad de adición (cenizas volantes o humo de sílice) si la hubiere y, en caso contrario, indicación expresa de que no contiene.
- Designación específica del lugar del suministro (nombre y lugar).
- Cantidad de hormigón que compone la carga, expresada en metros cúbicos de hormigón fresco.
- Identificación del camión hormigonera (o equipo de transporte) y de la persona que proceda a la descarga.
- Hora límite de uso para el hormigón.

Después del suministro:

- El certificado de garantía del producto suministrado, firmado por persona física con poder de representación suficiente.

Ensayos:

- La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

2.1.2.1.3. Conservación, almacenamiento y manipulación

En el vertido y colocación de las masas, incluso cuando estas operaciones se realicen de un modo continuo mediante conducciones apropiadas, se adoptarán las debidas precauciones para evitar la disgregación de la mezcla.

2.1.2.1.4. Recomendaciones para su uso en obra

El tiempo transcurrido entre la adición de agua de amasado al cemento y a los áridos y la colocación del hormigón, no debe ser mayor de hora y media. En tiempo caluroso, o bajo condiciones que contribuyan a un rápido fraguado del hormigón, el tiempo límite deberá ser inferior, a menos que se adopten medidas especiales que, sin perjudicar la calidad del hormigón, aumenten el tiempo de fraguado.

Hormigonado en tiempo frío:

La temperatura de la masa de hormigón, en el momento de verterla en el molde o encofrado, no será inferior a 5°C.

Se prohíbe verter el hormigón sobre elementos (armaduras, moldes, etc.) cuya temperatura sea inferior a cero grados centígrados.

En general, se suspenderá el hormigonado siempre que se prevea que, dentro de las cuarenta y ocho horas siguientes, pueda descender la temperatura ambiente por debajo de cero grados centígrados.

En los casos en que, por absoluta necesidad, se hormigone en tiempo de heladas, se adoptarán las medidas necesarias para garantizar que, durante el fraguado y primer endurecimiento del hormigón, no se producirán deterioros locales en los elementos correspondientes, ni mermas permanentes apreciables de las características resistentes del material.

Hormigonado en tiempo caluroso:

Si la temperatura ambiente es superior a 40°C o hay un viento excesivo, se suspenderá el hormigonado, salvo que, previa autorización expresa de la Dirección de Obra, se adopten medidas especiales.

2.1.3.Morteros

2.1.3.1. Morteros hechos en obra

2.1.3.1.1. Condiciones de suministro

El conglomerante (cal o cemento) se debe suministrar:

En sacos de papel o plástico, adecuados para que su contenido no sufra alteración. O a granel, mediante instalaciones especiales de transporte y almacenamiento que garanticen su perfecta conservación.

La arena se debe suministrar a granel, mediante instalaciones especiales de transporte y almacenamiento que garanticen su perfecta conservación. El agua se debe suministrar desde la red de agua potable.

2.1.3.1.2. *Recepción y control*

Documentación de los suministros: Si ciertos tipos de mortero necesitan equipamientos, procedimientos o tiempos de amasado especificados para el amasado en obra, se deben especificar por el fabricante. El tiempo de amasado se mide a partir del momento en el que todos los componentes se han adicionado.

Ensayos:

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

2.1.3.1.3. *Conservación, almacenamiento y manipulación*

Los morteros deben estar perfectamente protegidos del agua y del viento, ya que, si se encuentran expuestos a la acción de este último, la mezcla verá reducido el número de finos que la componen, deteriorando sus características iniciales y por consiguiente no podrá ser utilizado. Es aconsejable almacenar los morteros secos en silos.

2.1.3.1.4. *Recomendaciones para su uso en obra*

Para elegir el tipo de mortero apropiado se tendrá en cuenta determinadas propiedades, como la resistencia al hielo y el contenido de sales solubles en las condiciones de servicio en función del grado de exposición y del riesgo de saturación de agua.

En condiciones climatológicas adversas, como lluvia, helada o excesivo calor, se tomarán las medidas oportunas de protección.

El amasado de los morteros se realizará preferentemente con medios mecánicos. La mezcla debe ser batida hasta conseguir su uniformidad, con un tiempo mínimo de 1 minuto. Cuando el amasado se realice a mano, se hará sobre una plataforma impermeable y limpia, realizando como mínimo tres batidas.

El mortero se utilizará en las dos horas posteriores a su amasado. Si es necesario, durante este tiempo se le podrá agregar agua para compensar su pérdida. Pasadas las dos horas, el mortero que no se haya empleado se desechará.

2.1.4. Conglomerantes

2.1.4.1. Cemento

2.1.4.1.1. Condiciones de suministro

El cemento se suministra a granel o envasado.

El cemento a granel se debe transportar en vehículos, cubas o sistemas similares adecuados, con el hermetismo, seguridad y almacenamiento tales que garanticen la perfecta conservación del cemento, de forma que su contenido no sufra alteración, y que no alteren el medio ambiente.

El cemento envasado se debe transportar mediante palets o plataformas similares, para facilitar tanto su carga y descarga como su manipulación, y así permitir mejor trato de los envases.

El cemento no llegará a la obra u otras instalaciones de uso excesivamente caliente. Se recomienda que, si su manipulación se va a realizar por medios mecánicos, su temperatura no exceda de 70°C, y si se va a realizar a mano, no exceda de 40°C. Cuando se prevea que puede presentarse el fenómeno de falso fraguado, deberá comprobarse, con anterioridad al empleo del cemento, que éste no presenta tendencia a experimentar dicho fenómeno.

2.1.4.1.2. Recepción y control

Documentación de los suministros:

Este material debe estar provisto del marcado CE, que es una indicación de que cumple los requisitos esenciales y ha sido objeto de un procedimiento de evaluación de la conformidad.

A la entrega del cemento, ya sea el cemento expedido a granel o envasado, el suministrador aportará un albarán que incluirá, al menos, los siguientes datos:

1. Número de referencia del pedido.
2. Nombre y dirección del comprador y punto de destino del cemento.
3. Identificación del fabricante y de la empresa suministradora.
4. Designación normalizada del cemento suministrado.
5. Cantidad que se suministra.
6. En su caso, referencia a los datos del etiquetado correspondiente al marcado CE.
7. Fecha de suministro.

8. Identificación del vehículo que lo transporta (matrícula).

Ensayos:

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la Instrucción para la recepción de cementos (RC-08).

2.1.4.1.3. Conservación, almacenamiento y manipulación

Los cementos a granel se almacenarán en silos estancos y se evitará, en particular, su contaminación con otros cementos de tipo o clase de resistencia distintos. Los silos deben estar protegidos de la humedad y tener un sistema o mecanismo de apertura para la carga en condiciones adecuadas desde los vehículos de transporte, sin riesgo de alteración del cemento.

En cementos envasados, el almacenamiento deberá realizarse sobre palets o plataforma similar, en locales cubiertos, ventilados y protegidos de las lluvias y de la exposición directa del sol. Se evitarán especialmente las ubicaciones en las que los envases puedan estar expuestos a la humedad, así como las manipulaciones durante su almacenamiento que puedan dañar el envase o la calidad del cemento.

Las instalaciones de almacenamiento, carga y descarga del cemento dispondrán de los dispositivos adecuados para minimizar las emisiones de polvo a la atmósfera.

Aún en el caso de que las condiciones de conservación sean buenas, el almacenamiento del cemento no debe ser muy prolongado, ya que puede meteorizarse. El almacenamiento máximo aconsejable es de tres meses, dos meses y un mes, respectivamente, para las clases resistentes 32,5, 42,5 y 52,5. Si el periodo de almacenamiento es superior, se comprobará que las características del cemento continúan siendo adecuadas. Para ello, dentro de los veinte días anteriores a su empleo, se realizarán los ensayos de determinación de principio y fin de fraguado y resistencia mecánica inicial a 7 días (si la clase es 32,5) ó 2 días (para todas las demás clases) sobre una muestra representativa del cemento almacenado, sin excluir los terrones que hayan podido formarse.

2.1.4.1.4. Recomendaciones para su uso en obra

La elección de los distintos tipos de cemento se realizará en función de la aplicación o uso al que se destinen, las condiciones de puesta en obra y la clase de exposición ambiental del hormigón o mortero fabricado con ellos.

Las aplicaciones consideradas son la fabricación de hormigones y los morteros convencionales, quedando excluidos los morteros especiales y los monocapa.

El comportamiento de los cementos puede ser afectado por las condiciones de puesta en obra de los productos que los contienen, entre las que cabe destacar:

Los factores climáticos: temperatura, humedad relativa del aire y velocidad del viento.

Los procedimientos de ejecución del hormigón o mortero: colocado en obra, prefabricado, proyectado, etc.

Las clases de exposición ambiental.

Los cementos que vayan a utilizarse en presencia de sulfatos, deberán poseer la característica adicional de resistencia a sulfatos.

Los cementos deberán tener la característica adicional de resistencia al agua de mar cuando vayan a emplearse en los ambientes marino sumergido o de zona de carrera de mareas.

En los casos en los que se haya de emplear áridos susceptibles de producir reacciones álcali-árido, se utilizarán los cementos con un contenido de alcalinos inferior a 0,60% en masa de cemento.

Cuando se requiera la exigencia de blancura, se utilizarán los cementos blancos.

Para fabricar un hormigón se recomienda utilizar el cemento de la menor clase de resistencia que sea posible y compatible con la resistencia mecánica del hormigón deseada.

2.1.5. Materiales cerámicos

2.1.5.1. Ladrillos cerámicos para revestir

2.1.5.1.1. Condiciones de suministro

Los ladrillos se deben suministrar empaquetados y sobre pallets. Los paquetes no deben ser totalmente herméticos, para permitir la absorción de la humedad ambiente.

La descarga se debe realizar directamente en las plantas del edificio, situando los pallets cerca de los pilares de la estructura.

2.1.5.1.2. Recepción y control

Documentación de los suministros:

Este material debe estar provisto del marcado CE, que es una indicación de que cumple los requisitos esenciales y ha sido objeto de un procedimiento de evaluación de la conformidad.

Ensayos:

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

2.1.5.1.3. Conservación, almacenamiento y manipulación

Se deben apilar sobre superficies limpias, planas, horizontales y donde no se produzcan aportes de agua, ni se recepción en otros materiales o se realicen otros trabajos de la obra que los puedan manchar o deteriorar.

Los ladrillos no deben estar en contacto con el terreno, ya que pueden absorber humedad, sales solubles, etc., provocando en la posterior puesta en obra la aparición de manchas y eflorescencias.

Los ladrillos se deben conservar empaquetados hasta el momento de su uso, preservándolos de acciones externas que alteren su aspecto.

Se agruparán por partidas, teniendo en cuenta el tipo y la clase.

El traslado se debe realizar, siempre que se pueda, con medios mecánicos y su manipulación debe ser cuidadosa, evitando roces entre las piezas.

Los ladrillos se deben cortar sobre la mesa de corte, que estará limpia en todo momento y dispondrá de chorro de agua sobre el disco.

Una vez cortada correctamente la pieza, se debe limpiar la superficie vista, dejando secar el ladrillo antes de su puesta en obra.

Para evitar que se ensucien los ladrillos, se debe limpiar la máquina, especialmente cada vez que se cambie de color de ladrillo.

2.1.5.1.4. Recomendaciones para su uso en obra

Los ladrillos se deben humedecer antes de su puesta en obra.

2.1.6. Aislantes e impermeabilizantes

2.1.6.1. Aislantes conformados en planchas rígidas

2.1.6.1.1. Condiciones de suministro

Los aislantes se deben suministrar en forma de paneles, envueltos en films plásticos. Los paneles se agruparán formando pallets para su mejor almacenamiento y transporte. En caso de desmontar los pallets, los paquetes resultantes deben transportarse de forma que no se desplacen por la caja del transporte.

2.1.6.1.2. Recepción y control

Documentación de los suministros:

Este material debe estar provisto del marcado CE, que es una indicación de que cumple los requisitos esenciales y ha sido objeto de un procedimiento de evaluación de la conformidad.

Si el material ha de ser componente de la parte ciega del cerramiento exterior de un espacio habitable, el fabricante declarará el valor del factor de resistencia a la difusión del agua.

Ensayos:

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

2.1.6.1.3. Conservación, almacenamiento y manipulación

Los pallets completos pueden almacenarse a la intemperie por un periodo limitado de tiempo. Se apilarán horizontalmente sobre superficies planas y limpias. Se protegerán de la insolación directa y de la acción del viento.

2.1.6.1.4. Recomendaciones para su uso en obra

Se seguirán las recomendaciones de aplicación y de uso proporcionadas por el fabricante en su documentación técnica.

2.1.6.2. Imprimadores bituminosos

2.1.6.2.1. Condiciones de suministro

Los imprimadores se deben suministrar en envase hermético.

2.1.6.2.2. Recepción y control

Documentación de los suministros:

Los imprimadores bituminosos, en su envase, deberán llevar marcado:

La identificación del fabricante o marca comercial.

La designación con arreglo a la norma correspondiente.

Las incompatibilidades de uso e instrucciones de aplicación.

El sello de calidad, en su caso.

Ensayos:

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

2.1.6.2.3. Conservación, almacenamiento y manipulación

El almacenamiento se realizará en envases cerrados herméticamente, protegidos de la humedad, de las heladas y de la radiación solar directa.

El tiempo máximo de almacenamiento es de 6 meses.

No deberán sedimentarse durante el almacenamiento de forma que no pueda devolverse su condición primitiva por agitación moderada.

2.1.6.2.4. Recomendaciones para su uso en obra

Se suelen aplicar a temperatura ambiente. No podrán aplicarse con temperatura ambiente inferior a 5°C.

La superficie a imprimir debe estar libre de partículas extrañas, restos no adheridos, polvo y grasa.

Las emulsiones tipo A y C se aplican directamente sobre las superficies, las de los tipo B y D, para su aplicación como imprimación de superficies, deben disolverse en agua hasta alcanzar la viscosidad exigida a los tipos A y C.

Las pinturas de imprimación de tipo I solo pueden aplicarse cuando la impermeabilización se realiza con productos asfálticos; las de tipo II solamente deben utilizarse cuando la impermeabilización se realiza con productos de alquitrán de hulla.

2.2. Prescripciones en cuanto a la ejecución por unidad de obra.

Las prescripciones para la ejecución de cada una de las diferentes unidades de obra se organizan en los siguientes apartados:

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA

Se especifican, en caso de que existan, las posibles incompatibilidades, tanto físicas como químicas, entre los diversos componentes que componen la unidad de obra, o entre el soporte y los componentes.

- Características técnicas: se describe la unidad de obra, detallando de manera pormenorizada los elementos que la componen, con la nomenclatura específica correcta de cada uno de ellos, de acuerdo a los criterios que marca la propia normativa.
- Normativa de aplicación: se especifican las normas que afectan a la realización de la unidad de obra.
- Criterio de medición en proyecto: indica cómo se ha medido la unidad de obra en la fase de redacción del proyecto, medición que luego será comprobada en obra.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

- Antes de iniciarse los trabajos de ejecución de cada una de las unidades de obra, el Director de la Ejecución de la Obra habrá recepcionado los materiales y los certificados acreditativos exigibles, en base a lo establecido en la documentación pertinente por el técnico redactor del proyecto. Será preceptiva la aceptación previa por parte del Director de la Ejecución de la Obra de todos los materiales que constituyen la unidad de obra. Así mismo, se realizarán una serie de comprobaciones previas sobre las condiciones del soporte, las condiciones ambientales del entorno, y la cualificación de la mano de obra, en su caso.

DEL SOPORTE

Se establecen una serie de requisitos previos sobre el estado de las unidades de obra realizadas previamente, que pueden servir de soporte a la nueva unidad de obra.

AMBIENTALES

En determinadas condiciones climáticas (viento, lluvia, humedad, etc.) no podrán iniciarse los trabajos de ejecución de la unidad de obra, deberán interrumpirse o será necesario adoptar una serie de medidas protectoras.

DEL CONTRATISTA

En algunos casos, será necesaria la presentación al Director de la Ejecución de la Obra de una serie de documentos por parte del Contratista, que acrediten su cualificación, o la de la empresa por él subcontratada, para realizar cierto tipo de trabajos. Por ejemplo, la puesta en obra de sistemas constructivos en posesión de un Documento de Idoneidad Técnica (DIT), deberán ser realizados por la propia empresa propietaria del DIT, o por empresas especializadas y cualificadas, reconocidas por ésta y bajo su control técnico.

PROCESO DE EJECUCIÓN

En este apartado se desarrolla el proceso de ejecución de cada unidad de obra, asegurando en cada momento las condiciones que permitan conseguir el nivel de calidad previsto para cada elemento constructivo en particular.

FASES DE EJECUCIÓN

Se enumeran, por orden de ejecución, las fases de las que consta el proceso de ejecución de la unidad de obra.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN

En algunas unidades de obra se hace referencia a las condiciones en las que debe finalizarse una determinada unidad de obra, para que no interfiera negativamente en el proceso de ejecución del resto de unidades. Una vez terminados los trabajos correspondientes a la ejecución de cada unidad de obra, el Contratista retirará los medios auxiliares y procederá a la limpieza del elemento realizado y de las zonas de trabajo, recogiendo los restos de materiales y demás residuos originados por las operaciones realizadas para ejecutar la unidad de obra, siendo todos ellos clasificados, cargados y transportados a centro de reciclaje, vertedero específico o centro de acogida o transferencia.

PRUEBAS DE SERVICIO

En aquellas unidades de obra que sea necesario, se indican las pruebas de servicio a realizar por el propio Contratista o empresa instaladora, cuyo coste se encuentra incluido en el propio precio de la unidad de obra. Aquellas otras pruebas de servicio o ensayos que no están incluidos en el precio de la unidad de obra, y que es obligatoria su realización por medio de laboratorios acreditados se encuentran detalladas y presupuestadas, en el correspondiente capítulo X de Control de Calidad y Ensayos, del Presupuesto de Ejecución Material (PEM). Por ejemplo, esto es lo que ocurre en la unidad de obra ADP010, donde se indica que no está incluido en el precio de la unidad de obra el coste del ensayo de densidad y humedad "in situ".

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO

En algunas unidades de obra se establecen las condiciones en que deben protegerse para la correcta conservación y mantenimiento en obra, hasta su recepción final.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Indica cómo se comprobarán en obra las mediciones de Proyecto, una vez superados todos los controles de calidad y obtenida la aceptación final por parte del Director de Ejecución de la Obra. La medición del número de unidades de obra que ha de abonarse se realizará, en su caso, de acuerdo con las normas que establece este capítulo, tendrá lugar en presencia y con intervención del Contratista, entendiéndose que éste renuncia a tal derecho si, avisado oportunamente, no compareciere a tiempo. En tal caso, será válido el resultado que el Director de Ejecución de la Obra consigne.

Todas las unidades de obra se abonarán a los precios establecidos en el Presupuesto. Dichos precios se abonarán por las unidades terminadas y ejecutadas con arreglo al presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares y Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra.

Estas unidades comprenden el suministro, cánones, transporte, manipulación y empleo de los materiales, maquinaria, medios auxiliares, mano de obra necesaria para su ejecución y costes indirectos derivados de estos conceptos, así como cuantas necesidades circunstanciales se requieran para la ejecución de la obra, tales como indemnizaciones por daños a terceros u ocupaciones temporales y costos de obtención de los permisos necesarios, así como de las operaciones necesarias para la reposición de servidumbres y servicios públicos o privados afectados tanto por el proceso de ejecución de las obras como por las instalaciones auxiliares.

Igualmente, aquellos conceptos que se especifican en la definición de cada unidad de obra, las operaciones descritas en el proceso de ejecución, los ensayos y pruebas de servicio y puesta en funcionamiento, inspecciones, permisos, boletines, licencias, tasas o similares.

No será de abono al Contratista mayor volumen de cualquier tipo de obra que el definido en los planos o en las modificaciones autorizadas por la Dirección Facultativa. Tampoco le será abonado, en su caso, el coste de la restitución de la obra a sus dimensiones correctas, ni la obra que hubiese tenido que realizar por orden de la Dirección Facultativa para subsanar cualquier defecto de ejecución.

TERMINOLOGÍA APLICADA EN EL CRITERIO DE MEDICIÓN.

A continuación, se detalla el significado de algunos de los términos utilizados en los diferentes capítulos de obra.

ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO

Volumen de tierras en perfil esponjado. La medición se referirá al estado de las tierras una vez extraídas. Para ello, la forma de obtener el volumen de tierras a transportar, será la que resulte de aplicar el porcentaje de esponjamiento medio que proceda, en función de las características del terreno.

Volumen de relleno en perfil compactado. La medición se referirá al estado del relleno una vez finalizado el proceso de compactación.

Volumen teórico ejecutado. Será el volumen que resulte de considerar las dimensiones de las secciones teóricas especificadas en los planos de Proyecto, independientemente de que las secciones excavadas hubieran quedado con mayores dimensiones.

CIMENTACIONES

Superficie teórica ejecutada. Será la superficie que resulte de considerar las dimensiones de las secciones teóricas especificadas en los planos de Proyecto, independientemente de que la superficie ocupada por el hormigón hubiera quedado con mayores dimensiones.

Volumen teórico ejecutado. Será el volumen que resulte de considerar las dimensiones de las secciones teóricas especificadas en los planos de Proyecto, independientemente de que las secciones de hormigón hubieran quedado con mayores dimensiones.

ESTRUCTURAS

Volumen teórico ejecutado. Será el volumen que resulte de considerar las dimensiones de las secciones teóricas especificadas en los planos de Proyecto, independientemente de que las secciones de los elementos estructurales hubieran quedado con mayores dimensiones.

ESTRUCTURAS METÁLICAS

Peso nominal medido. Serán los kg que resulten de aplicar a los elementos estructurales metálicos los pesos nominales que, según dimensiones y tipo de acero, figuren en tablas.

ESTRUCTURAS (FORJADOS)

Deduciendo los huecos de superficie mayor de $X \text{ m}^2$. Se medirá la superficie de los forjados de cara exterior a cara exterior de los zunchos que delimitan el perímetro de su superficie, descontando únicamente los huecos o pasos de forjados que tengan una superficie mayor de $X \text{ m}^2$.

En los casos de dos paños formados por forjados diferentes, objeto de precios unitarios distintos, que apoyen o empotren en una jácena o muro de carga común a ambos paños, cada una de las unidades de obra de forjado se medirá desde fuera a cara exterior de los elementos delimitadores al eje de la jácena o muro de carga común.

En los casos de forjados inclinados se tomará en verdadera magnitud la superficie de la cara inferior del forjado, con el mismo criterio anteriormente señalado para la deducción de huecos.

ESTRUCTURAS (MUROS)

Deduciendo los huecos de superficie mayor de $X \text{ m}^2$. Se aplicará el mismo criterio que para fachadas y particiones.

FACHADAS Y PARTICIONES

Deduciendo los huecos de superficie mayor de $X \text{ m}^2$. Se medirán los paramentos verticales de fachadas y particiones descontando únicamente aquellos huecos cuya superficie sea mayor de $X \text{ m}^2$, lo que significa que:

Cuando los huecos sean menores de $X \text{ m}^2$ se medirán a cinta corrida como si no hubiera huecos. Al no deducir ningún hueco, en compensación de medir hueco por macizo, no se medirán los trabajos de formación de mochetas en jambas y dinteles.

Cuando los huecos sean mayores de $X \text{ m}^2$, se deducirá la superficie de estos huecos, pero se sumará a la medición la superficie de la parte interior del hueco, correspondiente al desarrollo de las mochetas.

Deduciendo todos los huecos. Se medirán los paramentos verticales de fachadas y particiones descontando la superficie de todos los huecos, pero se incluye la ejecución de todos los trabajos precisos para la resolución del hueco, así como los materiales que forman dinteles, jambas y vierteaguas.

A los efectos anteriores, se entenderá como hueco, cualquier abertura que tenga mochetas y dintel para puerta o ventana. En caso de tratarse de un vacío en la fábrica sin dintel,

antepecho ni carpintería, se deducirá siempre el mismo al medir la fábrica, sea cual fuere su superficie.

En el supuesto de cerramientos de fachada donde las hojas, en lugar de apoyar directamente en el forjado, apoyen en una o dos hiladas de regularización que abarquen todo el espesor del cerramiento, al efectuar la medición de las unidades de obra se medirá su altura desde el forjado y, en compensación, no se medirán las hiladas de regularización.

INSTALACIONES

Longitud realmente ejecutada. Medición según desarrollo longitudinal resultante, considerando, en su caso, los tramos ocupados por piezas especiales.

REVESTIMIENTOS (YESOS Y ENFOSCADOS DE CEMENTO)

Deduciendo, en los huecos de superficie mayor de $X \text{ m}^2$, el exceso sobre los $X \text{ m}^2$. Los paramentos verticales y horizontales se medirán a cinta corrida, sin descontar huecos de superficie menor a $X \text{ m}^2$. Para huecos de mayor superficie, se descontará únicamente el exceso sobre esta superficie. En ambos casos se considerará incluida la ejecución de moquetas, fondos de dinteles y aristados. Los paramentos que tengan armarios empotrados no serán objeto de descuento, sea cual fuere su dimensión.

3. Condiciones técnicas de los equipos

3.1. Ámbito de aplicación

El objeto del presente pliego de condiciones, será la descripción de las especificaciones técnicas de cada uno de los equipos diseñados para instalación a diseñar en el presente trabajo final de grado, bien sean construidos o bien sean seleccionados a un proveedor. En el caso de los equipos que han sido construidos, las especificaciones se corresponderán con el anclaje y conexionado entre sí de los distintos elementos según la red de tuberías y red eléctrica proyectada.

3.2. Especificaciones de la instalación eléctrica

Las instalaciones eléctricas serán ejecutadas por la Empresa especializada, en posesión de todos los requisitos que establece la legislación vigente. Toda la documentación acreditativa será presentada por el Director de las Obras para que pueda emitir la oportuna autorización de comienzo de los trabajos.

Todo el personal que intervenga en cualquier ejecución en cualquier parte de las instalaciones eléctricas, aunque sea accesoria, deberá estar en posesión de los oportunos certificados de calificación profesional.

Será condición necesaria para que la dirección autorice su intervención en los trabajos, la entrega de una copia, autenticada por la empresa especializada, de los certificados mencionados, así como la justificación de estar de alta en el Libro de Matrícula. Antes de iniciar la obra, el Contratista presentará unos planos de detalle que indiquen preferentemente una situación real de los recorridos de canalizaciones y conductores. Al finalizar la obra, presentará los mismos planos corregidos en la forma como se hizo.

3.3. Especificaciones de la instalación de fontanería

La planta de tratamiento de residuos para obtener un polvo granulado está compuesta por una red de tuberías, las tuberías que transportan los lodos de esmalte y las tuberías de las instalaciones de sanitarios, limpieza de equipos, etc. Las tuberías serán del tipo, diámetro

y presión de servicio que se indican en las Mediciones y Presupuestos de este proyecto y cumplirán las especificaciones contenidas dichos documentos.

Las piezas especiales, serán capaces de soportar presiones de prueba y trabajo iguales a las tuberías en que hayan de instalarse. El cuerpo principal de estos elementos, será del material indicado en los Planos, y si no se especificase en estos, serán del material que garantice el fabricante de reconocida solvencia nacional, previa aprobación del Director de las obras, quien también ha de autorizar los modelos a utilizar. En todo caso, el acabado de las piezas especiales, será perfecto y de funcionamiento, durabilidad y resistencia. Deberán acreditarse mediante los oportunos certificados oficiales. La superficie interior de cualquier elemento, sea tubería o pieza especial, será lisa, no pudiendo admitirse otros defectos de regularidad que los de carácter accidental o local que queden dentro de las tolerancias prescritas y que no representen ninguna merma de la calidad de circulación de agua. La reparación de tales desperfectos no se realizará sin la previa autorización del Director de obras. Los tubos y demás elementos de las conducciones y redes, estarán bien terminados, con espesores regulares y cuidadosamente trabajados y deberán resistir sin daños todos los esfuerzos que estén llamados a soportar en servicio y durante las pruebas.

3.4. Instalación de la maquinaria

Todas las partes de la maquinaria que deben estar en contacto con los elementos a tratar, serán de material inalterable, con superficie lisa y fácilmente limpiable. De la misma manera, el exterior de la maquinaria deberá estar esmaltado o cubierto de material inalterable y sin ángulos entrantes que impidan una limpieza perfecta. Los elementos móviles deberán estar provistos de los debidos dispositivos de protección para el manejo del operador.

Los rendimientos de cada máquina se ajustarán a los que se han fijado en el Proyecto. Si en condiciones de trabajo normales una máquina, con fuerza de acondicionamiento suficiente y manejada de acuerdo con las instrucciones, no diera el rendimiento garantizado, se comunicará a la casa vendedora para que comunique las deficiencias y haga las modificaciones oportunas. Si en el plazo de un mes, estas deficiencias no fueran subsanadas, la casa se hará cargo de la maquinaria, puesta, embalada en la estación más próxima a la residencia del cliente, devolviendo el mismo importe que haya pagado, o

suministrándole a elección de este, en sustitución de la maquinaria retirada, otra de rendimiento correcto.

Serán de cuenta de la casa suministradora el transporte, embalaje, derechos de aduanas, riesgos, seguros e impuestos hasta que la maquinaria se encuentre en el lugar de su emplazamiento. El montaje será por cuenta de la casa vendedora, si bien el promotor proporcionará las escaleras, instalación eléctrica, herramienta gruesa y material de albañilería, carpintería y cerrajería necesaria para el montaje, así como personal auxiliar para ayudar al especializado que enviará la empresa suministradora. El plazo que para la entrega de maquinaria pacte el promotor con el vendedor de la misma, no podrá ser ampliado más que por causa de fuerza mayor, como huelgas, lock-out, movilización del ejército, guerra o revolución. Si el retraso es imputable a la casa vendedora, el promotor tendrá derecho a un 1% de rebaja en el precio por cada semana de retraso como compensación por los perjuicios ocasionados.

Será por cuenta de la entidad vendedora suministrar los aparatos y útiles precisos para ejecutar las pruebas de las máquinas y verificar las comprobaciones necesarias, siendo de su cuenta los gastos que originen éstas. En cada máquina o grupo de máquinas, se establecerá una fecha de prueba con el objeto de poder efectuar la recepción provisional, para el plazo mínimo de garantía de un año, en el cual su funcionamiento ha de ser perfecto, comprometiéndose la empresa suministradora a reponer por su cuenta las piezas que aparezcan deterioradas a causa de una defectuosa construcción o instalación y a subsanar por su cuenta las anomalías o irregularidades de funcionamiento que impidan su uso normal.

ESTADO DE LAS MEDICIONES

ÍNDICE ESTADO DE LAS MEDICIONES

1. ESTADO DE LAS MEDICIONES.....	1
1.1. Partida 1: Montaje del horno.....	1
1.2. Partida 2. Montaje del quemador	1
1.3. Partida 3: Montaje de la chimenea.....	2
1.4. Partida 4. Montaje del intercambiador de calor.	2

1. Estado de las mediciones

El estado de mediciones de un proyecto consiste en definir y determinar las partes o partidas que conforman la totalidad del proyecto. Las mediciones del proyecto constan de las siguientes partidas:

- Diseño y montaje del horno
- Montaje del quemador
- Diseño y montaje de la chimenea
- Diseño y montaje del intercambiador de calor

1.1. Partida 1: Montaje del horno

El horno está compuesto por tres materiales, Mullita-Zr, Sílice-Alúmina y ASTM-26. Los materiales elegidos su función es la de resistir las altas temperaturas especificadas para poder fundir la frita sin ningún contratiempo y la de aislar el calor generado en la reacción de combustión del exterior. Al manejar temperaturas tan elevadas es importante aislar la cámara de fusión ya que si no sería imposible acercarse a las proximidades del horno. En la tabla que se muestra a continuación, se observa las partes del horno y la materias utilizados en cada capa. También se incluye las vigas que sustentan al horno como parte del montaje del horno.

Tabla 6.1. Partida montaje horno

Parte del horno	Material
Capa interna	Mullita-Zr
Capa intermedia	Sílice-Alúmina
Capa externa	ASTM-26
Vigas	Acero

1.2. Partida 2. Montaje del quemador

Las temperaturas de fusión de las materias primas para obtener la frita son muy elevadas, por tanto para alcanzar esas temperaturas tan elevadas, se instala un quemador industrial que sea capaz de alcanzar rápidamente los 1450 °C, ya que esta es la temperatura de trabajo. Para generar la reacción de combustión se alimentará al quemador con gas natural, combustible y oxígeno como comburente para abastecer al horno con la energía requerida para fundir las materias primas.

1.3. Partida 3: Montaje de la chimenea

Las tuberías están compuestas por tres materiales, la parte donde fluye el fluido, y el aislante ya que los gases salen a altas temperaturas del horno y el embellecedor para mejor el aspecto del acabado. Por tanto en la **Tabla 6.2** se muestran las partes de la chimenea y los materiales que están constituidos dichas partes.

Tabla 6.2. Partida montaje de la chimenea.

Parte de la conducción	Material
Capa interna	Cemento refractario
Capa intermedia	Lana de roca
Capa externa	Acero

1.4. Partida 4. Montaje del intercambiador de calor.

Ya que los gases generados en la combustión contienen energía residual en su interior y con el fin de hacer una instalación lo más eficiente posible, se instalará un recuperador de calor de coraza de doble tubo a contracorriente con el fin de aprovechar al máximo esa energía residual, ya que se transferirá parte de la energía que portan los gases postcombustión al aire frío que entra.

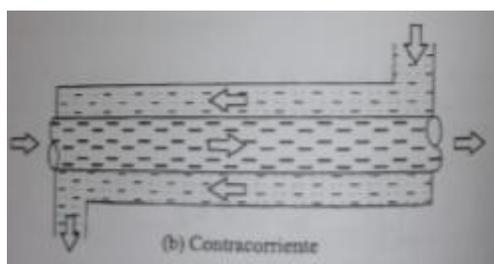


Figura 6.1. Esquema del intercambiador de calor

PRESUPUESTO

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DEL MATERIAL, PEM	1
1.1. Equipos y conducciones.....	1
1.2. Mano de obra.....	2
2. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA, PEC	3

1. Presupuesto de ejecución del material, PEM

El presupuesto de ejecución del material se ha desglosado en diferentes partidas dependiendo de la partida. Las tres partidas clasificatorias son:

- Equipos
- Conducciones y accesorios
- Mano de obra

1.1. Equipos y conducciones

Esta partida la forman los equipos que se necesitan para la realización del proyecto y las conducciones para hacer funcionar correctamente la instalación.

Como el horno es una construcción, no es un equipo en sí, se procede a calcular el precio que conlleva a construir el horno.

Tabla 7.1. Cálculo del precio total del horno

Material	Precio (€/u)	Dimensiones (mm)	V unitario (m ³)	V total (m ³)	Nº uds	Precio total (€)
Mullita-Zr	2,5	230x115x60	0,001587	19	11973	29.930,69
Silice-alumina	3	230x115x60	0,001587	20,5	12918	38.752,36
ASTM-26	12,5	230x115x60	0,001587	25,59	16125	201.559,55
						270.242,60

Una vez calculado el precio total de fabricación del horno se procede a observar el precio unitario de los equipos que se necesitan para diseñar el proyecto en la **tabla 7.2**. En este apartado se considera como conducciones a la chimenea y a la estructura que sustenta al horno.

Tabla 7.2. Presupuesto de la partida de los equipos y las conducciones.

Material	Precio unitario(€)
Horno	270.242,60
Intercambiador de calor	38.000
Quemador	25.000
Conducciones	2.490,78

1.2. Mano de obra

Los costes referidos al montaje de todos los equipos para su instalación según el colegio de ingenieros industriales de la Comunitat Valenciana son del 15%. Tal y como se refleja en la **tabla 7.3.**

Tabla 7.3. Presupuesto de la partida Mano de obra

Material	Mano de obra (€)
Horno	40.536,39
Intercambiador de calor	5.700
Quemador	3.750
Conducciones	373,62

Así que el presupuesto de ejecución del material, PEM se refleja en la **tabla 7.4.**

Tabla 7.4. Presupuesto de ejecución del material, PEM

Material	Precio unitario(€)	Mano de obra (€)	Precio total (€)
Horno	270.242,60	40.536,39	310.778,99
Intercambiador de calor	38.000	5.700	43.700
Quemador	25.000	3.750	28.750
Conducciones	1.798,78	269,82	2.068,60
		Total	385.297,58

2. Presupuesto de ejecución por contrata, PEC

Para la realización del presupuesto de ejecución por contrata (PEC) se han de tener en cuenta diversos factores:

- PEM (presupuesto de ejecución de material)
- Los gastos generales, que son un 13% del PEM, incluye gastos derivados de licencias, seguridad y salud y el tratamiento y vertido de residuos.
- El beneficio industrial que incluye el 6% del PEM.

La obtención del PEC se observa en la **tabla 7.5**.

Tabla 7.5. Presupuesto de ejecución por contrata, PEC

Elemento	Precio (€)
PEM	385.297,58
Gastos	50.088,69
Beneficio	23.117,85
Total	458.504,12

El presupuesto total del proyecto Diseño e instalación de un horno de fritas cerámicas asciende a **CUATROCIENTOS CINCUENTA Y OCHO MIL QUINIENTOS CUATRO COMA DOCE EUROS**.