



UNIVERSITAT JAUME I

ESCUELA SUPERIOR DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS
EXPERIMENTALES

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EFICIENCIA
ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD (PLAN 2018)

***“MEJORA DE LA EFICIENCIA
ENERGÉTICA DE LAS REDES DE
VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA
LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A
PELETIZAR EN LA INDUSTRIA
AGROALIMENTARIA”***

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

AUTOR
JOSÉ VICENTE ANDREU VIDAL

DIRECTORA
D^a. ROSA MONDRAGÓN CAZORLA

Castelló de la Plana, octubre de 2021

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DEVAPOR DE AGUA UTILIZADAS
PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

ESCUELA SUPERIOR DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS EXPERIMENTALES

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD (PLAN 2018)

ÍNDICE

ÍNDICE

Contenido

1. OBJETO DEL TRABAJO.....	6
2. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO. ESTADO DE LA TÉCNICA	7
3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO	10
3.1. RECEPCIÓN.....	11
3.2. MOLIENDA	11
3.3. MEZCLADO.....	11
3.4. GRANULADO-PELETIZADO	12
3.5. TRATAMIENTO TÉRMICO	14
3.6. ENFRIAMIENTO	14
3.7. TAMIZADO, ALMACENAMIENTO Y EXPEDICIÓN	15
4. DETERMINACIÓN DEL PUNTO CRÍTICO DEL PROCESO	16
4.1. PUNTO CRÍTICO. LA GRANULACIÓN.....	16
4.2. EL PROCESO DE GRANULACIÓN	17
4.3. PROCESO FÍSICO - QUÍMICO DE LA GRANULACIÓN	18
5. NORMATIVA. BIBLIOGRAFÍA.....	20
5.1. NORMATIVA.....	20
5.2. BIBLIOGRAFÍA.....	21
6. DEFINICIONES. TERMINOLOGÍA	22
6.1. TÍTULO DE VAPOR.....	22
6.2. GRÁNULO O PELLET	23
6.3. ACONDICIONADO, ACONDICIONAMIENTO.....	23
6.4. ADITIVO.....	24
6.5. ALIMENTO(S).....	24
6.6. ALIMENTO COMPLETO.....	24
6.7. ALIMENTO COMPUESTO	24
6.8. EXTRUIDO, EXTRUSIÓN	24
6.9. GELATINIZADO, GELATINIZACIÓN	24
6.10. ÍNDICE DE PDI	24
6.11. TAMIZADO, TAMIZAR	25
6.12. TRATAMIENTO TÉRMICO.....	25
6.13. SEPARADOR DE NIEBLAS/MICELAS EN CORRIENTE DE VAPOR	25
7. REQUISITOS DE DISEÑO.....	27

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

7.1.	CONDICIONES DE DISEÑO	27
7.2.	DESARROLLO DEL TRABAJO	28
8.	RESULTADOS FINALES.....	34
9.	VIABILIDAD ECONÓMICA.....	38
10.	CÁLCULOS.....	40
10.1.	ECUACIONES UTILIZADAS	40
10.2.	CAUDALES DE VAPOR NECESARIOS PARA PRODUCCIÓN DE PIENSO	43
10.3.	COSTE ENERGÉTICO DE PRODUCCIÓN DE VAPOR.....	45
10.4.	AHORRO DE COSTE EN PRODUCCIÓN DE VAPOR CON LA MEJORA.	48
10.5.	AHORRO DE COSTE ENERGÉTICO EN CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA GRANULACIÓN 49	
10.6.	CÁLCULOS SEPARADORES DE NIEBLAS	50
11.	PLIEGO DE CONDICIONES.....	58
11.1.	VÁLVULAS REGULADORAS DE PRESIÓN PARA VAPOR	58
11.2.	SISTEMAS DE CONTROL BASADOS EN PLC	59
11.3.	SOFTWARE DE CONTROL SUPERVISORIO Y ADQUISICIÓN DE DATOS (SCADAS).....	67
11.4.	TUBERÍAS EN UNIDADES DE PROCESO	73
11.5.	AISLAMIENTO DE TUBERÍAS E INSTRUMENTOS	77
11.6.	NORMAS DE EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN.....	82
12.	PRESUPUESTO	84
12.1.	INSTALACIÓN DE CONTROL ELÉCTRICA Y NEUMÁTICA	84
12.2.	INSTALACIÓN MECÁNICA	85
12.3.	INSTRUMENTACIÓN	86
12.4.	RESUMEN DEL PRESUPUESTO	86
13.	PLANOS.....	88
13.1.	ESQUEMA DE PROCESO ANTES DE LA MEJORA.....	88
13.2.	DETALLE DE LA MEJORA	88
13.3.	ESQUEMA DE PROCESO DESPUÉS DE LA MEJORA.....	88
13.4.	SEPARADORES DE NIEBLAS. DETALLES CONSTRUCTIVOS.....	88
13.5.	SEPARADORES DE NIEBLAS. DETALLE MONTAJE SISTEMA DE CONTROL.....	88

ESCUELA SUPERIOR DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS EXPERIMENTALES

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD (PLAN 2018)

MEMORIA

1. OBJETO DEL TRABAJO

El presente trabajo tiene como finalidad el diseño de un sistema de regulación automático de la presión de la línea de vapor de agua que se inyecta en el proceso de fabricación de los piensos compuestos para la granulación de estos.

Con este objetivo se busca reducir el consumo de combustible en la caldera para la producción de vapor de agua y mejorar por tanto la eficiencia energética de la planta de proceso al reducir el consumo energético de la misma.

Para ello se deben determinar los siguientes objetivos específicos:

- Conocer en detalle las etapas del proceso de fabricación de piensos compuestos para alimentación animal en ganadería intensiva.
- Determinar los puntos críticos del proceso donde se produzca el mayor gasto energético y estudiar la forma de reducir el consumo de esa energía mediante el control de las variables que afectan a dicho gasto energético.
- Diseñar la solución de ingeniería de proceso que permita modificar las condiciones fisicoquímicas del producto final (pienso) de forma que se reduzcan los costes operativos y se mejore la eficiencia energética del proceso.
- Calcular los ahorros operativos y las reducciones energéticas de consumo y de emisiones a la atmósfera que se consiguen con esta mejora en el proceso y analizar la viabilidad económica que justifique la inversión en la planta en un período razonable de tiempo.
- Mejora de la eficiencia energética en la red de vapor puesto que con esta solución se elimina casi todo el condensado en la entrada del acondicionador, alcanzando por consiguiente mayor temperatura en la cocción de la mezcla de pienso y aportando una humedad adicional al pienso.
- Mejora de la huella de carbono de la instalación pues al aumentar la eficiencia energética de la misma, se reduce el consumo de combustible y de energía y las emisiones de CO₂ a la atmósfera son menores.
- Mejora en costes de fabricación, pues el pienso compuesto, al haber sido cocido a mayor temperatura (+8 / +12°C) tiene mayor almidón gelatinizado y mayor valor proteico, lo que implica que los animales engordan más con menor ingesta de alimento, redundando en un ahorro de costes de materia prima considerable para las granjas.

2. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO. ESTADO DE LA TÉCNICA

Hasta la fecha, en los procesos de fabricación de piensos compuestos granulados (peletizados) para alimentación animal se considera, y está documentado, que la adición de vapor, en unas condiciones de presión y temperatura establecidas, es necesaria cuando no imprescindible para una mejora de la calidad del producto final.

Así las cosas, los sistemas de aplicación de vapor instalados en la mayoría de las plantas de proceso consisten en una regulación “semiautomática” cuando no manual, de la adición del vapor en la zona del acondicionador previo a la entrada a la peletizadora. Esto se traduce en la instalación de una rampa de vapor manual que, en teoría, alimenta vapor saturado “seco” al acondicionador, en las mejores condiciones de temperatura y presión necesarias para según qué tipo de pienso se esté fabricando (Fig.1).

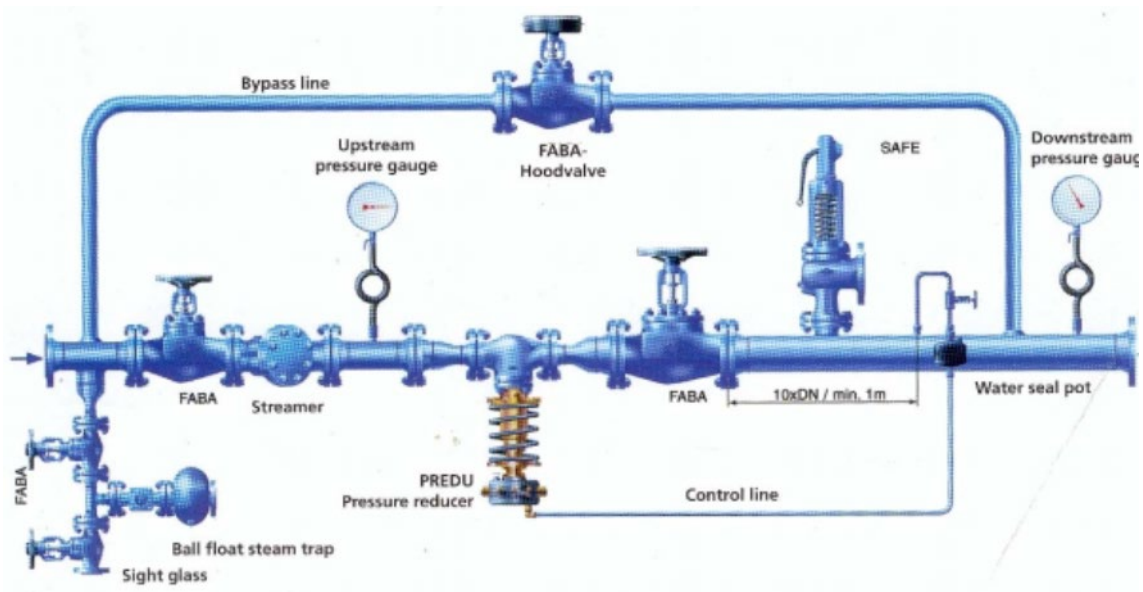


Fig.1 Esquema convencional de un sistema de regulación de vapor. Fuente: Spyrax Sarco

En algunos casos, dicha rampa de vapor está complementada por un sistema de separación de condensados para optimizar la transferencia de calor del vapor a la mezcla de pienso (Fig.2).

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

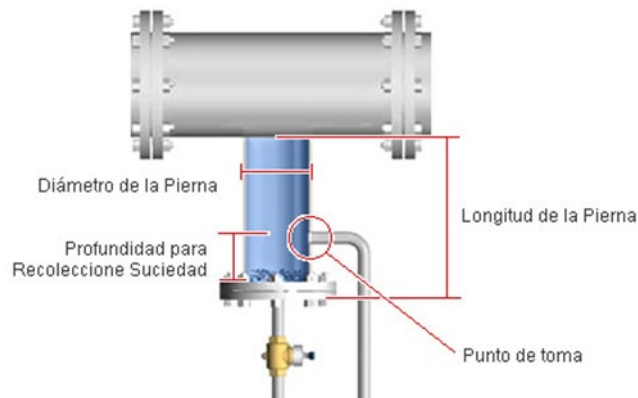


Fig.2 Esquema típico de una separación de condensado de vapor. Fuente: TLV Steam

Realmente, la separación de condensado de vapor de agua se hace necesaria porque lo que se pretende con la adición de vapor a la mezcla del pienso en el interior del acondicionador es una transferencia de calor (energía térmica) a dicha mezcla para que ésta alcance su temperatura óptima de gelatinización del cereal.

El calor latente contenido en el vapor se libera en el instante en que el vapor se condensa hacia la fase líquida. La cantidad de calor latente entregado es de 2 - 5 veces mayor que la cantidad de calor sensible contenido en el agua caliente (agua saturada) después de la condensación. Este calor latente se libera instantáneamente y se transfiere al producto que se está calentando (mezcla de pienso).

El acondicionamiento a base de vapor de los piensos requiere de un vapor saturado seco, a distinguir del vapor “húmedo” con humedad libre. El vapor húmedo “transfiere” el calor de manera menos eficaz (menor entalpía) que el vapor saturado, y puede provocar que la distribución de la humedad en la mezcla de ingredientes molidos no sea uniforme, lo cual provoca que la matriz de la granuladora “se ahogue” o resbale.

Las características del vapor afectan el proceso de acondicionamiento. Se ha demostrado que el vapor saturado aumenta la temperatura de la mezcla 16°C por cada 1% de humedad añadida, mientras que el vapor “húmedo” aumenta la temperatura de la mezcla 13,5°C por cada 1% de humedad. También se ha demostrado que una mala calidad del vapor reduce las temperaturas de acondicionamiento de 6 a 11°C, dependiendo de la cantidad de humedad añadida. (ROSS TECH 07/45: *Calidad física del pienso*).

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DEVAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

Dicha transferencia de calor es mucho menos efectiva (del orden de 6-8°C menos por cada unidad de presión adicionada) si el vapor que entra en el acondicionador arrastra consigo condensados (agua), con lo que, dependiendo del tiempo de residencia en el acondicionador de la mezcla del pienso ésta tendrá menor o mayor calidad (habrá gelatinizado peor o mejor) conforme a la temperatura que dicho vapor haya transferido a la mezcla.

Es por ello que se colocan sistemas de recogida de condensados, “trampas de vapor”, porque es necesario recoger todas las gotas que sea posible de condensado de vapor que se arrastran por las tuberías. Dichas gotas generan erosión en las partes internas de las válvulas y en la cara interior de las tuberías por el fenómeno conocido LDI (picadura por Gotas Líquidas) y además estas gotas reducen la superficie de intercambio térmico en la mezcla de pienso calentada por dicho vapor al crear “puntos fríos” en dicha superficie.

Está demostrado que la mayoría de los sistemas de regulación de vapor acompañados por unidades de separación de condensados instaladas en las plantas de fabricación de piensos se están mostrando poco eficaces para conseguir resultados óptimos en cuanto a:

- Alcanzar la temperatura óptima de gelatinización para cada tipo de pienso.
- Reducir las pérdidas productivas por una mala calidad del pellet fabricado (bajo índice de PDI, humedad alcanzada no máxima, otros...) como consecuencia de malas características físicas de la mezcla que entra en la granuladora (no se alcanzó la temperatura óptima de gelatinización, mezcla demasiado “seca”, etc.)
- Reducir las pérdidas por quiebras técnicas (paros por rotura o atascamiento) de la matriz de la granuladora.
- Mejorar el índice de productividad y optimizar el consumo energético en la fase de producción en la peletizadora.
- Reducir los costes energéticos de consumo de vapor, de combustible para generarlo y de reducción del consumo de energía eléctrica en las granuladoras.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

El pienso es el elemento de la producción animal que genera mayores costos. Dentro de la cadena alimentaria representa aproximadamente el 70% del gasto ligado a la producción de proteína. Por tanto, la producción del pienso se ha convertido en una fase sometida permanentemente a la búsqueda de mejoras a nivel técnico, eficiencia productiva y aprovechamiento nutricional.

El diagrama de proceso de una planta industrial típica de fabricación de pienso compuesto es el siguiente:



Fig.3 Diagrama de flujo del proceso de fabricación del pienso compuesto

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

La producción de pienso compuesto se realiza en diferentes pasos. A continuación, se explica de manera sencilla los procesos con menor consumo de energía, y de manera más completa aquellos procesos que más energía consumen. Las diferentes etapas en la producción de pienso, que se observan en la Fig.3 y el plano nº1, son:

3.1. RECEPCIÓN

Diferentes materias primas llegan en camión (a veces en tren), se descargan en las tolvas de recepción y se transportan mecánica o neumáticamente a la planta de proceso del pienso: cereales, polvo, líquidos, etc. Los camiones son pesados a su llegada a recepción y se realiza un primer control de calidad.

3.2. MOLIENDA

La molienda pretende transformar las partículas según la fórmula consiguiendo un tamaño similar, consumiendo la menor energía posible. Un tamaño de partícula parecido favorece un posterior mezclado homogéneo y estable. La molienda favorece la cohesión del gránulo y la eficiencia energética de la fábrica de piensos.

3.3. MEZCLADO

El objetivo del mezclado es distribuir lo más homogéneamente posible, los elementos de la fórmula. La mezcladora más usada es la de cinta horizontal con un agitador de cintas. Los parámetros principales del mezclado son el tiempo de mezclado y la velocidad de llenado. Estos parámetros tienen un impacto directo sobre el nivel de producción de la planta, ya que normalmente sólo se tiene una mezcladora (Fig.4).



Fig.4. Mezcladora de cintas (TOT-Bogotá)

3.4. GRANULADO-PELETIZADO

El granulado pretende convertir el pienso molido en gránulos o pellets. Esta transformación física tiene diferentes beneficios como la densificación del pienso (sobre un 40%) lo que aumenta la capacidad de almacenamiento, reducción de costes de transporte y de emisiones de polvo y mejora la conservación. La línea de granulado está compuesta por una serie de etapas sucesivas:

- Almacenamiento en un pequeño silo, puede haber varios, pero generalmente dos.
- Un transportador de tornillo por cada silo que determinan la velocidad de flujo del granulado.
- Un mezclador cilíndrico, o acondicionador, en el cual se mezcla el pienso con vapor (producido en una línea periférica por una caldera y un sistema de vapor) (Fig.5)



Fig.5. Conjunto Acondicionador ANDRITZ + línea de Vapor Spyrax Sarco (Frango Rico – Brasil)

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DEVAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

- El granulador o peletizador (Fig.6 y 7).



Fig.6. Conjunto Acondicionador + Granuladora ANDRITZ en una parada por bloqueo de pienso en la matriz (Frango Rico – Brasil)



Fig.7 Granuladora ANDRITZ en mantenimiento (Frango Rico – Brasil)

Sin embargo, tiene algunas desventajas, como una gran inversión (silos, granulador, caldera, enfriador...), además de los costes energéticos (electricidad y vapor), o el cambio del agua con incorporación de agua limpia. Los ingredientes

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

normalmente se llevan al acondicionador mediante un tornillo equipado con variador de velocidad. El flujo de alimentación del acondicionador y del granulador se ajusta por un valor de consigna según la velocidad del motor del granulador. El acondicionado de los ingredientes se realiza por incorporación continua de vapor seco.

La inyección de vapor, cerca de la entrada, se regula desde la salida mediante un sensor de temperatura (ver planos nº 1, nº 2 y nº 3), permitiendo el tratamiento del pienso entre 75°C y 95°C.

La cantidad de vapor inyectada en el acondicionador afecta al flujo de producción y a la cantidad de energía consumida por el granulador o peletizador.

Antes de pasar por el dispositivo magnético, el pienso pasa a través de un anillo metálico perforado en canales (cabezal metálico, cabezal anular -más típico de molino con cabezal vertical- o cabezal rotativo). Tras ser comprimido por rodillos el pienso se dirige a través del cabezal usando cuchillas raspadoras. Luego el pienso se extruye a través de los cabezales. El pienso sale en forma de cilindro. A la salida de los cabezales de extrusión, dos cuchillas cortan el cilindro estableciendo la longitud de los gránulos. Tras el granulado, el pienso pasa por gravedad por un enfriador e incluso un desmenuzador o triturador y un tamiz. Las partículas más pequeñas se separan del pienso y retornan a la operación de granulado.

3.5. TRATAMIENTO TÉRMICO

Está relacionado con la necesidad de higienizar el pienso, para eliminar de manera preventiva microorganismos patogénicos. Consiste en tratar el pienso a una temperatura de 85°C - 95°C durante algunos segundos (desde 10s a 45s, según el tipo de pienso) bajo la acción del vapor. El pienso en forma de harina es sometido a tratamientos de calor. Estos tratamientos pueden ser continuos o por etapas.

3.6. ENFRIAMIENTO

El objetivo de este paso es el secado y enfriado en un mismo equipo. Se trata de una etapa combinada. Estos procesos tienen lugar haciendo pasar un flujo mezclado de aire a través de la masa de pienso. El secado se debe al calor generado por el producto caliente y el enfriado se debe al ajuste del flujo del aire de entrada. El proceso de enfriado es resultado de intercambios acoplados de calor (entalpía) y masa (agua) entre el aire y el producto. El proceso se realiza en enfriadores verticales de flujo a contracorriente o enfriadores horizontales de flujo cruzado.

3.7. TAMIZADO, ALMACENAMIENTO Y EXPEDICIÓN

La caída vertical del pienso desde la granuladora, pasando por el enfriador, tiene su final en unos tamices horizontales que separan el pienso desmenuzado en polvo (que será enviado a una línea auxiliar de reprocesado) de los gránulos o pellets, que son enviados, previamente pesados, mediante transportadores de tornillos y cangilones a los silos de almacenamiento en espera de expedición.

4. DETERMINACIÓN DEL PUNTO CRÍTICO DEL PROCESO

A continuación, se profundiza en la fase del proceso considerada como crítica puesto que es la que mayor gasto energético tiene, esta fase es la siguiente:

4.1. PUNTO CRÍTICO. LA GRANULACIÓN

La granulación o peletizado es el proceso con mayor consumo de energía en una planta de producción de pienso (Fig.8):

- Del 50 al 60% del consumo de energía.
- Del 80 al 90% del consumo de vapor.

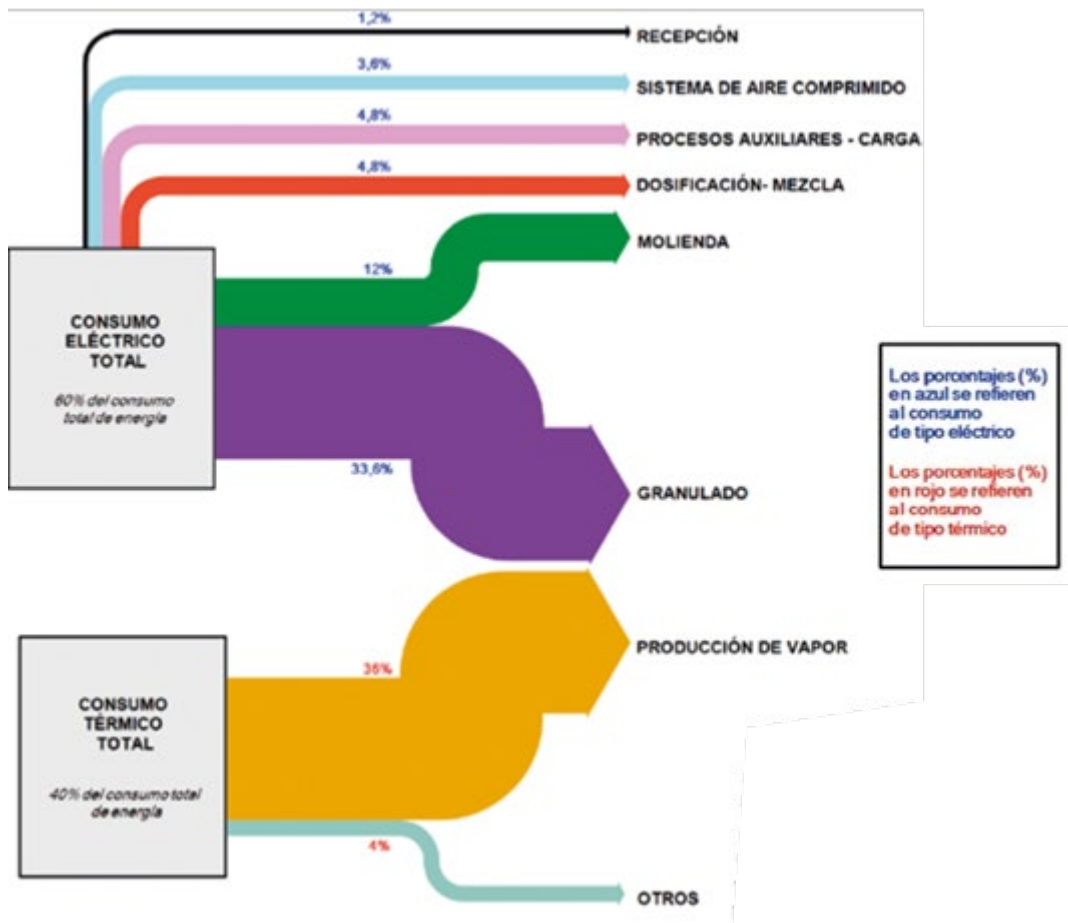


Fig.8 Diagrama de Sankey de la distribución de energía en una fábrica de piensos. (TeslaProject- Manual de Eficiencia Energética en Fábricas de piensos)

Las partículas primarias de harina se adherirán entre ellas para formar estructuras mayores con múltiples partículas densas y de libre flujo, que se conocen como gránulos (pellets).

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

El proceso se realiza a través de una máquina llamada granuladora (peletizadora), acompañada de la adición de vapor en el acondicionador previo, y finalmente estabilizada la estructura en el enfriador mediante la eliminación del calor y la humedad sobrante (Plano nº 1).

Los beneficios reconocidos del proceso de granulación son los siguientes:

- Mejora del rendimiento productivo en la cría de animales
- Reducción de costes de transporte
- Higiene microbiológica
- Mejora en el aprovechamiento nutricional del pienso (al someter los almidones a calor y humedad se produce una absorción de agua y los gránulos del almidón pierden su estructura cristalina, proceso que se acelera con el aumento de temperatura, produciéndose la gelatinización de los almidones).

4.2. EL PROCESO DE GRANULACIÓN

El gránulo de pienso se forma al compactar y forzar el paso del alimento por la matriz de la granuladora a través de sus orificios y canales (Fig. 9) mediante un proceso mecánico.

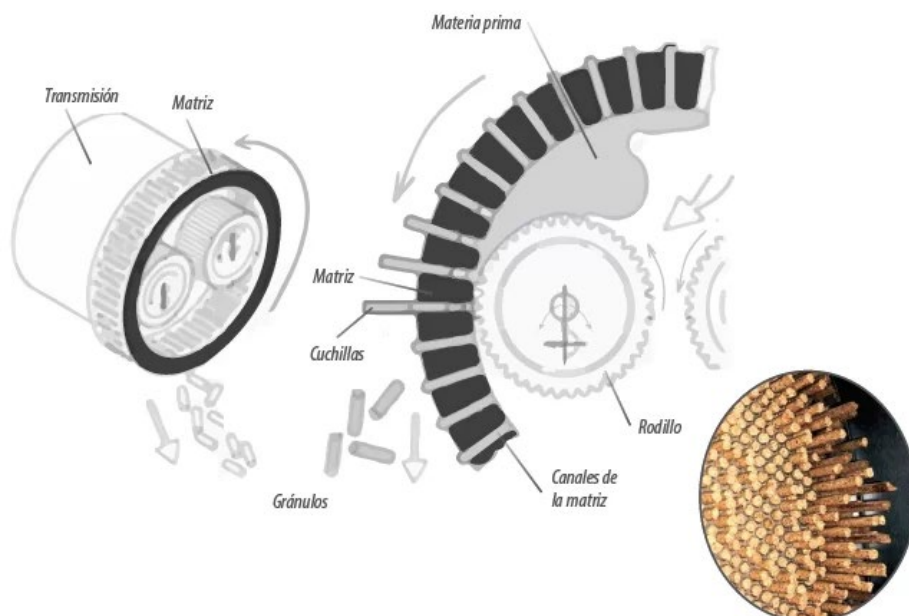


Fig.9 Formación de gránulos en la matriz de una granuladora (AFFCO,2000)

El proceso de granulación incluye un acondicionado de la masa del pienso previo a la granulación y un enfriamiento posterior que son fundamentales para conseguir un gránulo de calidad mediante reacciones físicas y químicas (Fig. 10).



Fig.10 Esquema del proceso de granulación (Nutrofeed)

La forma convencional de acondicionar los piensos antes de la granulación es el vapor, y son tres los factores que regulan su uso:

- 1- Debe ser seco, lo más cercano a título de vapor 1 (ver apartado 6 Definiciones).
- 2- Debe disponerse del suministro adecuado para la máxima demanda de la granuladora. Es decir, se debe calcular la cantidad de calor necesaria a transferir incluyendo una previsión de pérdidas en las tuberías y válvulas (dimensionado de la caldera y equipos auxiliares).
- 3- La presión de vapor en el acondicionador debe mantenerse constante a un nivel predeterminado. Se deberá controlar el caudal de vapor aportado mediante el control de caudal y presión con una válvula de precisión.

El vapor, al entrar en el acondicionador, aumenta su temperatura y también aumenta el contenido de humedad del pienso para lubricarlo antes de la granulación, condiciones básicas para una óptima granulación, con lo que en estas condiciones el paso del pienso por los orificios de la matriz de la granuladora mejorará el rendimiento de ésta.

4.3. PROCESO FÍSICO - QUÍMICO DE LA GRANULACIÓN

La granulación por vía húmeda es actualmente la clásica para la fabricación de pienso para ganadería intensiva, utilizando agua en forma de vapor para formar por compactación un gránulo durable en el tiempo. El agua libre del vapor facilita la granulación aportando lubricación y plasticidad a la masa de pienso y el vapor aporta energía térmica y química (líquido polar -agua-) desintegramiento la estructura del almidón y provocando la gelatinización, siendo el objetivo final

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DEVAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

reblandecer las partículas para después compactarlas en la matriz de la granuladora.

El aumento de acondicionamiento del pienso con el vapor y su mayor humectación con agua conduce a una disminución de la fricción determinado por un menor salto térmico en la granuladora (menor fricción entre la masa del pienso y los rodillos de la granuladora y por lo tanto menor T en la máquina).

La saturación del vapor se conseguirá trabajando sobre la presión existente en el flujo de vapor de agua, de forma que una mayor presión de vapor implica mayor aporte de temperatura, pero menor adición de agua libre al proceso.

Por lo anteriormente expuesto, la adición de humedad mediante vapor saturado a los piensos en el rango de los 1,5 -3,0 bar en el acondicionador previo al granulado (peletizado) se presenta como indispensable en la producción actual de piensos de calidad.

Llegar al equilibrio de saturación de vapor para adicionar al pienso en el acondicionador es muy importante, ya que dependiendo de eso se aporta más temperatura con mayor o menor aporte de agua libre.

Como ejemplo: Los mejores resultados de durabilidad del gránulo se encontraron con valores del 16-17% de humedad relativa en el acondicionador (Farhenholz, 2005).

5. NORMATIVA. BIBLIOGRAFÍA

5.1. NORMATIVA

- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera.
- Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación.
- Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 709/2015, de 24 de julio, por el que se establecen los requisitos esenciales de seguridad para la comercialización de los equipos a presión.
- UNE-EN 60534-1:2005. Válvulas de regulación de procesos industriales. Parte 1: Terminología de las válvulas de regulación y consideraciones generales.
- UNE-EN 60534-2-4:2009. Válvulas de regulación de procesos industriales. Parte 2-4: Capacidad de caudal. Características intrínsecas del flujo y del rango.
- UNE-EN 60534-2-1:2011/AC:2015. Válvulas de regulación de procesos industriales. Parte 2-1: Capacidad de caudal. Ecuaciones de dimensionamiento de las válvulas de regulación para el caudal de los fluidos en las condiciones de la instalación.
- UNE EN 10255; Tubos de acero no aleados adecuados para la soldadura y el roscado, condiciones técnicas de suministro.
- Código AD 2000 CODE Merkblatt (1998) para separadores verticales.
- Directiva 2014/68/UE de 15 de mayo de 2014, relativa a la armonización de las legislaciones de los Estados miembros sobre la comercialización de equipos a presión.
- ASME B31.3 American Society of Mechanical Engineers. Process Piping.
- ASME B31.1 American Society of Mechanical Engineers Power Piping.
- Normas DIN 2440, DIN 2441 y DIN 2448, para tubería de fluidos.
- Norma ANSI 300, del Código ASTM, para tubería de fluidos

5.2. BIBLIOGRAFÍA

- Martínez Ruiz, P.M./Cosme Moñino, J.M. Eficiencia Energética en empresas del sector alimentario. Ed. Agencia Extremeña de la Energía.
- Loïc Perrin, François Lucas and Fabrice Putier. Manual de Eficiencia Energética en fábricas de Piensos. TECALIMAN (Centro Tecnológico de Alimentación Animal). Este manual se ha realizado dentro del marco del proyecto TESLA (Intelligent Energy Europe) y ha sido financiado por la Comisión Europea.
- Dimensionado de válvulas reguladoras de presión. MANKERBERG
- U.T.N. – F.R.R DEPTO. DE INGENIERÍA QUÍMICA CÁTEDRA DE INTEGRACIÓN III. Tablas de vapor de agua.
- Fernández Carmona J., Jover Cerdá M., Blas Ferrer E, Tecnología de Granulación de piensos. Granulación y cocción-extrusión. Dpto. Ciencia Animal, Universidad Politécnica de Valencia.
- G.G. Mateos y S. Grobas. EL PROCESO DE GRANULACIÓN: BASES CIENTÍFICAS Y EFECTOS NUTRICIONALES. Departamento de Producción Animal. UPM. COREN, S.C.L. Orense.
- Olivares Castañeda, J.M.. Eficiencia Energética en el tratamiento de cereales para piensos. Tesis de Máster. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. UPC Barcelona Tech.
- MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. INFORME DE PRECIOS ENERGÉTICOS: COMBUSTIBLES Y CARBURANTES. Datos a 21 de septiembre de 2021. SECRETARÍA GENERAL Departamento de Planificación y Estudios. Informe nº 188

6. DEFINICIONES. TERMINOLOGÍA

6.1. TÍTULO DE VAPOR

El título de vapor es la fracción másica del vapor en la mezcla líquido-vapor, de tal forma que el vapor seco equivale a un título igual a 1, es decir, 100% vapor saturado. Mientras que valores entre 0 y 1 indican un contenido de agua en la mezcla, siendo el valor de 0 para el líquido saturado (Cerney 2021 y Fig.11).

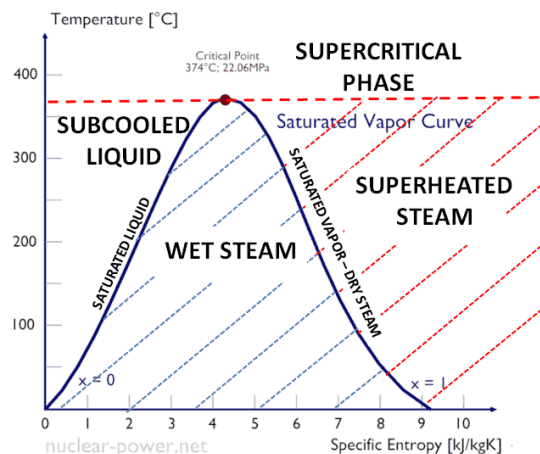


Fig.11 Diagrama de fases del agua y vapor-Thermal Engineering

El Título de Vapor o porcentaje de sequedad se utiliza para cuantificar la cantidad de agua que contiene el vapor. Si el vapor contiene un 10% de agua en forma líquida, se dice que es un vapor 90% seco, o que tiene un título de 0.9. Si el vapor contiene un 15% de agua en forma líquida diremos que tiene un título de 0.85 y así sucesivamente.

El título de vapor es importante porque tiene un efecto directo en la cantidad de energía transferible contenida en el vapor, lo cual afecta a la calidad y la eficiencia del calentamiento.

El vapor saturado seco contiene 100% del calor latente disponible a la presión dada. El agua saturada, que carece de calor latente, tiene 0% de sequedad y contiene sólo calor sensible.

El vapor seco, o vapor saturado, se caracteriza por la calidad del vapor, que es igual a la unidad, 1, para la máxima calidad.

Cuando la calidad del vapor es igual a 0, se denomina estado líquido saturado (monofásico).

Por otro lado, cuando la calidad del vapor es igual a 1 (título1), se denomina estado de vapor saturado o vapor seco (monofásico).

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

Entre estos dos estados, se habla de la mezcla vapor-líquido o vapor húmedo (mezcla de dos fases). A presión constante, una adición de energía no cambia la temperatura de la mezcla, pero la calidad del vapor y el volumen específico cambian.

6.2. GRÁNULO O PELLET

Los alimentos peletizados se definen como alimentos aglomerados formados por la extrusión de ingredientes individuales o mezclas compactas por medio de moldes de un proceso mecánico. Los pellets son cilíndricos y generalmente producidos con diámetros desde 3 a 20 mm y con una longitud algo mayor al diámetro (MONCADA, 2000).

Los pellets son materiales heterogéneos que contienen agua e ingredientes con un tamaño de partícula variable. Debido a que contiene poros de diferentes tamaños, se le considera compuesto de tres fases: sólida, líquida y gaseosa (Thomas y van der Poel, 1996, citado por LEHNEBACH, 2006).



Fig.12 Gránulos o pellets de pienso compuesto

6.3. ACONDICIONADO, ACONDICIONAMIENTO

(Proceso) Modificar los ingredientes o su mezcla para darles características predeterminadas de humedad y/o temperatura previamente a un proceso ulterior (AFFCO, 2000).

6.4. ADITIVO

Ingrediente o combinación de ingredientes añadidos a la mezcla base del alimento o a parte de ésta para satisfacer una necesidad específica. Normalmente se utiliza en microcantidades y requiere un mezclado y una manipulación cuidadosos (AAFCO, 2000).

6.5. ALIMENTO(S)

Sustancia(s) comestible(s) consumida(s) por los animales que aportan energía y/o nutrientes a su dieta. Se usa normalmente para referirse al consumo animal y no humano (AAFCO, 2000).

6.6. ALIMENTO COMPLETO

Alimento que aporta la nutrición adecuada destinado a animales (no al hombre). Por su fórmula específica, está preparado para ser consumido como única ración y es capaz de mantener con vida y/o promover la producción sin que sea necesario proporcionar ninguna sustancia adicional, excepto agua (AAFCO, 2000).

6.7. ALIMENTO COMPUESTO

Mezcla de productos de origen vegetal o animal en su estado natural (frescos o conservados), productos derivados de un procesamiento industrial o sustancias orgánicas o inorgánicas, contengan o no aditivos, que constituyen un alimento completo para suministro oral (HMSO, 1992; véase también «Alimento según fórmula»).

6.8. EXTRUIDO, EXTRUSIÓN

(Proceso) Ejercer presión para comprimir, empujar y expulsar el alimento a través de orificios (AAFCO, 2000)

6.9. GELATINIZADO, GELATINIZACIÓN

(Proceso) Fracturar completamente los gránulos de almidón mediante una combinación de humedad, calor y presión, y en algunos casos mediante un cortador mecánico (AAFCO, 2000).

6.10. ÍNDICE DE PDI

Dentro de los indicadores de calidad, en lo que respecta a la fabricación de alimentos concentrados para alimentación animal, se encuentra el Pellet Durability Index por sus siglas en Ingles PDI, en castellano índice de durabilidad del pellet. El PDI se puede definir como un patrón o parámetro de análisis físico y se fundamenta en la cantidad de pellets recuperados después de haber sido sometidos a una agitación bien sea mecánica o neumática, que simula el

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

transporte y manejo del alimento peletizado en condiciones normales dentro de la Planta. Este parámetro es expresado en forma de porcentaje y de esta manera un elevado PDI (92-95 %) califica a un alimento como durable de alta calidad.

6.11. TAMIZADO, TAMIZAR

(Proceso) Separar un material pasándolo a través de tamices hasta obtener partículas de tamaños variados (AAFCO, 2000).

6.12. TRATAMIENTO TÉRMICO

(Proceso) Someter sustancias a un método de preparación que comporta el uso de elevadas temperaturas, con o sin presión (AAFCO, 2000).

6.13. SEPARADOR DE NIEBLAS/MICELAS EN CORRIENTE DE VAPOR

Se trata de un equipo a presión que puede fabricarse para disposición horizontal o vertical. En el presente se diseñan dos unidades de separadores de gotas (micelas/nieblas) de configuración vertical.

Los elementos que constituyen el separador son los siguientes:

- Cilindro o carcasa. (Fig.12)



Fig.12 Exterior de un separador de nieblas de vapor (Frango Rico- Brasil)

- Desviador de ingreso o deflector: Su objetivo es cambiar bruscamente la dirección del flujo de vapor.

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DEVAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

- Extractor de niebla: Una almohadilla de malla de alambre está hecha de alfombras de alambre de acero inoxidable muy finamente tejido y envuelto en un cilindro de una forma muy apretadamente empacada. Las gotas de líquido se enredan en los alambres tejidos y se funden. La efectividad de la malla de alambre depende mayormente de que el gas esté dentro del rango apropiado de velocidad. Si las velocidades son muy altas, los líquidos extraídos serán nuevamente arrastrados. Si las velocidades son bajas, el vapor simplemente desvía por efecto del elemento malla sin que las gotas enreden o fundan. (Fig.13)



Fig.13 Extractores de nieblas de vapor (Frango Rico- Brasil)

La construcción muchas veces especifica un cierto espesor (generalmente 76 a 180 cm) y densidad de malla (generalmente 0,16 a 0,19 kg/dm³). La experiencia indica que un extractor de la malla de alambre de un tamaño apropiado puede retirar el 99% de las gotas de 10 micras o mayores.

7. REQUISITOS DE DISEÑO

7.1. CONDICIONES DE DISEÑO

Es necesario determinar aquí que las plantas de producción de pienso compuesto con sistemas de granulación incorporados pueden oscilar desde el límite inferior de 10 T/h por cada línea de producción hasta las 60 T/h teniendo siempre en cuenta que, como mínimo, dichas plantas productivas tienen dos líneas de producción iguales. Las condiciones de diseño aquí descritas permiten determinar la hipótesis de trabajo para una línea de producción, que en los cálculos tendrá una capacidad de 10 a 60 T/h (se calculan diferentes escenarios con la capacidad de la línea y con la presión del vapor).

Se determinan en este trabajo, para el cálculo de las necesidades del sistema a implantar, las siguientes condiciones de diseño:

- Capacidad productiva de la planta: Entre 10T/h y 60T/h. de pienso compuesto, por cada línea de producción. (Normalmente una planta suele tener dos líneas de producción mínimo).
- Presión de producción de vapor: 8 Bar.
- Presión de regulación del sistema de vapor: Entre 1,5 Bar y 3,0 Bar.
- Temperatura objetivo (SP) del pienso en el acondicionador: 85°C.
- Ratio de humedad añadida al pienso en el acondicionador:
 - Con vapor saturado (seco, título 1,00) = 16°C/1%Hr
 - Con vapor húmedo (título 0,90) = 13°C/1%Hr
- Temperatura del pienso en la entrada del acondicionador: 30°C
- Calor específico del pienso compuesto: 1,0467 J/kg°K

En primer lugar, debemos establecer el Balance de Energía de esta operación, pues hemos de tener en cuenta que en el acondicionador (Fig.14) confluyen los siguientes flujos:



Fig.14 Acondicionador Andritz de doble etapa (Frango Rico-Brasil)

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

1.- Masa de pienso(harina) que proviene de la sección de molienda/mezcla a una temperatura de 30°C y una humedad del 11-12%. Su paso por el acondicionador es de 15-20 seg. Con lo que para una producción de 44.000 T/año, durante 240 días laborables en jornadas de 2 turnos (16 horas) pasarán por el acondicionador unos 32- kg/seg.

2.- Caudal de vapor saturado, en teoría seco, que proviene de la línea de vapor de la caldera y que, según su regulación, estará a una temperatura entre los 110°-133°C (1,5 -3,0 bar) según la tabla nº1.

TABLA DE PROPIEDADES DEL AGUA SATURADA (LÍQUIDO-VAPOR)

Presión	Tª Saturación	Volumen Específico		Densidad Vapor Saturado y seco	Entalpía del líquido	Entalpía Vapor Saturado y seco
		Líquido	Vapor Saturado			
Kg/cm²	°C	m³/kg	m³/kg	kg/m³	KJ/kg	KJ/kg
1,00	99,63	1,004	1,6940	0,5797	417,46	2.675,50
1,50	111,40	1,052	1,1590	0,8467	467,11	2.693,30
2,00	120,20	1,061	0,8857	1,1090	504,70	2.706,70
2,50	126,80	1,067	0,7318	1,3670	535,37	2.693,30
3,00	133,60	1,073	0,6050	1,6210	561,47	2.725,30
3,50	138,90	1,078	0,5243	1,8730	584,33	2.732,40
4,00	143,60	1,083	0,4625	2,1240	604,74	2.738,60
4,50	147,90	1,088	0,4140	2,3730	623,25	2.743,90
5,00	151,90	1,092	0,3749	2,6200	640,23	2.748,70
6,00	158,90	1,100	0,3157	3,1110	670,56	2.756,80
7,00	165,00	1,108	0,2729	3,6000	697,22	2.763,50
8,00	170,40	1,115	0,2404	4,0850	721,11	2.769,10
9,00	175,40	1,121	0,2150	4,5680	742,83	2.773,90
10,00	179,90	1,127	0,1944	5,0510	762,81	2.778,10

Tabla nº1 Propiedades del vapor de agua saturado

7.2. DESARROLLO DEL TRABAJO

Con estas condiciones de trabajo se realiza el diseño y cálculo de un sistema de control automático de la regulación de vapor, “rampa de vapor automática” para transferencia directa de energía térmica (calor) y humedad, en la mezcla de piensos que se prepara en el acondicionador previo al granulado y que se gestiona y conduce con variables controlables como son (plano nº 3):

- Temperatura de la mezcla en el acondicionador
- Humedad de la mezcla en el acondicionador
- Presión del vapor seco en el acondicionador

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

Con este sistema se va a mejorar la eficiencia energética de la adición de vapor al proceso de fabricación de gránulos (pellets), por el siguiente motivo:

Está estudiado que la mezcla de piensos que llega al acondicionador lo hace con una temperatura y una humedad bajas (entre 30-35°C de temperatura y humedad del 11-12%), esto significa que para alcanzar la temperatura de gelatinización de la mezcla del pienso será necesario elevar dicha temperatura bastante (normalmente hasta los 85-90°C) y conseguir una humedad mayor (hasta justo por debajo del 16,5-17,0%).

Este objetivo se va a poder alcanzar con la adición de un vapor seco de óptima calidad y esto se consigue:

- a) Instalando separadores especiales de gotas antes y después de la válvula de control automático de vapor (Fig.15).



Fig.15 Separador de gotas y micelas de vapor (Frango Rico – Brasil)

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

- b) Instalando un control de la temperatura antes y después del sistema de regulación y secado (Fig.16)



Fig.16 Transductor de presión a la entrada del separador (Endress&Hausser-Frango Rico- Brasil)

- c) Instalando un sistema de control de temperatura a la entrada del acondicionador mediante una válvula automática de control que regula la presión del vapor de entrada a dicho acondicionador (Fig.17).



Fig.17 Válvula de control de precisión y elevada ganancia (Bvalve - Frango Rico- Brasil)

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DEVAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

- d) Instalando un sensor de humedad de alta precisión y que determina el límite máximo de adición de humedad a la mezcla del producto en el acondicionador para evitar la quiebra técnica (parada no deseada) en el granulador (Fig.18).

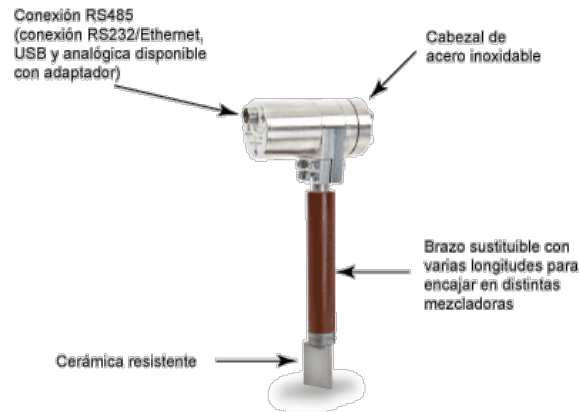


Fig.18 Sensor de humedad en sólidos Hidro Probe (Hydronix)

- e) Controlando el caudal de vapor al acondicionador para poder calcular la cantidad de entalpía transferida al pienso (Fig.19)

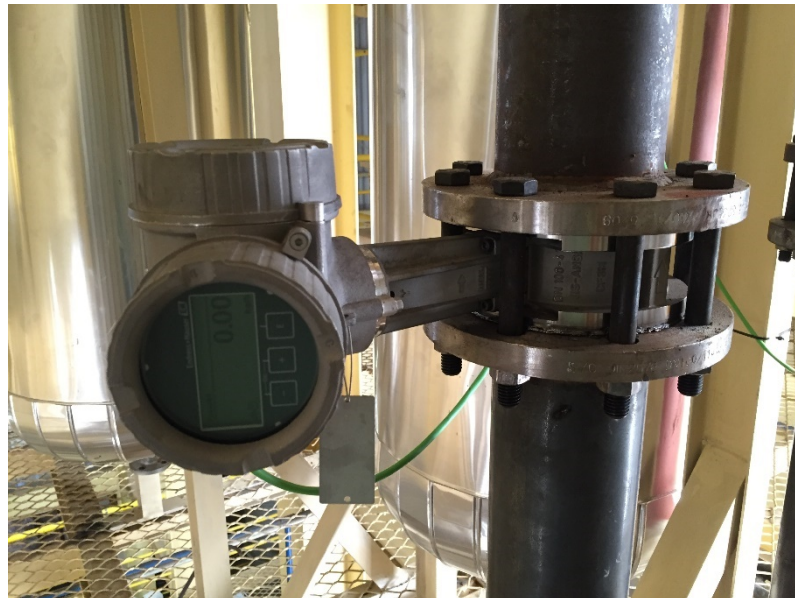


Fig.19 Medidor de Caudal a la entrada del sistema de regulación y secado (Endress & Hauser-Frango Rico-Brasil)

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

Realmente, lo que propone esta solución es un control de la temperatura del vapor que ingresa en el acondicionador, mediante el control de la presión del mismo, dado que esa temperatura, al transferir la máxima entalpía al pienso será la que permita una óptima gelatinización de éste y por ende, necesite menor consumo eléctrico en el pelletizador (menor resistencia de la masa de pienso a la prensada en los rodillos de la matriz de la granuladora y lógicamente menor par motor para el giro de dicha matriz) y un menor consumo de combustible en la caldera de vapor, pues se necesitará menor cantidad de vapor para alcanzar la temperatura objetivo en la masa de pienso, así como se obtendrán menores pérdidas energéticas (y lógicamente económicas) por paradas no deseadas del proceso debido a bloqueo de la matriz de la granuladora por exceso de agua en la mezcla (Fig.20)



Fig.20 Vista del interior de la matriz de la granuladora después de una parada por sobrecalentamiento del motor al tener el pienso baja calidad y taponar los orificios de salida (Granuladora Andritz en Frango Rico-Brasil)

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DEVAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

Por todo lo expuesto, con este sistema se consigue lo siguiente:

1.- Hacer llegar el torrente de vapor de agua a presión que viene de la caldera entre 7,5-9 bar, a un separador de gotas y micelas para realizar un primer “secado” de vapor en la fase de alta presión, y mejorar así el título de dicho vapor. Posteriormente, haciendo uso de un sistema de regulación automática mediante una válvula de control de alta precisión, la presión de dicho flujo de vapor se reducirá hasta un valor que oscilará en un rango de 1,5-3,0 bar para, a continuación, realizar un segundo “secado” que volverá a mejorar el título del vapor ya muy saturado y hacer llegar dicho flujo de vapor al acondicionador. Allí, dicho flujo de vapor transferirá prácticamente toda su entalpía y el agua que condense a la masa de pienso, hasta conseguir una temperatura del pienso entre 85-90°C. El esquema de esta solución se puede observar con detalle en el plano nº 3 de este documento.

2.- Al llegar con esa temperatura y una mejor humedad, el pienso compuesto se gelatiniza mucho mejor y presenta mucha menos resistencia al paso por los rodillos de la granuladora, con lo que el consumo eléctrico de dicha máquina se reduce considerablemente.

3.- Del mismo modo, al disponer de mejor temperatura en el punto de utilización el caudal de vapor necesario para conseguir la cocción de una masa fija de pienso compuesto es sensiblemente menor que en el caso de un sistema convencional, y ello supone un menor consumo de combustible en la caldera de vapor. Esto se demuestra en el apartado de Cálculos de este documento.

8. RESULTADOS FINALES

El sistema está diseñado para que funcione de la siguiente forma:

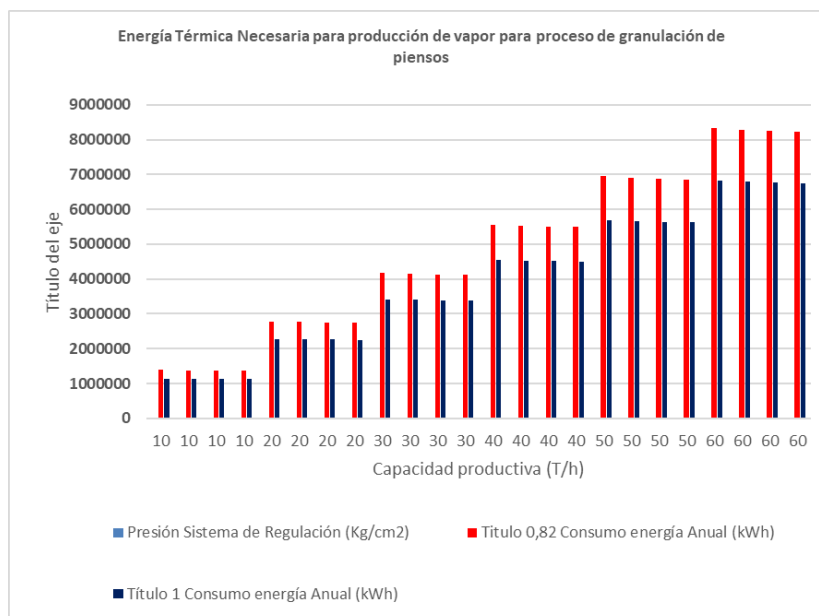
La unidad Scada recoge los siguientes datos (según el plano nº3):

- T , P y Q (caudal) antes del ingreso del vapor en el sistema de secado y regulación de vapor.
- P después de la salida de vapor del sistema de secado y regulación
- H humedad del pienso (%) antes de su ingreso en el acondicionador
- H humedad del pienso (%) a la entrada de la granuladora
- H humedad del pienso (%) a la salida del enfriador
- T temperatura del pienso a la entrada de la granuladora
- T temperatura del pienso a la salida de la granuladora
- I intensidad del motor de la Granuladora

Con la recopilación de estos datos, el algoritmo utilizará las ecuaciones del apartado 10.1 y presentará en pantalla las siguientes gráficas:

1) Consumo de energía térmica para producción de vapor

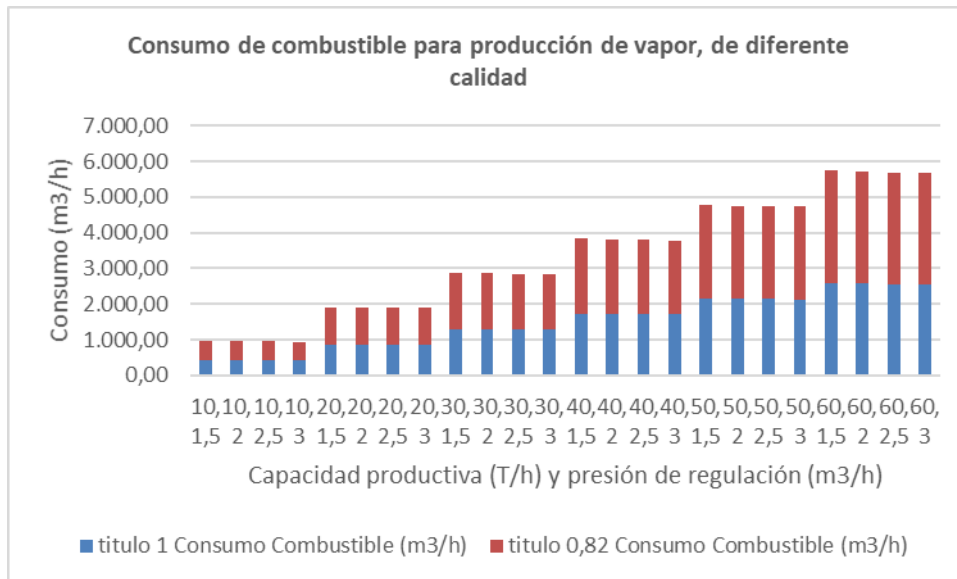
La Gráfica nº1 presenta la energía térmica necesaria para las distintas hipótesis de producción de pienso, de calidad de vapor y de presión en el sistema de regulación objeto de este TFM:



Gráfica.1 Comparación de necesidades térmicas para la producción de vapor con diferentes capacidades productivas y presiones de regulación para calidades de vapor con título 0,82 y título 1

2) Consumo de combustible en la caldera para producción de vapor

La Gráfica nº2 presenta la diferencia de consumos de combustible (Gas Natural G20) para producir el vapor necesario y con diferente calidad para las distintas hipótesis de producción de pienso, de calidad de vapor y de presión en el sistema de regulación objeto de este TFM:



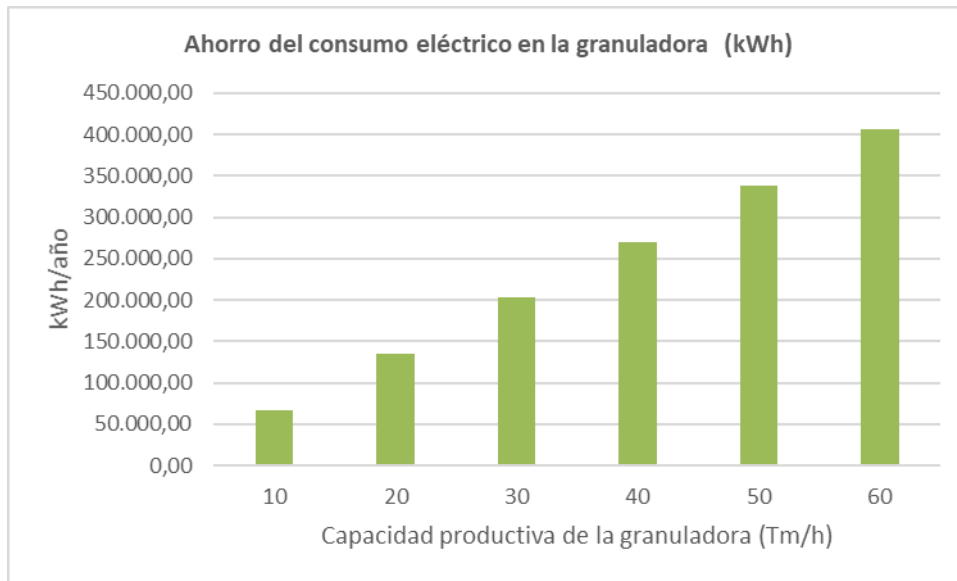
Gráfica.2 Comparación de necesidades de consumo de combustible para la producción de vapor de diferentes calidades con diferentes capacidades productivas y presiones de regulación.

Por lo que se observa en esta Gráfica nº2 las necesidades de combustible para producir vapor de agua en una planta de pienso granulado:

- Disminuyen tanto más cuando la calidad del vapor (título) es mejor en el punto de consumo (acondicionador)
- Disminuyen con el aumento de la presión de regulación en el punto de consumo (a mayor presión en el acondicionador, mayor entalpía transferida y menor necesidad de caudal de vapor para transferir la misma energía térmica)

3) Consumo y ahorro de energía eléctrica en la granuladora con el sistema de regulación diseñado

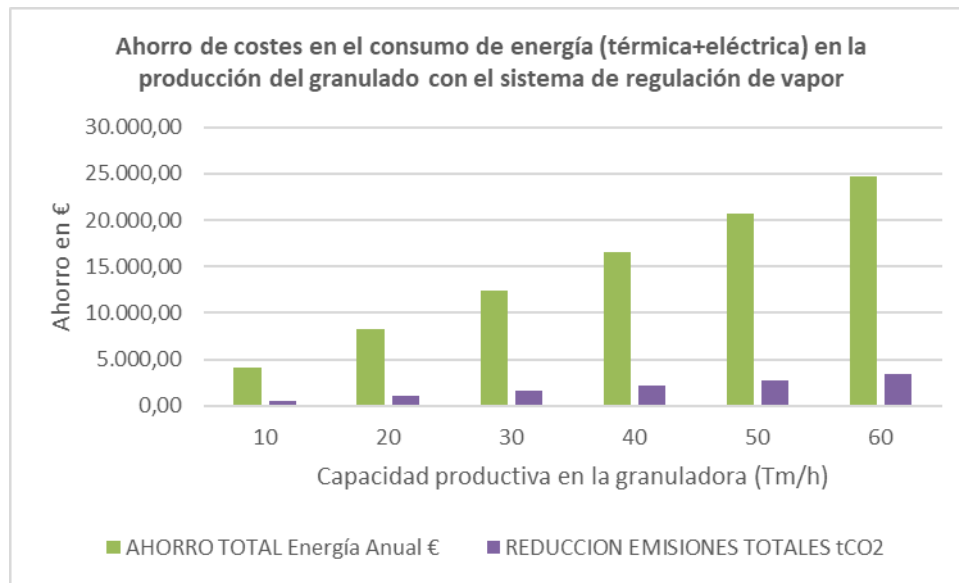
La Gráfica nº3 indica el ahorro en kWh que se consigue en la granuladora con el sistema de regulación diseñado en este trabajo que aporta un aumento de temperatura y humedad óptimos en el acondicionador:



Gráfica.3 *Ahorro de consumo de energía eléctrica para la hipótesis de funcionamiento óptimo en el sistema de regulación de la presión de vapor.*

4) Ahorro de costes económicos y de emisiones de GEI en la planta de producción de piensos con el sistema de regulación diseñado

La Gráfica nº4 indica el ahorro económico (ahorro económico en consumo de combustible en la caldera de vapor y de consumo de energía eléctrica en el motor de la granuladora) y de emisiones de CO₂ (por menor consumo de energía térmica y eléctrica) que se consigue en la planta de producción de piensos granulados con el sistema de regulación diseñado en este trabajo que aporta un aumento de temperatura y humedad óptimos en el acondicionador:



Gráfica.4 Ahorro de consumo de combustible en la cadera y de consumo de energía eléctrica en la granuladora

9. VIABILIDAD ECONÓMICA

A continuación, se presenta la Tabla nº2 con los ahorros económicos anuales que aporta la solución diseñada para 6 hipótesis diferentes de capacidad productiva de la planta de piensos y se calcula el período de retorno directo o payback (suponiendo los flujos de caja idénticos y constantes todos los años) de la inversión económica que supone la implantación de dicho sistema:

Capacidad productiva	AHORRO TOTAL	INVERSIÓN	PERÍODO DE
	Energía Anual	SISTEMA	RETORNO
T/h	€	€	Años
10	4.125,50	34.391,81	8,34
20	8.251,01	34.391,81	4,17
30	12.376,51	34.391,81	2,78
40	16.502,01	34.391,81	2,08
50	20.627,51	34.391,81	1,67
60	24.753,02	34.391,81	1,39

Tabla nº2 Análisis económico de la inversión en el sistema de regulación

Por lo anteriormente expuesto, el sistema diseñado se presenta como viable económicamente a partir de una producción por línea de 20 T/h puesto que se presenta un período de amortización inferior a 5 años, límite máximo para entender financieramente una inversión como viable económicamente.

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DEVAPOR DE AGUA UTILIZADAS
PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

ESCUELA SUPERIOR DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS EXPERIMENTALES

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD (PLAN 2018)

CÁLCULOS

10. CÁLCULOS

10.1. ECUACIONES UTILIZADAS

A continuación, se presentan y exponen las ecuaciones utilizadas en los diferentes cálculos cuyos resultados se exponen en las tablas de los siguientes apartados:

1.- Cantidad de calor necesario para elevar la temperatura del pienso:

$$Q = m_v \cdot C_p \cdot (T_2 - T_1)$$

Donde:

Q = Cantidad de calor aportado para elevar la T^a. (Cal)

m_v = masa de vapor necesaria (kg)

C_p = calor específico del pienso (Cal/kg.°C)

(T₂-T₁) = salto de temperatura a alcanzar (° C)

2.- Potencia Térmica requerida por la caldera para fabricar el vapor necesario:

$$P = (m \cdot (h_{\text{vapor}} - h_{\text{agua}})) / \eta$$

Donde:

P = Potencia térmica (kJ)

m = masa de vapor requerida (kg)

h_{vapor} = Entalpía del vapor kJ/kg

h_{agua} = Entalpía del agua saturada kJ/kg

η = rendimiento de la caldera (%)

3.- Ecuaciones para el cálculo de los separadores de nieblas y/o micelas de vapor:

Se diseña un sistema de separación del vapor de agua en dos fases, vapor y líquido y las ecuaciones de diseño son:

$$\text{Capacidad de gas} \quad D_i^2 = 500 \cdot K \cdot (T \cdot Q_g / P)$$

$$\text{Capacidad de líquido} \quad D_i^2 / h = T \cdot Q \cdot L / 0,12$$

Donde

h = altura del volumen de líquido, en centímetros.

D_i = Diámetro interior del recipiente, en centímetros

L = Longitud efectiva del recipiente donde ocurre la separación, en cm (para justificar por la turbulencia de ingreso y la ubicación de la boquilla de salida, el largo efectivo puede ser calculado aproximadamente en 0,75 veces el largo de costura a costura, L_s -s)

T = Temperatura, °C

Q_g = Tasa de flujo del gas,

P = Presión, Bar

K es una constante que depende de las propiedades del gas y el líquido y el tamaño de la gota a ser separada.

4.- Ecuación para el cálculo de los costes de combustible y de energía eléctrica:

Eligiendo para el sistema de este trabajo el combustible Gas Natural (G20), se tendrán en cuenta los siguientes parámetros para el cálculo del coste:

(PCI) Poder calorífico inferior Gas natural (G20): 39.620 kJ/m³

Coste de la energía primaria (sólo término variable Gas): 0,011638 €/kWh*

*El término variable de energía es el de una tarifa RLTB.5 ≤ 4 bar con consumo anual entre 300.000 < C < 1.500.000 kWh/año.

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

La ecuación para calcular el consumo de combustible en la caldera para producir vapor a una determinada presión es la siguiente:

$$Q_{GN} = \frac{P}{PC_{GN}}$$

Donde:

Q_{GN} : Consumo de combustible gas natural (m^3/h)

P: Potencia térmica requerida por la caldera (kW)

PC_{GN} : Poder calorífico inferior del gas natural (KJ/m^3)

La ecuación para calcular el consumo eléctrico del motor de la granuladora, que es donde realmente se reduce dicho consumo con este sistema será:

$$C_e = U * I * \text{Cos } \rho * Y = P * I$$

Donde:

C_e : Consumo eléctrico (kWh)

Y: Horas de continuidad ininterrumpida de consumo = (h)

U: Tensión del motor (V)

I: Intensidad del motor (A)

$\text{Cos } \rho = 0,8$

P: Potencia eléctrica consumida (W)

10.2. CAUDALES DE VAPOR NECESARIOS PARA PRODUCCIÓN DE PIENSO

A continuación, utilizando las ecuaciones 1 y 2 de cálculo del apartado anterior, se obtiene la tabla nº4, con los datos de diseño de la tabla nº3:

Hipótesis de diseño:	Valores	Unidad
Tª media de entrada de la mezcla de piensos:	30	°C
Tª óptima objetivo:	85	°C
Humedad media de entrada:	12,5	%
Humedad objetivo máxima:	16,50	%
Límite de Presión de vapor saturado seco mínimo:	1,5	Kg/cm ²
Límite de Presión de vapor saturado seco máximo:	3,0	Kg/cm ²
Calor específico de la mezcla de pienso estándar:	1.046,70	kJ/kg.°K
	0,25	kCal/kg °C
Factor de pérdidas por convección	1,7	constante
Título de vapor	1	constante
Capacidad productiva estándar 1	10	Tm/h
Capacidad productiva estándar 2	20	Tm/h
Capacidad productiva estándar 3	30	Tm/h
Capacidad productiva estándar 4	40	Tm/h
Capacidad productiva estándar 5	50	Tm/h
Capacidad productiva estándar 6	60	Tm/h

Tabla nº3 Datos de diseño para acondicionamiento con vapor de título 1

En primer lugar, se calcula la cantidad de energía necesaria que deberá aportar el vapor de agua saturado (en kJ/kg) para elevar la T del pienso desde los 30°C que tiene en el ingreso del acondicionar hasta los 85°C que es el Set Point requerido. Los resultados aparecen en la 4ª columna de la tabla nº4. Como se dispone de la entalpía del vapor saturado seco por tablas la cantidad de vapor necesario para transferir la citada energía se obtiene aplicando los valores de la tabla en la ecuación 2 del apartado anterior para conseguir los datos que se muestran en la columna nº6 de la tabla nº4.

Por último se aplica un coeficiente de seguridad que mayor la cantidad de vapor a producir en la caldera y cuya misión es prevenir las pérdidas por convección en el acondicionador, por enfriamiento del torrente de vapor con su propio condensado y por las fugas y defectos en el aislamiento.

Los resultados para un vapor con título 1, que es el que se consigue con el sistema objeto de este TFM es el de la tabla nº4.

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

Cálculo de la cantidad de vapor necesaria para transferir una ΔT a una mezcla de piensos (título 1)							
	Capacidad productiva	Presión Sistema de Regulación	Cantidad de Calor a transferir hipotético	Tª Vapor a la entrada acondicionador	Entalpía vapor seco	Cantidad de Vapor necesario hipotético	Cantidad de Vapor Diseño
	Tm/h	Kg/cm ²	kJ/kg	°C	kJ/kg	Kg/h	Kg/h
Hipótesis 01.1	10	1,5	575.685,00	111,40	2.693,30	213,75	363,37
Hipótesis 01.2	10	2,0	575.685,00	120,20	2.706,70	212,69	361,57
Hipótesis 01.3	10	2,5	575.685,00	127,40	2.716,90	211,89	360,21
Hipótesis 01.4	10	3,0	575.685,00	133,60	2.725,30	211,24	359,10
Hipótesis 02.1	20	1,5	1.151.370,00	111,40	2.693,30	427,49	726,74
Hipótesis 02.2	20	2,0	1.151.370,00	120,20	2.706,70	425,38	723,14
Hipótesis 02.3	20	2,5	1.151.370,00	127,40	2.716,90	423,78	720,43
Hipótesis 02.4	20	3,0	1.151.370,00	133,60	2.725,30	422,47	718,21
Hipótesis 03.1	30	1,5	1.727.055,00	111,40	2.693,30	641,24	1.090,11
Hipótesis 03.2	30	2,0	1.727.055,00	120,20	2.706,70	638,07	1.084,71
Hipótesis 03.3	30	2,5	1.727.055,00	127,40	2.716,90	635,67	1.080,64
Hipótesis 03.4	30	3,0	1.727.055,00	133,60	2.725,30	633,71	1.077,31
Hipótesis 04.1	40	1,5	2.302.740,00	111,40	2.693,30	854,99	1.453,48
Hipótesis 04.2	40	2	2.302.740,00	120,20	2.706,70	850,76	1.446,28
Hipótesis 04.3	40	2,5	2.302.740,00	127,40	2.716,90	847,56	1.440,85
Hipótesis 04.4	40	3,0	2.302.740,00	133,60	2.725,30	844,95	1.436,41
Hipótesis 05.1	50	1,5	2.878.425,00	111,40	2.693,30	1.068,74	1.816,85
Hipótesis 05.2	50	2,0	2.878.425,00	120,20	2.706,70	1.063,44	1.807,86
Hipótesis 05.3	50	2,5	2.878.425,00	127,40	2.716,90	1.059,45	1.801,07
Hipótesis 05.4	50	3,0	2.878.425,00	133,60	2.725,30	1.056,19	1.795,52
Hipótesis 06.1	60	1,5	3.454.110,00	111,40	2.693,30	1.282,48	2.180,22
Hipótesis 06.2	60	2,0	3.454.110,00	120,20	2.706,70	1.276,13	2.169,43
Hipótesis 06.3	60	2,5	3.454.110,00	127,40	2.716,90	1.271,34	2.161,28
Hipótesis 06.4	60	3,0	3.454.110,00	133,60	2.725,30	1.267,42	2.154,62

Tabla nº4 Necesidades térmicas en diferentes condiciones para acondicionamiento con vapor de título 1

Se realiza la misma operación, pero con un vapor de baja calidad, título 0,82 y con los mismos datos de diseño (tablas 5 y 6):

Hipótesis de diseño:	Valores	Unidad
Tª media de entrada de la mezcla de piensos:	30	°C
Tª óptima objetivo:	85	°C
Humedad media de entrada:	12,5	%
Humedad objetivo máxima:	16,50	%
Límite de Presión de vapor saturado seco mínimo:	1,5	Kg/cm ²
Límite de Presión de vapor saturado seco máximo:	3,0	Kg/cm ²
Calor específico de la mezcla de pienso estándar:	1.046,70	kJ/kg.°K
	0,25	kCal/kg °C
Factor de pérdidas por convección	1,7	constante
Título de vapor	0,82	constante
Capacidad productiva estándar 1	10	Tm/h
Capacidad productiva estándar 2	20	Tm/h
Capacidad productiva estándar 3	30	Tm/h
Capacidad productiva estándar 4	40	Tm/h
Capacidad productiva estándar 5	50	Tm/h
Capacidad productiva estándar 6	60	Tm/h

Tabla nº5 Datos de diseño para acondicionamiento con vapor de título 0,82

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

En este caso, hay un caudal másico de agua condensada que se mezcla con el pienso además del vapor que tiene una entalpía mucho menor que la del vapor saturado y que deberá ser tenida en cuenta en el cálculo (caudal másico de vapor saturado*entalpía vapor saturado + caudal másico de agua saturada*entalpía de agua saturada). Los resultados, aparecen en la tabla nº6:

Cálculo de la cantidad de vapor necesaria para transferir una ΔT a una mezcla de piensos TITULO = 0,82									
	Capacidad productiva	Presión Sistema de Regulación	Cantidad de Calor a transferir hipotético	Tº Vapor a la entrada acondicionador	Caudal másico agua entregada acondicionador	Entalpía vapor entregada	Entalpía agua saturada entregada	Cantidad de Vapor hipotético	Cantidad de Vapor Diseño
	Tm/h	Kg/cm ²	kJ/kg	ºC	kg/h	kJ/kg	kJ/kg	Kg/h	Kg/h
Hipótesis 01.1	10	1,5	575.685,00	111,40	400,00	2.693,30	110,99	260,67	443,13
Hipótesis 01.2	10	2,0	575.685,00	120,20	400,00	2.706,70	119,94	259,38	440,94
Hipótesis 01.3	10	2,5	575.685,00	127,40	400,00	2.716,90	127,20	258,40	439,28
Hipótesis 01.4	10	3,0	575.685,00	133,60	400,00	2.725,30	133,40	257,61	437,93
Hipótesis 02.1	20	1,5	1.151.370,00	111,40	400,00	2.693,30	110,99	521,33	886,27
Hipótesis 02.2	20	2,0	1.151.370,00	120,20	800,00	2.706,70	119,94	518,75	881,88
Hipótesis 02.3	20	2,5	1.151.370,00	127,40	800,00	2.716,90	127,20	516,81	878,57
Hipótesis 02.4	20	3,0	1.151.370,00	133,60	800,00	2.725,30	133,40	515,21	875,86
Hipótesis 03.1	30	1,5	1.727.055,00	111,40	800,00	2.693,30	110,99	782,00	1.329,40
Hipótesis 03.2	30	2,0	1.727.055,00	120,20	1.200,00	2.706,70	119,94	778,13	1.322,82
Hipótesis 03.3	30	2,5	1.727.055,00	127,40	1.200,00	2.716,90	127,20	775,21	1.317,85
Hipótesis 03.4	30	3,0	1.727.055,00	133,60	1.200,00	2.725,30	133,40	772,82	1.313,79
Hipótesis 04.1	40	1,5	2.302.740,00	111,40	1.200,00	2.693,30	110,99	1.042,67	1.772,54
Hipótesis 04.2	40	2	2.302.740,00	120,20	1.600,00	2.706,70	119,94	1.037,51	1.763,76
Hipótesis 04.3	40	2,5	2.302.740,00	127,40	1.600,00	2.716,90	127,20	1.033,61	1.757,14
Hipótesis 04.4	40	3,0	2.302.740,00	133,60	1.600,00	2.725,30	133,40	1.030,43	1.751,72
Hipótesis 05.1	50	1,5	2.878.425,00	111,40	1.600,00	2.693,30	110,99	1.303,34	2.215,67
Hipótesis 05.2	50	2	2.878.425,00	120,20	2.000,00	2.706,70	119,94	1.296,88	2.204,70
Hipótesis 05.3	50	2,5	2.878.425,00	127,40	2.000,00	2.716,90	127,20	1.292,01	2.196,42
Hipótesis 05.4	50	3,0	2.878.425,00	133,60	2.000,00	2.725,30	133,40	1.288,03	2.189,65
Hipótesis 06.1	60	1,5	3.454.110,00	111,40	2.000,00	2.693,30	110,99	1.564,00	2.658,81
Hipótesis 06.2	60	2	3.454.110,00	120,20	2.400,00	2.706,70	119,94	1.556,26	2.645,64
Hipótesis 06.3	60	2,5	3.454.110,00	127,40	2.400,00	2.716,90	127,20	1.550,42	2.635,71
Hipótesis 06.4	60	3,0	3.454.110,00	133,60	2.400,00	2.725,30	133,40	1.545,64	2.627,59

Tabla nº6 Necesidades térmicas en diferentes condiciones para acondicionamiento con vapor de título 0,82

10.3. COSTE ENERGÉTICO DE PRODUCCIÓN DE VAPOR

A continuación, se realiza una tabla con el cálculo del coste que supone en los dos casos de las tablas anteriores, producir el vapor requerido, para ello se supone que todo el condensado que se aloja en los separadores de nieblas se recupera como agua de aporte a la caldera cuyo retorno se hará lógicamente a la temperatura de agua condensada menos las pérdidas en transporte y enfriamiento tomando un dato lógico de 84ºC y que la producción de ésta se debe ajustar a vapor saturado seco (título 1) y 8 Bar de presión de ejercicio. El rendimiento de la caldera, que no se considera nueva, es del 82%.

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

En este caso se necesitan los siguientes datos para aplicar la ecuación 4 del apartado anterior, para calcular el gasto de energía, tabla nº7:

Entalpía de vapor saturado seco a 168,60°C (8,0 bar)	2.769,10	KJ/kg
Entalpía de agua saturada a 85°C (0,6 bar)	359,86	KJ/kg
Rendimiento del quemador de la caldera	82%	
Tiempo de funcionamiento del quemador	16	h/día

Tabla nº7 Datos térmicos y de rendimiento necesarios para el cálculo de la energía térmica

Aplicando las ecuaciones con estos datos y los de las tablas 4 y 6 se obtienen las siguientes tablas nº8 y nº9:

Cálculo de la potencia térmica necesaria para generar el vapor para transferir una ΔT a una mezcla de piensos (título 1)									
	Capacidad	Presión	Cantidad de	Tª Vapor a la	Entalpía	Cantidad de	Cantidad de	Potencia	Energía Térmica
	productiva	Sistema de	Calor a transferir	entrada	vapor seco	Vapor necesario	Vapor	térmica necesaria	Consumida
	Tm/h	Regulación	hipotético	acondicionador	kJ/kg	hipotético	Diseño	caldera	diaria
	Kg/cm ²	kJ/kg	°C			Kg/h	Kg/h	kW	kWh
Hipótesis 01.1	10	1,5	575.685,00	111,40	2.693,30	213,75	363,37	296,56	4.744,96
Hipótesis 01.2	10	2,0	575.685,00	120,20	2.706,70	212,69	361,57	295,09	4.721,47
Hipótesis 01.3	10	2,5	575.685,00	127,40	2.716,90	211,89	360,21	293,98	4.703,75
Hipótesis 01.4	10	3,0	575.685,00	133,60	2.725,30	211,24	359,10	293,08	4.689,25
Hipótesis 02.1	20	1,5	1.151.370,00	111,40	2.693,30	427,49	726,74	593,12	9.489,93
Hipótesis 02.2	20	2,0	1.151.370,00	120,20	2.706,70	425,38	723,13	590,18	9.442,94
Hipótesis 02.3	20	2,5	1.151.370,00	127,40	2.716,90	423,78	720,43	587,97	9.407,49
Hipótesis 02.4	20	3,0	1.151.370,00	133,60	2.725,30	422,47	718,21	586,16	9.378,50
Hipótesis 03.1	30	1,5	1.727.055,00	111,40	2.693,30	641,24	1.090,11	889,68	14.234,89
Hipótesis 03.2	30	2,0	1.727.055,00	120,20	2.706,70	638,07	1.084,71	885,28	14.164,42
Hipótesis 03.3	30	2,5	1.727.055,00	127,40	2.716,90	635,67	1.080,64	881,95	14.111,24
Hipótesis 03.4	30	3,0	1.727.055,00	133,60	2.725,30	633,71	1.077,31	879,23	14.067,74
Hipótesis 04.1	40	1,5	2.302.740,00	111,40	2.693,30	854,99	1.453,48	1.186,24	18.979,85
Hipótesis 04.2	40	2	2.302.740,00	120,20	2.706,70	850,76	1.446,28	1.180,37	18.885,89
Hipótesis 04.3	40	2,5	2.302.740,00	127,40	2.716,90	847,56	1.440,85	1.175,94	18.814,98
Hipótesis 04.4	40	3,0	2.302.740,00	133,60	2.725,30	844,95	1.436,41	1.172,31	18.756,99
Hipótesis 05.1	50	1,5	2.878.425,00	111,40	2.693,30	1.068,74	1.816,85	1.482,80	23.724,81
Hipótesis 05.2	50	2,0	2.878.425,00	120,20	2.706,70	1.063,44	1.807,86	1.475,46	23.607,36
Hipótesis 05.3	50	2,5	2.878.425,00	127,40	2.716,90	1.059,45	1.801,07	1.469,92	23.518,73
Hipótesis 05.4	50	3,0	2.878.425,00	133,60	2.725,30	1.056,19	1.795,52	1.465,39	23.446,24
Hipótesis 06.1	60	1,5	3.454.110,00	111,40	2.693,30	1.282,48	2.180,22	1.779,36	28.469,78
Hipótesis 06.2	60	2,0	3.454.110,00	120,20	2.706,70	1.276,13	2.169,43	1.770,55	28.328,83
Hipótesis 06.3	60	2,5	3.454.110,00	127,40	2.716,90	1.271,34	2.161,28	1.763,90	28.222,48
Hipótesis 06.4	60	3,0	3.454.110,00	133,60	2.725,30	1.267,42	2.154,62	1.758,47	28.135,49

Tabla nº8 Datos térmicos y de consumo energético para producir vapor título 1

Las últimas dos columnas de las tablas nº8 y de la nº9 exponen la potencia térmica necesaria de la caldera y la energía térmica consumida por dicha caldera para producir el vapor necesario para el acondicionamiento según las diferentes producciones.

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

Cálculo de la potencia térmica necesaria para generar el vapor para transferir una ΔT a una mezcla de piensos TITULO = 0,82											
	Capacidad productiva	Presión	Cantidad de	Tº Vapor a la	Caudal másico	Entalpía	Entalpía	Cantidad de	Cantidad de	Potencia	Energía Térmica
	Tm/h	Sistema de Regulación	Calor a transferir hipotético	entrada acondicionador	agua entregada acondicionador	vapor entregada	agua saturada entregada	Vapor hipotético	Vapor Diseño	térmica horaria caldera	Consumida diaria
	Tm/h	Kg/cm ²	kJ/kg	ºC	kg/h	kJ/kg	kJ/kg	Kg/h	Kg/h	kWh	kWh
Hipótesis 01.1	10	1,5	575.685,00	111,40	400,00	2.693,30	110,99	260,67	443,13	361,66	5.786,54
Hipótesis 01.2	10	2,0	575.685,00	120,20	400,00	2.706,70	119,94	259,38	440,94	359,87	5.757,89
Hipótesis 01.3	10	2,5	575.685,00	127,40	400,00	2.716,90	127,20	258,40	439,28	358,52	5.736,28
Hipótesis 01.4	10	3,0	575.685,00	133,60	400,00	2.725,30	133,40	257,61	437,93	357,41	5.718,60
Hipótesis 02.1	20	1,5	1.151.370,00	111,40	400,00	2.693,30	110,99	521,33	886,27	723,32	11.573,08
Hipótesis 02.2	20	2,0	1.151.370,00	120,20	800,00	2.706,70	119,94	518,75	881,88	719,74	11.515,79
Hipótesis 02.3	20	2,5	1.151.370,00	127,40	800,00	2.716,90	127,20	516,81	878,57	717,03	11.472,55
Hipótesis 02.4	20	3,0	1.151.370,00	133,60	800,00	2.725,30	133,40	515,21	875,86	714,82	11.437,19
Hipótesis 03.1	30	1,5	1.727.055,00	111,40	800,00	2.693,30	110,99	782,00	1.329,40	1.084,98	17.359,62
Hipótesis 03.2	30	2,0	1.727.055,00	120,20	1.200,00	2.706,70	119,94	778,13	1.322,82	1.079,60	17.273,68
Hipótesis 03.3	30	2,5	1.727.055,00	127,40	1.200,00	2.716,90	127,20	775,21	1.317,85	1.075,55	17.208,83
Hipótesis 03.4	30	3,0	1.727.055,00	133,60	1.200,00	2.725,30	133,40	772,82	1.313,79	1.072,24	17.155,79
Hipótesis 04.1	40	1,5	2.302.740,00	111,40	1.200,00	2.693,30	110,99	1.042,67	1.772,54	1.446,63	23.146,16
Hipótesis 04.2	40	2	2.302.740,00	120,20	1.600,00	2.706,70	119,94	1.037,51	1.763,76	1.439,47	23.031,57
Hipótesis 04.3	40	2,5	2.302.740,00	127,40	1.600,00	2.716,90	127,20	1.033,61	1.757,14	1.434,07	22.945,10
Hipótesis 04.4	40	3,0	2.302.740,00	133,60	1.600,00	2.725,30	133,40	1.030,43	1.751,72	1.429,65	22.874,38
Hipótesis 05.1	50	1,5	2.878.425,00	111,40	1.600,00	2.693,30	110,99	1.303,34	2.215,67	1.808,29	28.932,70
Hipótesis 05.2	50	2	2.878.425,00	120,20	2.000,00	2.706,70	119,94	1.296,88	2.204,70	1.799,34	28.789,46
Hipótesis 05.3	50	2,5	2.878.425,00	127,40	2.000,00	2.716,90	127,20	1.292,01	2.196,42	1.792,59	28.681,38
Hipótesis 05.4	50	3,0	2.878.425,00	133,60	2.000,00	2.725,30	133,40	1.288,03	2.189,65	1.787,06	28.592,98
Hipótesis 06.1	60	1,5	3.454.110,00	111,40	2.000,00	2.693,30	110,99	1.564,00	2.658,81	2.169,95	34.719,24
Hipótesis 06.2	60	2	3.454.110,00	120,20	2.400,00	2.706,70	119,94	1.556,26	2.645,64	2.159,21	34.547,36
Hipótesis 06.3	60	2,5	3.454.110,00	127,40	2.400,00	2.716,90	127,20	1.550,42	2.635,71	2.151,10	34.417,65
Hipótesis 06.4	60	3,0	3.454.110,00	133,60	2.400,00	2.725,30	133,40	1.545,64	2.627,59	2.144,47	34.311,57

Tabla nº9

Datos térmicos y de consumo energético para producir vapor título 0,82

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

10.4. AHORRO DE COSTE EN PRODUCCIÓN DE VAPOR CON LA MEJORA.

La tabla nº12, muestra el ahorro de coste en consumo de gas natural, y los datos introducidos en ella provienen de las tablas nº8 y nº9 (potencia térmica necesaria en la caldera y energía térmica consumida diaria) y de introducir los datos de la tabla nº11 (las emisiones de gas natural se han tomado del Registro de Huella de Carbono, Compensación y proyectos de absorción de CO₂ del MITECO, fecha abril 2021 y versión 17) en la ecuación 4ª del apartado 10.1:

Poder calorífico del gas Natural	39.620,0	KJ/m3
Precio del Gas Natural	0,011638	€/kWh
Emisiones de Gas Natural	0,182	kg CO2/kWh

Tabla nº11 Datos para el cálculo del coste productivo

AHORRO CONSUMO ANUAL DE ENERGÍA TÉRMICA TITULO 0,82 vs TITULO 1							
		TÍTULO 0,82		TITULO 1			
	Capacidad productiva	Presión Sistema de Regulación	Título 0,82 Consumo energía Anual	Título 1 Consumo energía Anual	AHORRO energía Anual	AHORRO Gas Natural Anual	REDUCCIÓN EMISIONES Anual
	Tm/h	(Kg/cm2)	(kWh)	(kWh)	kWh	€	tCO2
Hipótesis 01.1	10	1,5	1.388.769,56	1.138.791,04	249.978,52	2.909,25	252,76
Hipótesis 01.2	10	2,0	1.381.894,21	1.133.153,25	248.740,96	2.894,85	251,50
Hipótesis 01.3	10	2,5	1.376.706,19	1.128.899,08	247.807,11	2.883,98	250,56
Hipótesis 01.4	10	3,0	1.372.462,87	1.125.419,55	247.043,32	2.875,09	249,79
Hipótesis 02.1	20	1,5	2.777.539,11	2.277.582,07	499.957,04	5.818,50	505,51
Hipótesis 02.2	20	2,0	2.763.788,41	2.266.306,50	497.481,91	5.789,69	503,01
Hipótesis 02.3	20	2,5	2.753.412,38	2.257.798,15	495.614,23	5.767,96	501,12
Hipótesis 02.4	20	3,0	2.744.925,73	2.250.839,10	494.086,63	5.750,18	499,58
Hipótesis 03.1	30	1,5	4.166.308,67	3.416.373,11	749.935,56	8.727,75	758,27
Hipótesis 03.2	30	2,0	4.145.682,62	3.399.459,75	746.222,87	8.684,54	754,51
Hipótesis 03.3	30	2,5	4.130.118,57	3.386.697,23	743.421,34	8.651,94	751,68
Hipótesis 03.4	30	3,0	4.117.388,60	3.376.258,65	741.129,95	8.625,27	749,36
Hipótesis 04.1	40	1,5	5.555.078,23	4.555.164,15	999.914,08	11.637,00	1.011,02
Hipótesis 04.2	40	2	5.527.576,82	4.532.613,00	994.963,83	11.579,39	1.006,02
Hipótesis 04.3	40	2,5	5.506.824,76	4.515.596,30	991.228,46	11.535,92	1.002,24
Hipótesis 04.4	40	3,0	5.489.851,46	4.501.678,20	988.173,26	11.500,36	999,15
Hipótesis 05.1	50	1,5	6.943.847,78	5.693.955,18	1.249.892,60	14.546,25	1.263,78
Hipótesis 05.2	50	2,0	6.909.471,03	5.665.766,25	1.243.704,79	14.474,24	1.257,52
Hipótesis 05.3	50	2,5	6.883.530,95	5.644.495,38	1.239.035,57	14.419,90	1.252,80
Hipótesis 05.4	50	3,0	6.862.314,33	5.627.097,75	1.235.216,58	14.375,45	1.248,94
Hipótesis 06.1	60	1,5	8.332.617,34	6.832.746,22	1.499.871,12	17.455,50	1.516,54
Hipótesis 06.2	60	2,0	8.291.365,24	6.798.919,49	1.492.445,74	17.369,08	1.509,03
Hipótesis 06.3	60	2,5	8.260.237,14	6.773.394,46	1.486.842,69	17.303,88	1.503,36
Hipótesis 06.4	60	3,0	8.234.777,19	6.752.517,30	1.482.259,89	17.250,54	1.498,73

Tabla nº12 Datos del ahorro de energía térmica y económico en combustible

10.5. AHORRO DE COSTE ENERGÉTICO EN CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA GRANULACIÓN

En este cálculo, el sistema diseñado obtendría el consumo amperimétrico del motor de la granuladora y por aplicación de la ecuación 5 del apartado 10.1, correspondiente al consumo energético de energía eléctrica se obtendría una tabla de consumos antes y después de la instalación del sistema aquí descrito. De forma teórica, y según la información de revistas y artículos técnicos, (se puede demostrar por estudios que un aumento de 2% de humedad supone 10% de aumento de la gelatinización y, por lo tanto, un ahorro de energía en consumo eléctrico que puede oscilar en un 7-10% del consumo eléctrico) se ha elaborado la siguiente tabla nº13 basada en los cálculos realizados en las tablas anteriores y en la hipótesis que se describe en este párrafo más arriba:

AHORRO ENERGÍA ELÉCTRICA					
Capacidad productiva	Consumo eléctrico	Humedad añadida	AHORRO consumo eléctrico	AHORRO Energía Eléctrica Anual	REDUCCION EMISIONES por electricidad
Tm/h	kWh/año	%	kWh	€	tCO2
10	483.072,00	4,00	67.630,08	1.250,41	312,60
20	966.144,00	4,00	135.260,16	2.500,83	625,21
30	1.449.216,00	4,00	202.890,24	3.751,24	937,81
40	1.932.288,00	4,00	270.520,32	5.001,65	1.250,41
50	2.415.360,00	4,00	338.150,40	6.252,06	1.563,02
60	2.898.432,00	4,00	405.780,48	7.502,48	1.875,62

Tabla nº13 Datos del ahorro de energía eléctrica y las emisiones

Para la elaboración de la tabla anterior se han utilizado los valores de la tabla siguiente (tabla nº14):

Consumo eléctrico por tonelada en la granuladora	12,58	kWh/Tm(*)
Precio del término de energía (Tarifa B.T. P>15kW	0,018489	€/kWh
Emisiones por energía eléctrica (**)	0,25	kg CO2/kWh
(*) Estudio de Tesla alimentaria		
(**)Fuente: CNMC (Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia)		

Tabla nº14 Datos para el cálculo del ahorro energético eléctrico

10.6. CÁLCULOS SEPARADORES DE NIEBLAS.

Para todos los cálculos de resistencia de las partes sometidas a presión, y de acuerdo con el código AD 2000-Merkblatt, y las especificaciones de los apartados 2.1 y 2.2 del anexo I de la Directiva 97/23/CE, se han tomado los siguientes valores:

DATOS	VALOR	UNIDAD
Presión de servicio p_o	1,5	bar
Presión máxima admisible PS	5	bar
Presión de diseño p_d	5	bar
Presión de cálculo p_c	5	bar
Presión de prueba PT	8	bar
Temperatura máxima admisible $TS_{máx}$	158,1	° C
Temperatura mínima admisible $TS_{mín}$	0	° C
Temperatura de prueba t_t	≤ 50	° C
Temperaturas de cálculo t_c	200	° C
Sobreespesor por fabricación C_1	0,5	mm
Sobreespesor por corrosión C_2	1	mm
Coefficientes de resistencia juntas V_N	0,85	
Factor de seguridad en condición de servicio S	1,5	
Factor de seguridad en condición de prueba S'	1,05	

Tabla nº 15 Datos de diseño para el cálculo de los separadores de nieblas de vapor

Los cálculos sirven para el separador de Alta presión y el de Baja presión.

TEMPERATURA DE DISEÑO

La temperatura de diseño (**T**) será como mínimo igual a la temperatura más alta del medio de calentamiento.

TEMPERATURA DE CÁLCULO		
ELEMENTO	Temperatura de diseño T °C	Temperatura adoptada T °C
Envolvente, fondos y tubuladuras en depósito	200	200

Tabla nº 16 Datos de diseño para el cálculo de los separadores de nieblas de vapor

Para la temperatura de diseño **T** adoptada y según el material seleccionado se obtendrán los límites elásticos admisibles que se indican en la tabla siguiente:

Tipo de acero	Norma	Límite elástico K' a temperatura 20º C N/mm ²	Límite elástico K al 0,2 % a temperatura T °C N/mm ²
A106 Gr B	ASTM	255	205
P265GH	EN 10028-2	265	205

Tabla nº 17 Norma de fabricación para el acero de los separadores de nieblas de vapor

ENVOLVENTE CILÍNDRICA Y TUBULADURAS (AD-M-B1)

El cálculo del espesor referente a envolventes y tubos cilíndricos sometidos a presión interior se realiza de acuerdo con las expresiones de AD-M-B1.

Las reglas de diseño de este AD-M, se aplican a cilindros donde $D_o / D_i \leq 1,2$:

$$s = (D_o \cdot P_d / ((20 \cdot K \cdot V / S) + P_d) + C_1 + C_2$$

Siendo:

s = espesor mínimo requerido, en mm

D_o = diámetro exterior de la envolvente, en mm

S = coeficiente de seguridad

P_d = presión de diseño, en bar

K = límite elástico a temperatura de cálculo, en N/mm²

V = eficiencia de soldadura

S_e = espesor real adoptado, en mm

$C_1 + C_2$ = sobreespesor corrosion

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

Material: Acero P265GH						
P_d bar	K N/mm ²	D_a mm	V	C_1+C_2 mm	s mm	S_e mm
5	195	850	0,85	1,5	3,42	8

Tabla nº 18 Datos para fabricación de los separadores de nieblas de vapor

COMPROBACIÓN DEL ESPESOR EN CONDICIONES DE PRUEBA HIDROSTÁTICA

El espesor mínimo requerido en condiciones de prueba hidrostática será:

$$s' = (D_a \cdot P_T / ((20 K' \cdot V / S') + P_T))$$

Siendo:

s' = espesor mínimo requerido en condiciones de prueba, en mm

D_a = diámetro exterior de la envolvente, en mm

S' = coeficiente de seguridad en condiciones de prueba.

P_T = presión de prueba hidrostática, en bar

K = límite elástico mínimo del material, a 20°C, en N/mm²

v = eficiencia de soldadura

S_e = espesor real adoptado, en mm

Material: Acero P265GH					
P_T bar	K' N/mm ²	D_a mm	V	s' mm	$S_e - (C_1+C_2)$ mm
8	265	850	0,85	1,58	6,55

Tabla nº 19 Datos para fabricación de los separadores de nieblas de vapor

TUBULADURAS

Las reglas de diseño de este AD-M, aplican a tubos fabricados con materiales dúctiles de $D_a \leq 200$ mm y $D_a / D_i \leq 1,7$ sujetos a presión interna.

Todas las tubuladuras cumplen las dos condiciones anteriores. El espesor de pared requerido viene dado por la ecuación:

$$s = (D_a \cdot P_d / ((20 K \cdot V / S) + P_d) + C_1 + C_2$$

Siendo:

s = espesor mínimo requerido, en mm

D_a = diámetro exterior de la envolvente, en mm

S = coeficiente de seguridad

P_d = presión de diseño, en bar

K = límite elástico a temperatura de cálculo, en N/mm²

V = eficiencia de soldadura

S_s = espesor real adoptado, en mm

C_1+C_2 = sobreespesor *corrosion*

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

Material: Acero A106 GrB								
P_d bar	S	V	K N/mm ²	C_1+C_2 mm	DN	D_a mm	s mm	S_e mm
5	1,5	0,85	195	1,5	25	33,40	1,57	3,38
					150	168,27	1,86	7,11

Tabla nº 20 Datos para fabricación de las tubuladuras de los separadores de nieblas de vapor

FONDOS A PRESIÓN INTERNA (AD-M-B3)

Para fondos toro esférico tipo Klopper ($R = D_a$) sometidos a presión interna, se aplica la fórmula siguiente:

$$s = (D_a \cdot P_d \cdot \beta / (40 \cdot K \cdot V / S)) + C_1 + C_2$$

Siendo:

s = espesor mínimo requerido, en mm

D_a = diámetro exterior del fondo, en mm

S = coeficiente de seguridad

P_d = presión de diseño, en bar

K = límite elástico a temperatura de cálculo, en N/mm²

V = eficiencia de soldadura

S_e = espesor real adoptado, en mm

d_i = diámetro interior de la tubuladura exterior a la zona: $0,6 D_a$

β = factor de diseño según fig.8 para fondos tipo Korboggen

C_1+C_2 = sobreespesor corrosion

Material: Acero A234WPB								
P_d bar	K N/mm ²	D_a mm	d_i mm	β	V	C_1+C_2 mm	s mm	S_e mm
5	195	850	0	2,8	0,85	1,5	4,19	8

Tabla nº 21 Datos para fabricación de fondos de los separadores de nieblas de vapor

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

COMPROBACIÓN EN CONDICIONES DE PRUEBA HIDROSTÁTICA

El espesor mínimo requerido en condiciones de prueba hidrostática será:

$$s = (D_a \cdot P_T \cdot \beta / (40 \cdot K' \cdot V / S'))$$

Siendo:

s' = espesor mínimo requerido en condiciones de prueba, en mm

D_a = diámetro exterior del tubo, en mm

S' = coeficiente de seguridad en condiciones de prueba.

P_T = presión de prueba hidrostática, en bar

K' = límite elástico mínimo del material, a 20°C, en N/mm²

V = eficiencia de soldadura

S_e = espesor real adoptado, en mm

Material: Acero P265GH						
P_T bar	K' N/mm ²	D_a mm	β	V	s' mm	$S_e - (C_1 + C_2)$ mm
8	265	850	2,8	0,85	2,22	6,05

Tabla nº 22 Datos para prueba hidrostática de los separadores de nieblas de vapor

CÁLCULO DE ABERTURAS (AD-M-B9)

El acumulador va provisto de las siguientes aberturas con sus correspondientes tubuladuras:

POSICIÓN	CANTIDAD	DN	SERVICIO
01	1	150	ENTRADA DE VAPOR
02	1	150	SALIDA DE VAPOR
03	1	25	VACIADO

Tabla nº 23 Dimensiones y cantidad de aberturas de los separadores de nieblas de vapor

En resumen, las aberturas/tubuladuras a considerar para cálculo son las siguientes:

MATERIAL: Acero A106GrB / Acero A106GrB		
Diámetro, DN	Espesor, Ss	Diámetro, di
25	3,38	26,64
150	7,11	154,05

Tabla nº 24 Dimensiones y cantidad de aberturas de los separadores de nieblas de vapor

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

Para el cálculo de las aberturas se deberá cumplir:

$$0,002 \leq (S_e - C_1 - C_2) / D_a \leq 0,1 \quad \text{y} \quad d_i / D_a \leq 0,8$$

Realizadas las comprobaciones para cada una de las aberturas, estas cumplen con las dos condiciones exigidas.

ESPESOR REQUERIDO EN EL BORDE DE LA ABERTURA

El espesor requerido en el borde de la abertura viene dado por las ecuaciones siguientes:

Para envolventes cilíndricas:

$$S_A = (D_a \cdot P_d) / ((20 \cdot K \cdot V_A / S) + P_d) + C_1 + C_2$$

Para envolventes esféricas:

$$S_A = (D_a \cdot P_d) / ((40 \cdot K \cdot V_A / S) + P_d) + C_1 + C_2$$

Siendo:

s = espesor mínimo requerido, en mm

D_a = diámetro exterior de la envolvente, en mm

S = coeficiente de seguridad

P_d = presión de diseño, en bar

K = límite elástico a temperatura de cálculo, en N/mm²

V_A = factor de debilitamiento

S_e = espesor real adoptado, en mm

$C_1 + C_2$ = *sobreepesor corrosion*

El factor de debilitamiento V_A para envolvente con tubuladura radial, viene determinado según AD 2000 por la Fig.7b.

ABERTURAS EN LA ENVOLVENTE									
P_d bar	K N/mm ²	D_a mm	S_v mm	$C_1 + C_2$ mm	DN	d_i mm	S_s mm	V_A	S_A mm
5	195	850	8	1,5	150	154,05	7,11	0,73	3,73

ABERTURAS EN EL FONDO									
P_d bar	K N/mm ²	D_a mm	S_v mm	$C_1 + C_2$ mm	DN	d_i mm	S_s mm	V_A	S_A mm
5	195	850	8	1,5	25	26,64	3,38	0,62	4,16

Tabla nº 25 Dimensiones de aberturas de los separadores de nieblas de vapor

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

CÁLCULO DEL VOLUMEN

Para el cálculo del volumen de los distintos componentes, se aplican las ecuaciones que se indica a continuación:

$$V = \pi \cdot D_i^2 \cdot L / 4$$

Volumen cilindro

$$V = 0,1 \cdot D_i^3$$

Volumen del fondo

Donde: D_i = Diámetro interior, en m. V = Volumen, en m^3 . L = longitud en m.

VOLUMEN DEL SEPARADOR DE VAPOR

Para el cálculo de los volúmenes se parte de los siguientes datos:

DATOS DE CÁLCULO	UNIDAD	VALOR
Diámetro interior de la envolvente	m	0,834
Longitud de la envolvente	m	1,4
Diámetro interior de fondos	m	0,834
Longitud de la parte recta de fondos	m	0,00597

Tabla nº 26 Datos para el cálculo del volumen de los separadores de nieblas de vapor

Aplicando las ecuaciones, se obtienen los siguientes volúmenes:

VOLÚMENES	UNIDAD	VALOR
Volumen del cilindro de la envolvente, V_E	m^3	0,7648
Volumen de los fondos, V_F	m^3	0,1506
Volumen de las tubuladuras, V_t	m^3	0,0056
Volumen total, $V_T = V_E + V_F + V_t$	m^3	0,910

Tabla nº 27 Resultados del cálculo del volumen de los separadores de nieblas de vapor

**ESCUELA SUPERIOR DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS
EXPERIMENTALES**

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN EFICIENCIA
ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD (PLAN 2018)**

PLIEGO DE CONDICIONES

11. PLIEGO DE CONDICIONES

El presente pliego de condiciones tiene por finalidad establecer las prescripciones técnicas, y de seguridad a las que ha de ajustarse la instalación del sistema objeto de este proyecto, y todas las partes accesorias que lo complementan.

11.1. VÁLVULAS REGULADORAS DE PRESIÓN PARA VAPOR

Determinación del valor K_v de la válvula

Para el dimensionado o antes de elegir una válvula, se calcula primeramente el valor K_v partiendo de los datos de servicio, con los cuales debe trabajar la válvula. En el caso de un gradiente de presión subcrítico, o sea, si:

$$\Delta p < p_1/2$$

Según la fórmula:

$$K_v = \frac{G}{461} \sqrt{\frac{t_1 + 273}{\Delta p \times p_2}}$$

y en el caso de un gradiente de presión supercrítico, o sea, si:

$$\Delta p > p_1/2$$

según la fórmula:

$$K_v = \frac{G}{230 \times p_1} \sqrt{t_1 + 273}$$

Siendo:

K_v	Coeficiente de flujo m^3/h
Q_N	Caudal volumétrico en estado normal m^3/h
Q_1	Caudal volumétrico delante de la válvula m^3/h
Q_2	Caudal volumétrico detrás de la válvula m^3/h
N	Densidad en estado normal kg/m^3
Δp	Diferencia de presión ($p_1 - p_2$) bar
p_1	Presión de entrada (abs.) bar
p_2	Presión de salida (abs.) bar
t_1	Temperatura de entrada $^{\circ}C$
t_2	Temperatura de salida $^{\circ}C$
w_1	Velocidad en la tubería delante de la válvula $m/seg.$
w_2	Velocidad en la tubería detrás de la válvula $m/seg.$
d_1	Diámetro de la tubería delante de la válvula mm
d_2	Diámetro de la tubería detrás de la válvula mm

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

La temperatura del vapor de agua en estado de saturación (vapor saturado) puede ser calculada aproximativamente según la fórmula

$$t_s \approx \sqrt[4]{p_1} \times 100$$

Determinación del diámetro nominal de la válvula:

Para mantener bajos las pérdidas de presión y los ruidos del servicio, no se deberían exceder determinadas velocidades de flujo en las tuberías. Si no existe ninguna especificación planificada, recomendamos

- » por el lado de succión de las bombas centrífugas 25 m/seg.
- » por el lado de succión de las bombas de pistón 40 m/seg.
- » por el lado de impulsión de la bomba 60 m/seg.

Estos valores orientativos aproximados tienen validez para diámetros de tubería a partir de DN 80. Si los diámetros nominales son más pequeños, se deberían aplicar velocidades de flujo más pequeñas. Para determinar la velocidad de circulación se requiere el caudal volumétrico a condiciones de servicio. Éste puede ser calculado del siguiente modo:

$$Q = \frac{G \times (t + 273)}{p \times 219}$$

Bajo determinadas condiciones de servicio, el diámetro nominal de la válvula reguladora puede estar uno hasta dos niveles por debajo del diámetro nominal de la tubería delante de la válvula. Detrás de la válvula se ha de ampliar en varios niveles la tubería posiblemente – en función de la velocidad de flujo, lo cual se aplica, en particular, en las válvulas que trabajan con tubería de mando.

11.2. SISTEMAS DE CONTROL BASADOS EN PLC

El presente documento hace referencia a la última edición de las normas y códigos citados y/o aplicables.

Este documento se complementa en cada proyecto con una Especificación Particular, compuesta por los siguientes documentos:

- Los Datos Básicos de Diseño (en lo sucesivo DBD) emitidos para el mismo y que recoge los aspectos particulares del mismo.
- Especificación Funcional de la planta: Define los criterios a emplear en la configuración y programación del Sistema.

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

- Los documentos del suministrador: Descripción Funcional, Diagramas Causa Efecto, Diagramas Lógicos de Enclavamientos, lista de entradas /salidas con datos de configuración, formación de multicables, lista de comunicaciones etc.

En caso de discrepancia entre los documentos integrantes de una requisición, prevalecerá el siguiente orden de prioridad:

- Legislación aplicable.
- Especificación Particular y documentación de Ingeniería.
- Requisición de material.
- Lo definido en la Especificación de Diseño.
- La especificación Funcional del SE de la Planta.

Se tendrá en cuenta que la especificación particular y la requisición de compra no deben entrar en conflicto con esta Especificación de Diseño salvo en los puntos expresamente aprobados por el diseñador.

El cumplimiento de las reglas y recomendaciones de esta Especificación de Diseño no exime al fabricante de los equipos de ninguna de sus responsabilidades y garantías contractuales.

Serán de aplicación obligatoria todos los Reglamentos vigentes en el país de la instalación.

Desde el punto de vista de la seguridad laboral deberá cumplir en cada país con la legislación vigente.

1. En España con lo indicado en el Real Decreto 486/1997, de 14 de Abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en el trabajo y con la Directiva CEE No. 96/82/CE (Seveso II) relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas
2. En Argentina con lo indicado en IRAM 3800 (Sistemas de gestión de seguridad y salud ocupacional. Requisitos).
3. En el resto de países, lo indicado en sus legislaciones nacionales.

Todos los equipos electrónicos destinados a su instalación y/o uso en la Comunidad Europea cumplirán con las normas de compatibilidad electromagnética y tendrán el marcado CE.

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

Deberá cumplir asimismo con las siguientes directivas europeas:

- CEE Directive relevant to CE Mark for low voltage electric material.
- CEE Directive No. 92/31/EEC Electromagnetic (amendments) regulations.
- CEE Directive No. 73/23/CEE on the harmonisation of the laws of member states relating to electrical equipment designed for use within some voltage limits.
- CEE Directive No. 89/336/CEE, May 3rd dated, on the harmonisation of the laws of the member states relating to electromagnetic compatibility.

Los equipos destinados a su instalación o uso fuera de la Comunidad Europea no están sujetos a lo indicado en el párrafo anterior. Cumplirán la norma IEC-1000 y las normativas locales que se indiquen en el DBD.

La arquitectura básica de un sistema de control basado en PLC estará compuesta por:

- Módulos de interfaz con el proceso (Módulos de E/S) y control (CPUs).
- Módulos de interfaz con el operador.
- Sistema de comunicaciones que una los bloques anteriores.
- Otros Módulos (por ejemplo de interfaz con sistemas externos).

El PLC junto a los elementos que le componen deberá tener los siguientes valores de Disponibilidad y Fiabilidad:

- Disponibilidad:
 - Mayor o igual a 99,5 % para PLC no redundante
 - Mayor o igual a 99,9 % para PLC Redundantes
- Fiabilidad: MTBF mayor de 80.000 horas

Los cálculos de disponibilidad deben estar basados en un tiempo medio para reparaciones (MTTR) de 8 horas o menos.

Armarios de control

Los armarios de Control se instalarán en zona segura (salvo indicación expresa en el documento DBD). Inicialmente están destinados a ubicar los siguientes elementos de control e interconexión:

- Controladores.
- Fuentes de Alimentación y los correspondientes convertidores AC/DC.
- Tarjetas de E/S, tanto de tipo analógico como digital.
- Aisladores / separadores / relés cuando sean necesarios.
- Borneros de entradas.
- Equipos auxiliares: por ejemplo módulos o equipos para integración de vías de comunicaciones o similar.

Estarán diseñados para trabajar en las siguientes condiciones ambientales:

- Temperatura 5 a 45° C.
- Choque térmico máximo 1° C/min.
- Humedad relativa 20-90 % (no condensable).
- Polvo 0.1 mg/m³, 0 – 0.5 micrón.

Los armarios deben cumplir al menos con un IP-45 cuando se encuentren en Salas de Racks acondicionadas. En el caso de E/S remotas en Campo o en Salas no acondicionadas, deberán ser IP-65.

La construcción de los armarios se realizará de acuerdo con el estándar del fabricante, sin embargo, deberán tenerse en cuenta los requisitos expuestos a continuación:

Cabinas Tipo: Rittal (CEM).

Los armarios estarán constituidos por diferentes módulos de tamaño estándar, no se permitirá unir mas de 5 módulos y en cualquier caso este número y dimensiones dependerá de la disponibilidad de espacio para cada proyecto.

Donde sea posible existirá acceso por parte delantera y trasera (800x800 mm). En caso de acceso simple la profundidad será de 600 mm.

La entrada de cables se realizará por la parte inferior a través del falso suelo existente, siempre que sea posible.

Cada armario irá dotado de llave de cierre.

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

Todos los armarios llevarán una etiqueta identificativa en lugar visible.

Si fuese necesario irán equipados con extractores de aire, (uno por módulo) dimensionados de acuerdo con la cantidad de calor a disipar, procedente de los equipos que vayan instalados dentro del armario.

En la parte superior o techo existirá a disposición del servicio de mantenimiento de la planta una lámpara con interruptor para iluminación del interior del armario.

En parte accesible existirá a disposición del servicio de mantenimiento de la planta una toma de corriente del voltaje considerado estándar en el centro (230 V 50 Hz, 220V 60 HZ, etc.).

Las alimentaciones a cada una de las fuentes, así como al ventilador instalado, las lámparas y tomas de corriente serán independientes unas de las otras.

Los armarios estarán diseñados de tal forma que puedan incorporar un sistema de detección de humos.

Protección contra interferencias de radio y magnéticas, de acuerdo con las Normas (IEC 1000, CENELEC, etc.) expuestas en este documento.

Los armarios estarán contruidos en diferentes módulos siguiendo una distribución racional en la que en una cara de armario se ubiquen los regleteros de bornas, en otra los racks de E/S, en otro los separadores galvánicos y en otro CPU, fuentes de alimentación, transformadores, etc.

La ubicación de los elementos arriba expuestos se hará siguiendo los siguientes criterios:

- Ordenación de controladores y tarjetas en concordancia con la distribución típica existente en planta y los requisitos de redundancia exigidos, aprobados previamente por el cliente.
- Ubicación de las fuentes de alimentación teniendo en cuenta dimensiones, interferencias y disipaciones.
- En el interior, todas las fuentes de calor (Ej.: transformadores, fuentes de alimentación) irán instalados a ser posible en la parte superior de los armarios.
- Los interruptores y magnetotérmicos estarán accesibles.

Cada sección de armarios estará provista de un terminal de tierra.

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DEVAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

Los equipos y tarjetas electrónicos serán enchufables para montar en rack, diseñados de tal modo que puedan ser sustituidos en servicio.

Se requiere que exista una interfaz de bornas entre los módulos de E/S y los cables de campo. Esta interfaz formará parte del armario que contenga el sistema pero estará físicamente separada de la electrónica. En ningún caso las Entradas / Salidas podrán ir cableadas directamente a las tarjetas. Todos los multicables de E/S se incorporarán al sistema a través de regleteros de bornas simples con la misma disposición y etiquetado del multicable correspondiente.

Cada entrada / salida tendrá a su disposición en el armario de interfaz 2 ó más bornas, según el tipo de elemento para su conexión con cables de campo.

Las bornas se agruparán de acuerdo a la composición de los multicables que lleguen al equipo. Los regleteros de bornas se identificarán igual que el multicable que reciben. Todos los pares de reserva que vengan en los multicables se cablearán a bornas.

Las bornas irán identificadas por el lado de campo con el nombre de la señal y por el lado del sistema con la dirección física dentro del sistema (nº de controlador, nº de módulo y nº de canal) o al menos regletero y par.

En general se preverán los siguientes tipos de bornas:

- a) Bornas fusibles individuales en los comunes de cada una de las salidas con tensión.
- b) Bornas seccionables para el resto de los casos.

Tanto para circuitos de seguridad intrínseca (bornas azules) como para los que no lo son (bornas grises).

Las bornas serán para montar sobre guía, inaflojables, en material no higroscópico y certificadas por un organismo competente (VDE o similar). El carril para bornas con relé de S.I., se instalará horizontalmente. Todas serán adecuadas para alojar, como mínimo, conductores de 2,5 mm².

Todos los puentes entre bornas que sean necesarios se realizarán con barreta de interconexión.

La sección del cableado a utilizar será de 0,5 mm² como mínimo, para las señales a 24 V y 1,5 mm² como mínimo para solenoides y alimentación eléctrica.

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DEVAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

En caso de instalarse en los armarios del PLC tanto las bornas de interconexión con los equipos eléctricos como los relés de salida, se agruparán por cuadros eléctricos y diferenciados del resto del sistema de enclavamientos en una sección o compartimento independiente en donde se alojarán con la suficiente accesibilidad. Las entradas de Electricidad estarán en regleta independiente de las salidas.

Cuando los elementos iniciadores estén localizados en zona clasificada, todas las entradas llevarán elementos “asociados” de Seguridad intrínseca “EEx i” con separación galvánica. Se evitará, en el caso de utilizar aisladores galvánicos con más de un canal, asociar al mismo aislador señales de distintos Sistemas de Enclavamientos.

Los equipos de S.I. y sus regleteros estarán separados de los demás, los cables irán por canaletas separadas y las tapas de las canaletas serán de color azul.

Fuentes de Alimentación

Las fuentes de Alimentación irán ubicadas en el interior de los armarios de control. Deberán cumplir los siguientes requisitos

Tensión de entrada: 230/110 V y 50/60 Hz (confirmar en cada caso la tensión estándar).

Tensión de salida: 230/110 V 50/60 Hz ó 24 Vcc según lo determine el consumidor final.

Estarán dotadas de protección por sobretensión ante sobrepicos de corriente en caso de alimentación 230 /110 V y 50 / 60 Hz tanto si están alimentadas desde corriente segura (SAI) como de NO segura.

La disposición física de las fuentes de alimentación tendrá en cuenta

- Accesibilidad para tareas de mantenimiento
- Disipación de calor
- No interferencias

Serán del tipo cortocircuitables.

Dotadas de monitorización de aviso en caso de fallo, tanto por un led local como por alarma en la Interfaz del Operador

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DEVAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

Con objeto de facilitar las rutinas de mantenimiento se recomienda que las fuentes dispongan de indicadores frontales digitales con valores de tensión y corriente de salida.

Siempre que sea posible enchufables para montar en rack, diseñadas de tal modo que puedan ser sustituidas en servicio.

Las alimentaciones (24 Vcc) desde las fuentes de alimentación deberán estar cableadas de forma que garanticen la doble alimentación a los diferentes componentes (CPU, tarjetas E/S, etc.)

Todo el equipo de control (controladores, tarjetas de E/S, aisladores, etc.) deberá ser alimentados por dos fuentes distintas, capaces cada una de ellas de soportar la totalidad de la carga.

La fuente debe garantizar una salida estable incluso ante cambios en la tensión de alimentación de $\pm 15 \%$ y cambios de temperatura de $\pm 10^\circ \text{C}$

Controladores

Los controladores irán ubicados en el interior de los armarios de control preferiblemente en zona segura (salvo indicación expresa en el documento DBD). Deberán cumplir los siguientes requisitos

Hardware:

Serán enchufables para montar en rack, diseñados de tal modo que puedan ser sustituidos en servicio.

Estarán basados en microprocesadores de al menos 32 bits que podrán seguir actuando autónomamente incluso ante una interrupción en las comunicaciones con el resto de módulos del sistema (tarjetas de E/S, interfaz del operador, módulos de interfaz con otros equipos, etc.).

La memoria de programa será de estado sólido y será programable sin necesidad de extraerla de la Unidad Central. En caso de ser volátil (RAM), tendrá respaldo de baterías (mínimo 720 h. de autonomía). El cambio de baterías, si la unidad está normalmente alimentada en ese momento, se podrá realizar sin que afecte al funcionamiento normal del sistema.

El estado de la batería será indicado exteriormente mediante una alarma (led) que indique baja carga de batería y que permanecerá activo hasta que no se sustituya. Se suministrará adicionalmente un contacto para uso externo que se cableará como entrada al PLC. Se considerará preferible que, desde que se

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DEVAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

indique el desgaste de la batería se disponga de, al menos, 30 días para recambiar la misma sin peligro de borrado de la memoria, en caso de fallo de tensión.

En caso de fallo del sistema, las salidas llevarán a la planta a posición segura y se avisará al operador mediante un contacto libre de tensión cableado al DCS. Después de solucionado el problema, el programa será capaz de detectar la vuelta a la normalidad y avisará al operador.

Sincronización: desde un Master Clock, resolución de 1 milisegundo.

Software:

El software de aplicación residirá en la memoria no volátil.

Será posible configurar diferentes ciclos o tiempos de ejecución.

El programa de aplicación podrá cargarse al controlador mientras esté en servicio de tal forma que no exista en ningún momento pérdida de adquisición de datos ni de seguridad del proceso. Además, permitirá realizar cambios On-line en la configuración.

Realizarán autodiagnósticos y dispondrán de indicadores luminosos que muestren su estado funcional. Estos diagnósticos también estarán disponibles a través de la interfaz de operación.

Permitirá realizar una simulación Off-line de la aplicación.

El tiempo de scan será como máximo 200 milisegundos.

11.3. SOFTWARE DE CONTROL SUPERVISORIO Y ADQUISICIÓN DE DATOS (SCADAS)

Un SCADA se define como el conjunto de aplicaciones necesarias para la adquisición de datos y control supervisorio del proceso. Es el núcleo que proporciona información en tiempo real a los operadores de planta y a los sistemas automatizados de gestión integrada de la información en las empresas.

Los programas SCADA funcionan sobre una plataforma hardware tipo PC.

Presentan una arquitectura cliente-servidor.

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

Un SCADA típico funcionalmente consta de los siguientes módulos o aplicaciones:

- Módulos de proceso
- Interfaz con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.).
- Módulos de cálculos de proceso y control.
- Módulos de gestión y archivo de datos.
- Módulos de configuración.
- Módulos de interfaz con el operador.
- Sistema de comunicaciones que una los bloques anteriores.
- Comunicación con Sistemas de la Información de la producción (PI o similar)

El SCADA elegido debe asegurar comunicaciones fiables, rápidas con los diferentes dispositivos que constituyen el sistema a través de estándares en comunicación.

Dentro de las funciones básicas que debe realizar un sistema SCADA están las siguientes:

- 1) Recabar, almacenar y mostrar información, en forma continua y confiable, correspondiente a la señalización de campo: estados de dispositivos, mediciones, alarmas, etc.
- 2) Ejecutar acciones de control iniciadas por el operador, tales como: abrir o cerrar válvulas, arrancar o parar bombas, cambio de modo automático/manual etc.
- 3) Alertar al operador de cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas) como cambios que se produzcan en la operación diaria de la planta (eventos). Estos cambios son almacenados en el sistema para su posterior análisis.
- 4) Registros históricos y de tendencia en tiempo real.
- 5) Anuncio visualización y reconocimiento de alarmas.
- 6) Registro de eventos.
- 7) Generación de informes.
- 8) Funciones de configuración.
- 9) Transmisión de información a los niveles superiores del control de procesos.

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

- 10) Distintos niveles de seguridad / protección para el acceso a los distintos parámetros.
- 11) Comunicación con Sistemas de la Información de la producción (PI o similar)

MÓDULOS DE PROCESO

Generalidades

Los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) se conectan al sistema SCADA a través de los servidores de datos.

Los servidores de datos también realizan las funciones de cálculos de proceso y control, almacenamiento y procesado de datos y configuración.

En sistemas de menos de 3000 puntos se admite que todas las funciones citadas se lleven a cabo por un único servidor de datos. En sistemas de más de 3000 puntos deberán existir varios servidores de datos, ya sea para distribuir entre ellos los puntos o para distribuir las funciones de procesado, archivo de datos y control del proceso.

Servidores de datos

Están basados en plataformas tipo PC. Se exigen los siguientes requisitos.

- Las conexiones a la red de comunicaciones serán redundantes.
- Cada equipo tendrá características específicas de servidor de datos, con redundancia a nivel de fuentes, discos duros e interfases de comunicación.
- Alimentación eléctrica segura (ver Capítulo 7).
- Existirá software destinado a cierre automático y ordenado de las aplicaciones así como del sistema operativo ante caídas de alimentación del sistema y entrada en servicio de las UPS auxiliares.

Cada servidor estará compuesto de:

- CPU con Especificaciones de informática industrial.
- Microprocesador de última generación
- Memoria RAM mínima de 1 Gb.
- Disco duro en configuración RAID1, dimensionado para las necesidades del software de la aplicación.
- Dotada de puerto ethernet de comunicación

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DEVAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

- Dotada de unidad lectora de discos CD-ROM y una unidad para realizar copias de seguridad.
- Al menos un Monitor CRT (de baja radiación) de 17" o pantalla plana (LCD TFT) equivalente.
- Ratón, Pantalla táctil o track ball.

MODULOS DE INTERFAZ CON EL OPERADOR

Generalidades:

Los sistemas SCADA utilizan una copia de la base de datos del control para poder gestionar la interfaz del operador.

Debe contar con un sistema de alarmas que cubra no solo las variables de proceso, sino también sus distintos componentes y que permita el diagnóstico de cualquiera de las partes que integre el Sistema, módulos de E/S, de control, vías de comunicación, etc., a través de la misma interfaz del operador.

Las estaciones de operación están basadas en plataforma PC más software SCADA cliente. Estas estaciones se ubicarán en las denominadas Salas de Control o de Ingeniería / mantenimiento (respectivamente). Las condiciones ambientales en dichas Salas (temperatura, humedad, luminosidad, etc.) vendrán determinadas por las normativas vigentes en cada momento sobre Seguridad e Higiene en el Trabajo. Por tanto, la adaptación de las estaciones a dichas normas resulta imperativa.

Las Estaciones de Operación basadas en SCADA son manejadas por los operadores de Planta para labores de:

- Monitorización y control del proceso.
- Monitorización y supervisión de los enclavamientos de seguridad del proceso.

Se agrupan en Consolas, siendo cada Consola manejada por un único operador.

La configuración de la Consola será aquella que permita el mayor grado de redundancia, de forma que desde cualquier estación se puedan acceder a la monitorización y control de todo el sistema.

Estación de Operación

Se admitirán consolas de una única estación cuando desde la estación de Ingeniería se pueda acceder a la monitorización y control de todo el sistema.

La alimentación no es necesario que sea redundante, pero si debe ser segura.

Cada Estación de Operación tendrá las siguientes características:

- CPU con Especificaciones de informática industrial
- Microprocesador de última generación.
- Memoria RAM y disco duro dimensionados según las necesidades del software de la aplicación.
- Dotada de puertos ethernet de comunicación.
- Conexión simple o redundante al PLC (o red de PLC).
- Monitor CRT (de baja radiación) de 21" o pantalla plana (LCD TFT) equivalente.
- Ratón, track-ball o pantalla táctil (a definir en el documento DBD).
- Teclado: en español. Dotado de teclas de función asociadas al sistema de control.
- Unidad CD-ROM o cualquier otro tipo de soporte media, desde el que se pueda arrancar el sistema en caso de problemas en el disco duro.
- Sistema Operativo Windows

Estaciones de Operación remotas.

En caso necesario (si así se indica en el DBD) se podrán instalar estaciones de operación remotas individuales (de las mismas características que las anteriores) en:

- 1) Salas alejadas del cuarto de control, acondicionadas climáticamente y consideradas como zona no clasificada. Dichas estaciones tendrán las mismas características que las estaciones de la consola y además podrán ser configuradas solo para visualización, inhibiéndose el mando.
- 2) Paneles locales en campo. Dichos equipos tendrán las mismas funcionalidades que los anteriores, pero su clasificación eléctrica será adecuada para el entorno en el que se instale.

Estación de Ingeniería o Programación del SCADA

Destinada a configuración de hardware y software del SCADA.

Cada estación constará como mínimo de los siguientes equipos:

- CPU con Especificaciones de informática industrial. Opcionalmente puede ser un PC portátil.
- Microprocesador de última generación.
- Memoria RAM y disco duro, dimensionado para las necesidades del software de la aplicación.
- Dotada de puerto ethernet de comunicación.
- Conexión simple o redundante al PLC (o red de PLC).
- Dotada de unidad lectora de discos CD-ROM y una unidad para realizar copias de seguridad.
- Al menos un Monitor CRT (de baja radiación) de 17" o pantalla plana (LCD TFT) equivalente.
- Ratón, Pantalla táctil o track ball (a definir en el documento DBD).
- Teclado de Ingeniería (tipo QWERTY).

De manera eventual la Estación de Ingeniería podrá utilizarse como estación de operación sin que se requieran tareas de configuración complejas ni licencias adicionales.

La Estación de Ingeniería permitirá realizar las siguientes funciones:

- Funciones de configuración.
- La pantalla de programación mostrará el estado en tiempo real de cualquier señal del sistema.
- Comprobación del funcionamiento de la lógica en tiempo real.
- Se podrán forzar (puentear) Entradas o Salidas con la Unidad de Programación, por personal autorizado.
- Posibilidad de programar "en línea", es decir, que se puedan realizar modificaciones, sin tener que parar el equipo y por lo tanto la Planta.
- Compilación de los programas y carga de los mismos al sistema.
- Configuración de informes.
- Test y diagnósticos del sistema.

Dicha estación dispondrá del software y de todas las licencias necesarias para llevar a cabo las funciones anteriores.

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

Los contadores o temporizadores se deben hacer vía soft, formando parte integral de la programación del PLC. Si hay temporizadores o contadores cuyo valor de consigna se ha de cambiar con frecuencia, (por ejemplo mensual), se realizarán vía interfaz de operación (SCADA o estación de operación SC), mediante pantalla protegida con clave de acceso.

Se deberá poder limitar, bajo llave, la posibilidad de programación a personal no autorizado.

Es imprescindible que la grabación de un programa “back up” no se tenga que hacer con la Unidad Central parada.

11.4. TUBERÍAS EN UNIDADES DE PROCESO

Los sistemas de tuberías serán diseñados de acuerdo con el código ASME B31.3 “Process Piping” o también s/ASME B31.1 “Power Piping”, según proceda.

Las unidades de medida que se utilizarán en los planos y cálculos serán las del sistema métrico internacional (SI). Para diámetros y ratings de tuberías, bridas, accesorios y válvulas se utilizarán medidas inglesas (pulgadas y libras) , pudiendo expresarse también la presión en kg/cm² g.

Las pruebas de presión hidrostática y/o neumática de redes o sistemas de tuberías se efectuarán de acuerdo con el código de diseño aplicable y las especificaciones de construcción, según corresponda

Los cambios de dirección de la tubería se diseñarán como se indica a continuación:

Codos y curvas

- a) En todas las tuberías dentro de unidades se emplearán codos de radio largo igual a 1.5 veces el diámetro nominal de la tubería, como diseño estándar, excepto cuando el diagrama mecánico indique otra solución.
- b) En todas las tuberías dentro de unidades se emplearán codos de radio largo igual a 1.5 veces el diámetro nominal de la tubería, como diseño estándar, excepto cuando el diagrama mecánico indique otra solución.

Los cambios de diámetro de tuberías se realizarán mediante reductores, reductores insertos y “swages”, de acuerdo con la correspondiente especificación de material de tubería. Se evitará el uso de bridas reductoras. Para diámetros de 1½” y menores, se usará reductor inserto en lugar de “swage”, siempre que sea posible. La longitud de niples rectos será de 75 mm.

Ramales y Bifurcaciones

Para ejecución de ramales de diámetro 2" y mayores, sobre tuberías de 2" de diámetro y mayores, se usarán uniones tubo a tubo, refuerzos de soldadura, refuerzos de chapa / weldolets o tes de lados iguales, según indique la tabla de refuerzos que contiene la clase de tuberías que corresponda. Cuando se requieran refuerzos de soldadura o chapa, se indicará en la isométrica el detalle de la conexión; no obstante, para éstos casos se prefiere la utilización de weldolet como sustitución.

Para conexión de ramales de 1½" y menores, sobre colectores de 2" de diámetro y mayores, se usarán sockolets o thredolets, según sea requerido por la clase de tuberías que corresponda.

Cuando se conecten tuberías de 1½" y menores en casquetes (cap) de 2" y mayores, cambiar el thredolet por tetón roscado y el sockolet por tetón S.W. Para conexión de ramales a tuberías de 1½" y menores se usarán siempre tes de lados iguales y reductor inserto.

Disposición general de tuberías

- a) Las tuberías se diseñarán con los recorridos más cortos posibles y el menor número de accesorios, respetando las necesidades de flexibilidad que ellas requieran.
- b) Las tuberías que discurren dentro de unidades se diseñarán agrupadas y apoyadas en soportes elevados o bandejas (Ver PE-L-0100.01).
- c) Nunca podrán atravesar una unidad tuberías de procesos o servicios que vayan a otra unidad o instalación. Todas las tuberías que entren o salgan de la unidad lo harán por el manifold de límite de unidad, ya sea en el grupo de válvulas de procesos o de servicios.
- d) No se colocarán bridas o cualquier elemento bridado en tramos de tuberías situadas encima de calles de libre circulación.
- e) Cuando un conjunto de tuberías o alguna de ellas, en cualquier bandeja ("pipe rack"), cambie de dirección, éste deberá cambiar también de elevación. Las liras de expansión también cumplirán este requisito.
- f) Las tuberías se diseñarán de forma que no obstaculicen el acceso de los operadores a los equipos y previendo los espacios requeridos para su mantenimiento, especialmente cuando estos equipos o elementos tengan partes desmontables como:
 - Columnas o recipientes con internos
 - Compresores, turbinas y bombas
 - Intercambiadores de calor con haces extraíbles
 - Hornos y calderas

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DEVAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

- Filtros de cesta o de cartuchos.
 - Accesorios de limpieza de líneas.
- g) Se prestará especial atención para situar venteos, drenajes, tomas de muestras.

Disposición de las válvulas

Este apartado define los criterios necesarios para una colocación adecuada de válvulas en líneas, teniendo como objetivo facilitar su accesibilidad para operación y mantenimiento.

- a) Se procurará situar todas las válvulas de 2" y mayores de forma que puedan operarse desde el nivel normal de operación, respetando los requisitos de seguridad, para lo cual se preverán plataformas si no las hubiera.
- b) Aquellas válvulas de 2" y mayores que no sean manejables desde el nivel de trabajo por estar el eje de su volante más alto de 2025 mm y que se utilicen en operación normal o en emergencia, estarán provistas de volantes con cadena de acuerdo con el plano estándar citado, siempre que no sea posible situarlas en niveles normales de operación.
- c) Las válvulas de bloqueo en ramales de colectores de servicio de 1 ½" y menores, se situarán junto al colector, lo más próximo posible a éste, y no requerirán plataforma ni acceso permanente.
- d) Las válvulas de bloqueo en ramales de 2" y mayores, no se colocarán junto a los colectores sino junto a los equipos, para garantizar su accesibilidad desde los niveles operativos normales (suelo o estructuras).
- e) Cuando el diagrama mecánico indique válvulas en líneas que conectan a depósitos, éstas se instalarán directamente en las toberas. En faldones de depósitos verticales, la válvula se colocará fuera del faldón.
- f) Las válvulas de eje vertical cuyo volante esté más bajo de 100 mm medidos a partir del nivel de trabajo (suelo o rejilla), estarán provistas de un vástago de extensión que sitúe el volante o maneral a 300 mm como mínimo sobre dicho nivel. Es recomendable que los vástagos de extensión sean suministrados por el fabricante de la válvula.
- g) Las válvulas que actúan relacionadas con un indicador de nivel próximo, se situarán lo más cercanas a éste y al mismo nivel operativo, de forma que el instrumento pueda ser observado mientras el operador manipula con ellos.
- h) Las válvulas que actúan relacionadas con un indicador de nivel próximo, se situarán lo más cercanas a éste y al mismo nivel operativo, de forma

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

que el instrumento pueda ser observado mientras el operador manipula con ellos.

- i) Las válvulas de retención se instalarán preferiblemente en tramos horizontales de tubería, salvo que un tipo concreto requiera su instalación obligada en tramo vertical. Nunca se instalarán en un tramo vertical con dirección de flujo descendente.

Conexionado de instrumentos

Todas las conexiones necesarias para la conexión de instrumentos a las tuberías o equipos, tales como: tomas de presión, nivel, etc., tendrán una válvula de bloqueo, la cual estará rigurosamente de acuerdo con la especificación de tubería correspondiente.

Instrumentos de temperatura

Todas las vainas deben ser accesibles desde el suelo o plataforma preferentemente.

Los termómetros de tipo dial, además de ser accesibles, deben ser fácilmente visibles desde el lugar de operación. En todos los casos hay que prever suficiente espacio para desmontaje.

Instrumentos de presión

Todos los instrumentos de presión estarán unidos al equipo o tubería mediante una conexión con válvula de bloqueo, cuyo diámetro será normalmente de 3/4", pudiendo aumentar éste hasta 2" según la especificación de tubería indicada en el diagrama mecánico o cuando se manejen productos que lo puedan requerir. Dicha válvula estará lo más próxima posible al equipo o tubería.

La situación de la válvula de bloqueo cumplirá como requisito, que sea accesible por cualquiera de los tres medios expuestos en la tabla II de accesibilidad. Cuando dicha válvula corresponda a una toma de un indicador de presión local, su orientación respecto al eje de la tubería o equipo será tal que permita la cómoda lectura del mismo.

Las tomas de presión correspondientes a medidores de caudal se explican en los apartados correspondientes.

Instrumentos de caudal

Caudalímetros:

Las conexiones serán normalmente horizontales, si bien pueden ser verticales cuando se trate de caudalímetros específicos que puedan disponerse así. En este caso se diseñará el tramo inferior de tubería vertical para facilitar que dicha

guía pueda deslizarse libremente. Ambos tipos serán cómodamente legibles para el operador.

Válvulas de control

Las válvulas de control se situarán en niveles normales de operación.

El instrumento de indicación local será perfectamente legible desde la válvula de control o su válvula de bypass, cuando tengan que ser reguladas a mano.

Además de lo requerido en la tabla de accesibilidad a instrumentos, las estaciones de control (controladora, bypass y bloqueos) serán accesibles según los requerimientos de accesibilidad.

El diseñador de tuberías examinará las características de la válvula de control en aspectos como desmontaje del obturador, actuación del volante manual, situación de los drenajes, longitud de los pernos etc., para prever los espacios libres necesarios.

El diseño de la tubería en la que va instalada la controladora se realizará con la suficiente flexibilidad, tanto para evitar tensiones excesivas en la válvula como para un fácil desmontaje de ésta.

Las válvulas de control tipo mariposa se instalarán para que funcionen con el eje de la mariposa en posición horizontal, excepto en servicios criogénicos donde el eje se instalará en posición vertical. Estos requerimientos se confirmarán con datos del fabricante una vez comprada la válvula.

11.5. AISLAMIENTO DE TUBERÍAS E INSTRUMENTOS

Generalidades en el diseño del aislamiento

El servicio o finalidad para el cual se requiere el aislamiento se clasificará e identificará como se indica a continuación:

- 1) Conservación de calor (H): se utilizará cuando se requiera reducir la pérdida de calor.
- 2) Estabilidad de proceso (PS): se utilizará cuando, independientemente de la temperatura normal de operación, se requiere que ésta se mantenga por razones de estabilidad del proceso y/o control de la unidad correspondiente.
- 3) Guardas para personal (PG): se utilizará cuando la pérdida de calor en tuberías o equipos sea necesaria o conveniente y la temperatura de operación sea superior a 65 °C e inferior a 200 °C. Se realizará en forma de guardas, pantallas o barandillas, y se instalarán en aquellas zonas

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

donde sea posible el contacto entre la tubería o equipo y el personal de operación o mantenimiento.

- 4) Protección de personal (P): se utilizará cuando la pérdida de calor en tuberías o equipos sea necesaria o conveniente y la temperatura de operación sea superior a 200 °C. Se instalará en aquellas zonas donde sea posible el contacto entre la tubería o equipo y el personal de operación o mantenimiento.
- 5) Protección anticongelación (N): se utilizará para prevenir/reducir el daño en equipos y tuberías expuestos a condiciones de congelamiento.

Como complemento a los diagramas, el contratista de Ingeniería detallará los materiales y espesores de aislamiento en las listas y planos siguientes:

- Listas de líneas.
- Esquemas de conexiones de instrumentación a proceso.
- Sumario de aislamiento de recipientes y equipos, a excepción de tuberías (como partida específica del sumario de aislamiento, se incluirá el aislamiento de los soportes de tuberías y equipos en líneas críticas).
- Planos de equipos y recipientes.

Diseño del aislamiento

El esquema de uso de materiales en que se ha basado el cálculo de los espesores aquí definido es el que se indica a continuación:

TEMPERATURA (°C)	MATERIAL	MATERIAL	MATERIAL
Más de 650	Manta de fibras cerámicas o Manta de fibras cerámicas + Manta de lana de roca	Manta de fibras cerámicas o Manta de fibras cerámicas + Manta de lana de roca	Manta de fibras cerámicas o Manta de fibras cerámicas + Manta de lana de roca
550-650	Coquillas de lana de roca o Coquillas + Manta de lana de roca	Coquillas de lana de roca o Coquillas + Manta de lana de roca	Manta de lana de roca de 125 kg/m ³
250-550	Coquillas de lana de roca o Coquillas + Manta de lana de roca	Coquillas de lana de roca o Coquillas + Manta de lana de roca	Manta de lana de roca de 100 kg/m ³
Hasta 250	Coquillas de lana de vidrio	Coquillas de lana de roca o Coquillas + Manta de lana de roca	Manta de lana de roca de 70 kg/m ³
DIÁMETRO DE LA TUBERÍA	De 1/2" a 8"	10"	De 12" y mayores

Materiales

Coquillas de Lana de Roca

El aislamiento deberá cumplir la norma ASTM C 547, tipo III, con las siguientes enmiendas:

- El aislamiento estará formado por lana de roca, la cual deberá ser rigidizada con un aglutinante orgánico. La densidad mínima será 90 kg/m³.
- El aislamiento deberá ser adecuado para usar hasta temperaturas de 650°C.
- La conductividad térmica deberá tener como valor máximo 0.065 W/m.K a 200°C (temperatura media).
- Se suministrará la longitud de las secciones de aislamiento según las dimensiones estándares del fabricante.

Manta de Lana de Roca

El aislamiento deberá cumplir la norma ASTM C 592, tipo II, pero con las siguientes enmiendas:

- El aislamiento se hará con roca fundida sin aglutinante. La densidad mínima deberá cumplir con los valores requeridos en las tablas.
- La conductividad térmica tendrá como valor máximo 0.065 W/m.°K a 200°C (temperatura media).
- El aislamiento deberá estar cosido por un lado con alambre galvanizado ó hilo de vidrio a una malla de alambre galvanizado de entre 0.3-0.9 mm de diámetro con tramado hexagonal de 10,20 ó 25 mm. En tuberías y equipos de acero inoxidable, se aplicará malla de acero aluminizado o acero inoxidable utilizando alambre de acero inoxidable.
- El aislamiento de depósitos y equipos deberá ser suministrado en las dimensiones estándares del fabricante.

Planchas/placas preformadas de lana de roca

El aislamiento deberá cumplir la norma ASTM C 612, tipo IV, con las siguientes enmiendas:

- El aislamiento estará formado por lana de roca, la cual deberá ser rigidizada con un aglutinante orgánico. La densidad mínima será 100 kg/m³.

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DEVAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

- La conductividad térmica deberá tener como valor máximo 0.068 W/m.K a 200°C (temperatura media).

3.1.4. Coquinas de lana de vidrio

El aislamiento deberá cumplir la norma ASTM C 547 tipo II, con las siguientes enmiendas:

- El aislamiento estará formado por lana de vidrio, la cual deberá ser rigidizada con un aglutinante orgánico. La densidad mínima será 50 kg/m^3 .
- La conductividad térmica deberá tener como valor máximo $0,065 \text{ W/m } ^\circ\text{K}$ a 200°C (temperatura media).

Mantas de fibra cerámica

La fibra cerámica estará formada por óxidos refractarios principalmente de alúmina y sílica, los cuales partiendo de un estado fundido se procesarán para transformarlos en fibra sin aglutinante.

El aislamiento deberá cumplir la norma ASTM C 892, Grado 6, con las siguientes enmiendas:

- La densidad mínima deberá ser 96 kg/m^3
- La conductividad térmica máxima de 0.09 W/m.K a 450°C (temperatura media).

Chapa de acabado

La chapa de acabado será de aluminio o de acero galvanizado o de acero inoxidable, dependiendo de los requerimientos del Complejo Industrial donde se realice el proyecto, información que dará la Propiedad.

Se puede utilizar aluminio sobre el aislamiento de aquellas tuberías y equipos con una temperatura de operación de hasta 650°C . Por encima de 650°C , se utilizará acero inoxidable o acero galvanizado.

Cuando el aluminio resulte incompatible con la naturaleza de los fluidos de proceso, por catalizar reacciones violentas en el caso de fugas o derrames (tal es el caso del óxido de etileno), dicho material no deberá ser utilizado bajo ningún concepto y en ese caso se utilizarán chapas de acero galvanizado o de acero inoxidable.

Materiales de la chapa de acabado.

Los materiales de las chapas de acabado deberán ser uno de los que se nombran a continuación:

a) Aluminio

La chapa de aluminio deberá ser de calidad semiduro cumpliendo la norma ASTM B 209M, aleación 3003 ó 3105, grado H 14 ó H 24.

b) Acero inoxidable

La chapa deberá cumplir la norma ASTM A 167, Tipo 304 ó 316.

c) Acero galvanizado

La chapa deberá ser galvanizada en caliente según el recubrimiento ASTM A 924 y ASTM A 653 designación Z275 o según norma UNE-EN 10346 recubrimiento Z275 acabado N calidad superficial A (ordinaria).

Espesor de chapa

El espesor de la chapa de acabado estará de acuerdo con la tabla III del plano estándar PE-N-0100.01.

Perfiles de chapa de Depósitos, Equipos y Tuberías

En los equipos/depósitos verticales con diámetros superiores a 1 m, se podrá emplear chapas corrugadas con una profundidad de los canales de 16.0 mm. \pm 3 mm. y con un paso de 64 mm. \pm 3 mm.

En los equipos/depósitos verticales con diámetro superior a 1 m y con anillos de refuerzo se utilizarán las chapas especificadas anteriormente pero con longitudes modificadas a fin de minimizar los cortes y la longitud estará sujeta a la especificada sin exceder de 3 m.

En los equipos/depósitos de diámetro igual o inferior a 1 m. y en todos los equipos/depósitos horizontales se utilizará chapa plana.

En los fondos superiores abombados de equipos/depósitos verticales, en los fondos inferiores abombados de depósitos soportados por faldón y en los fondos abombados de equipos/depósitos horizontales se utilizará chapa plana.

Cuando para una aplicación específica, se requieran cubiertas protectoras desmontables, se deberá emplear chapa plana.

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DEVAPOR DE AGUA UTILIZADAS
PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

Se utilizará chapa plana en tuberías.

Cajas de aislamiento para exteriores

Se construirán a medida cajas de aislamiento en chapa metálica con aislamiento en el interior de la caja y provistas de cierres rápidos, para aquellas bridas, válvulas bridadas, bombas y otras superficies irregulares en las que se requiera que el aislamiento sea desmontable. El SUBCONTRATISTA suministrará los detalles constructivos al CONTRATISTA para aprobación antes del inicio de la fabricación.

11.6. NORMAS DE EJECUCIÓN DE LA INSTALACIÓN

La instalación objeto de este Proyecto deberá ejecutarse, atendiendo a los Reglamentos, Normas y Codigos que a continuation se indican:

- .-Reglamento de Aparatos a Presión.
- .-Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP sobre “Calderas, Economizador, Precalentadores, Sobrecalentadores y Recalentadores”
- .-Código Español de Calderas.
- .-Normas UNE, 9.001,9.075,9.100 9.310, para calderas de vapor.
- .-Normas DIN 2440, DIN 2441 y DIN 2448, para tubería de fluidos.
- .-Normas ANSI 300, del Código ASTM, para tubería de fluidos
- .-Normas UNE ANSI 150, del Código ASTM, para tubería que transporten combustible gaseosos

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DEVAPOR DE AGUA UTILIZADAS
PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

ESCUELA SUPERIOR DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS EXPERIMENTALES

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD (PLAN 2018)

PRESUPUESTO

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

12. PRESUPUESTO

12.1. INSTALACIÓN DE CONTROL ELÉCTRICA Y NEUMÁTICA

INSTALACION DE CONTROL, ELÉCTRICA Y NEUMÁTICA			
Cuadro principal de control y Equipos de control neumáticos	1	7.259,02	7.259,02
Armario compacto AE 1.000x1.400x300 con soporte	1		
CPU 1512SP-1 PN, + memory card 12 MB	1		
Simatic ET200SP 16 ED apto para tipo BU A0	1		
Simatic ET200SP 8 ED apto para tipo BU A0	1		
Simatic ET200SP 4 EA apto para tipo BU A0	5		
Simatic ET200SP 4 SA apto para tipo BU A0	1		
Simatic ET200SP IM155-6 PN HF high feature	0,5		
Simatic ET200SP baseunit BU15-P16+A0+2B tipo BU A0 b. push in	5		
Simatic ET200SP baseunit BU15-P16+A0+2D tipo BU A0 b. push in	3		
S7-300 fuente de alimentación AC 120/230V, 24VDC, 5A	0,5		
Relé de aplicación general 1 polo+base de aplicación relé	5		
SCALANCE X005 IE entry level switch unmanaged	0,5		
Modbus-Anybus Communicator	0,5		
Simatic DP connector Profibus	1		
Simatic NET , cable IE FC TP Ethernet ST GP 2x2	5		
Conector IE FC RJ45 PLUG 180º	0,5		
Simatic HMI KTP1200 BASIC TFT12" teclas/táctil	0,5		
Kit electroválvula	4		
m.l. Tubo plástico 6x1mm azul(caja 50m)	125		
m.l. Tubo plástico 8x1,25mm azul(caja 50m)	5		
m.l. Tubo plástico 10x1,5mm azul(caja 50m)	5		
Unidad Mantenimiento completa 1/4" sin presostato	1		
Hardware/software base	1	2.680,50	2.680,50
Workstation HP	1		
Pantalla 25"	1		
WinccV8.1 OS licencia single station(100PO incl.)	1		
WinccV8.1 OS licencia software de ampliación 100PO	1		
TOTAL INSTALACIÓN DE CONTROL ELÉCTRICA Y NEUMÁTICA			9.939,52

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

12.2. INSTALACIÓN MECÁNICA

INSTALACIÓN MECÁNICA-HIDRÁULICA	Cantidad	Precio Unit.	Total
Suministro e instalación de válvula de esfera con extremos roscados, de paso total, cuerpo en hierro fundido, GGG-40, norma DIN. Diámetro F. 2025 1", DN 25,, PN16. Esfera y Eje en acero inox. AISI 304. Totalmente instalada y comprobada, incluso junta y pernos de ajuste. Marca GENEBRE o similar, referencia 2525. mando manual por palanca con sistema de bloqueo. Totalmente instalada incluso prueba hidráulica.	4	66,00	145,20
Suministro e instalación de Purgador de vapor metálico marca TLV mod. J3X-10 1" - DN25 con extremos roscados, incluidas p.p. de pequeño material Totalmente instalado incluso prueba hidráulica	2	250,00	400,00
Suministro y montaje de Válvula de retención para paso vapor marca TLV mod. CK3TE 1" - DN25 con extremos roscados, incluidas p.p. de pequeño material Totalmente instalado incluso prueba hidráulica y Filtro de limpieza en "Y" DN 25 con bridas.	2	246,00	393,60
Suministro y montaje de mirilla marca TLV mod. PS F.20N 1" con conexiones roscadas. Totalmente instalado incluso prueba hidráulica	2	93,00	120,90
Kit de juntas de grafito DN25 para colocación entre bridas	4	0,00	0,00
Suministro y colocación de válvula de control de presión de vapor de agua marca S&S BValve tipo GS8021 diseño GS1 DN80. Configuración tipo Wafer. Totalmente instalada incluso prueba hidráulica. Incluidas las conexiones para control neumático	1	2.140,90	2.140,90
Suministro y colocación de Válvula de corte on off DN50	2	241,39	265,53
Suministro y colocación de Sistema de separación y filtrado de agua en circuito neumático marca SMC AG para válvula de control. Incluso conexión con tubo rilsanizado y racores	1	125,00	125,00
Suministro e Instalación de tubería de Acero al Carbono, estirado sin soldadura DIN 2448 , para montaje con soldadura y bridas en codos "in situ" suministrada en tramos de 6 m, para corte, soldadura de valonas con electrodo y manipulación en obra. Incluso mano de obra, totalmente colocada sobre soportes, comprobada y con pruebas hidráulicas. Con una mano de imprimación antioxidante. Trabajos en altura de hasta 6 m, con medios de elevación por parte del contratista	8	2,20	17,60
Suministro e instalación de Codo de 90º para Aire Comprimido, Diámetro DN80, de Acero al Carbono Schedule 40, para montaje con bridas. Trabajo en altura con medios de elevación propios. Comprobado y con pruebas hidráulica. Con una mano de imprimación antioxidante	1	170,00	170,00
RCB mod. SV-DM 7,5/2700, en acero según standard ASTM VIII div 1. Incluido suministro de aislamiento en manta de lana de roca de 5 cm espesor y densidad 40 kg/m3 con cierre de chapa de aluminio e:1mm. Totalmente terminado y con pruebas hidráulicas de taller y en la instalación. Incluido certificado de pruebas y timbrado según RAP	2	2.951,00	5.902,00
TOTAL INSTALACIÓN MECÁNICA HIDRAULICA			9.680,73

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

12.3. INSTRUMENTACIÓN

INSTALACIÓN DE INSTRUMENTACION	Cantidad	Precio Unit.	Total
Suministro e instalación de sonda de presión marca Endress Hauser mod. Cerabar T PMP 135, conexión roscada, totalmente terminada y conectada a PLC mediante cable de comunicación de señal, apantallado, de dos conductores. Incluso pruebas de funcionamiento	2	207,09	207,09
Suministro e instalación de Caudalímetro de vapor marca Endress Hauser modelo Prowirl F200, 7F2B40, DN100, 4" para conexión Wafer, incluso elementos de ajuste y juntas. Incluida conexión a PLC mediante cable de comunicación de señal, apantallado. Pruebas de comunicación incluidas	1	1.568,99	1.568,99
Suministro e instalación de sonda de temperatura marca Endress Hauser L250mm/rosca G/2"/AL/4-20mA.incluso elementos de ajuste y juntas. Incluida conexión a PLC mediante cable de comunicación de señal, apantallado. Pruebas de comunicación incluidas	1	292,61	292,61
Suministro e instalación de sonda de temperatura marca Endress Hauser L100mm/rosca G 1/2"/AL/4-20mA, incluso elementos de ajuste y juntas. Incluida conexión a PLC mediante cable de comunicación de señal, apantallado. Pruebas de comunicación	1	254,53	254,53
Suministro e instalación de sonda de humedad marca Hydronics, mod. Hydro Probe Orbiter(ORBA3)+brazo sensor(ORBA 1-560H)+cable de comunicación brazo-sonda. Incluida conexión a PLC y pruebas de comunicación	1	2.559,10	2.559,10
TOTAL INSTALACIÓN INSTRUMENTACIÓN			4.882,32

12.4. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

RESUMEN DE PRESUPUESTO			
TOTAL INSTALACIÓN MECÁNICA HIDRAULICA			9.680,73
TOTAL INSTALACIÓN INSTRUMENTACIÓN			4.882,32
TOTAL INSTALACIÓN DE CONTROL ELÉCTRICA Y NEUMÁTICA			9.939,52
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL (P.E.M.)			24.502,57
GASTOS GENERALES			2.695,28
BENEFICIO INDUSTRIAL (5% P.E.M.)			1.225,13
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA			28.422,98
I.V.A. (21%)			5.968,83
PRESUPUESTO DE INVERSIÓN			34.391,81

Asciende el presente presupuesto a la expresada cantidad de Treinta y cuatro mil trescientos noventa y un Euros con ochenta y un Céntimos

ESCUELA SUPERIOR DE TECNOLOGÍA Y CIENCIAS EXPERIMENTALES

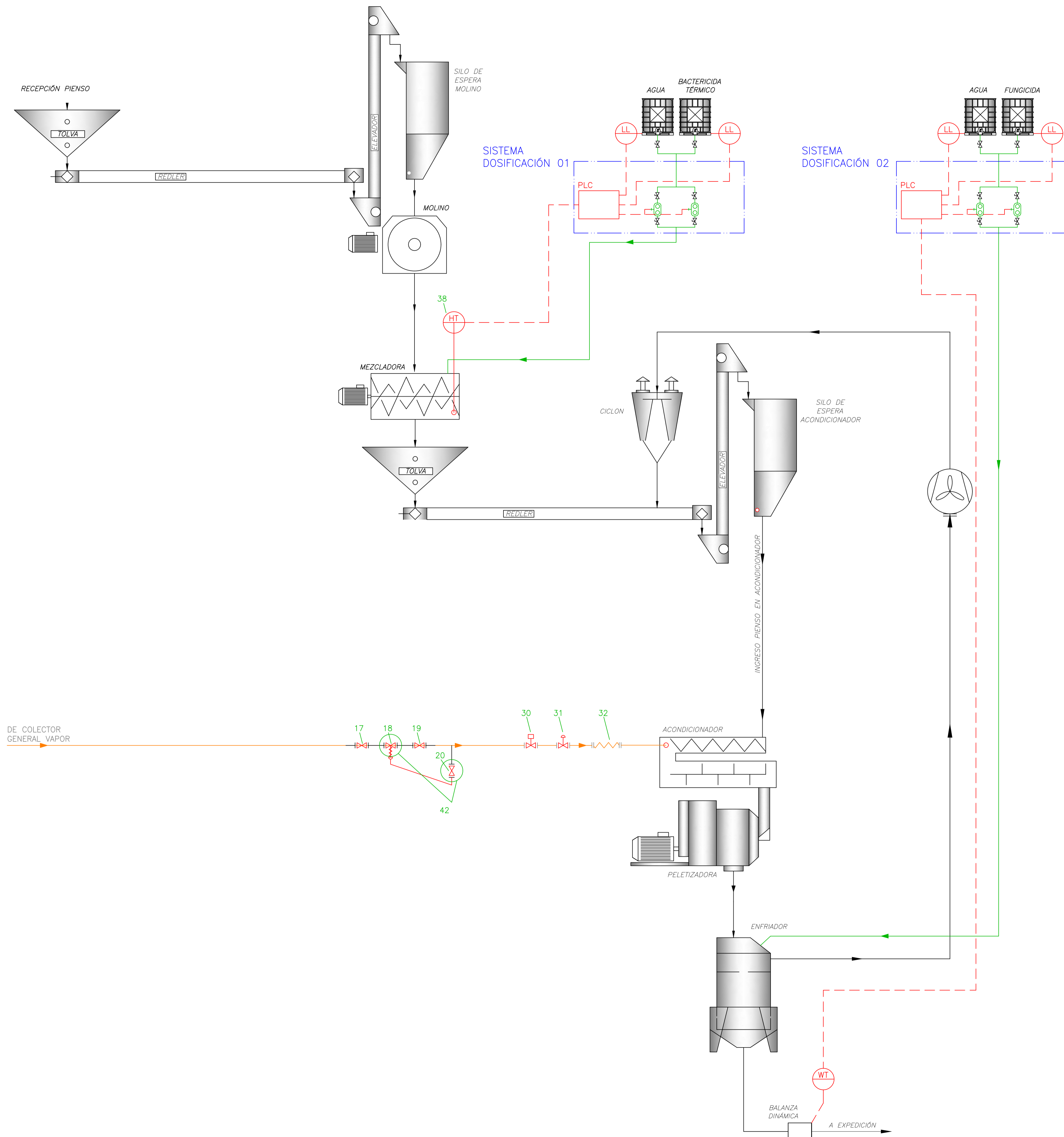
MÁSTER UNIVERSITARIO EN EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD (PLAN 2018)

PLANOS

MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DEVAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

13. PLANOS

- 13.1. ESQUEMA DE PROCESO ANTES DE LA MEJORA
- 13.2. DETALLE DE LA MEJORA
- 13.3. ESQUEMA DE PROCESO DESPUÉS DE LA MEJORA
- 13.4. SEPARADORES DE NIEBLAS. DETALLES CONSTRUCTIVOS
- 13.5. SEPARADORES DE NIEBLAS. DETALLE MONTAJE SISTEMA DE CONTROL



SÍMBOLOS DE TUBERIAS, INSTRUMENTOS, VÁLVULAS y DETALLES INST. VAPOR

A		LÍNEA VAPOR PRINCIPAL-STEAMBLOCK	K		FT	MEDIDOR DE CAUDAL ONLINE
B		VÁLVULA DE COMPUTUERTA	L		AC	SENSOR CONTROL INTENSIDAD MOTOR
C		FILTRO EN "Y"	M		TE	SENSOR/TRANSDUCTOR DE TEMPERATURA ONLINE
D		VÁLVULA DE CORTE	N		HT	SENSOR/TRANSDUCTOR DE HUMEDAD y T° ONLINE
E		LÍNEA FLEXIBLE (LATIGULLO METÁLICO)	O		PT	SENSOR/TRANSDUCTOR DE PRESION ONLINE
F		VÁLVULA DE CONTROL AUTOMÁTICA	P		PLC	SISTEMA DE MANDO EN VÁLVULA DE CONTROL
G		VÁLVULA REGULADORA PILOTADA	Q			LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE SEÑALES A PANEL DE CONTROL
H		TRAMPA DE VAPOR	R			SEPARADOR DE NIEBLAS
I		MIRILLA				
J		VÁLVULA DE RETENCION				

- | | |
|---|---|
| 17 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA | 30 VÁLVULA DE CORTE-MANUAL O AUTOMÁTICA |
| 18 VÁLVULA DE CONTROL MANUAL O PILOTADA | 31 VÁLVULA AUTOMÁTICA CONTROL DE CAUDAL |
| 19 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA | 32 AMORTIGUADOR DE VIBRACIONES Y GOLPES DE ARIETE |
| 20 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA | 42 PILOTAJE |

4					
3					
2					
1					
0	PFD Fabricación de pienso	J.V.A.V.	COMPROB.	APROB.	22/10/2021
REV.	DESCRIPCIÓN	REALIZADO	COMPROB.	APROB.	FECHA

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD (PLAN DE 2018) INSTALACIONES INDUSTRIALES

TÍTULO: MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

ESQUEMA GENERAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PIENSO. ANTES DE APLICAR LA MEJORA

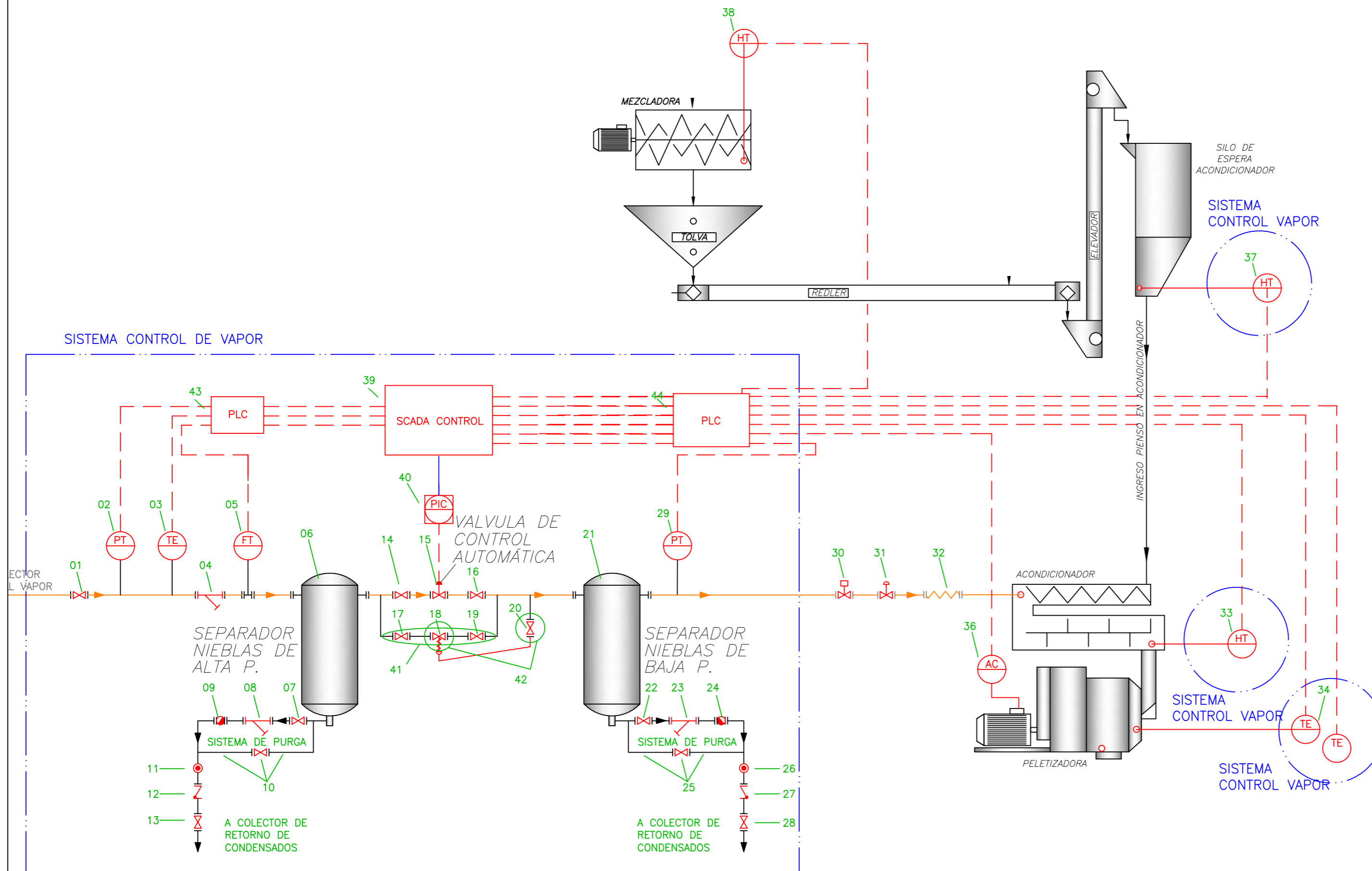
ESCALA: --/-- N° DE PLANO: 01 AUTOR: JOSÉ VICENTE ANDREU VIDAL REVISIÓN N°: 01

PROYECTO: TFM-2021

SE RESERVA LA PROPIEDAD EN TÉRMINOS DE LA LEY DE ESTE DIBUJO, CON PROHIBICIÓN DE REPRODUCIRLO, TOTALMENTE O PARCIALMENTE, SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA.

SIMBOLOS DE TUBERIAS, INSTRUMENTOS, VÁLVULAS y DETALLES INST. VAPOR

A		LÍNEA VAPOR PRINCIPAL STEAMBLOCK	K		MEDIDOR DE CAUDAL ONLINE
B		VÁLVULA DE COMPUERTA	L		SENSOR CONTROL INTENSIDAD MOTOR
C		FILTRO EN "Y"	M		SENSOR/TRANSDUCTOR DE TEMPERATURA ONLINE
D		VÁLVULA DE CORTE	N		SENSOR/TRANSDUCTOR DE HUMEDAD y T° ONLINE
E		LÍNEA FLEXIBLE (LATIGUILLO METÁLICO)	O		SENSOR/TRANSDUCTOR DE PRESIÓN ONLINE
F		VÁLVULA DE CONTROL AUTOMÁTICA	P		SISTEMA DE MANDO EN VÁLVULA DE CONTROL
G		VÁLVULA REGULADORA PILOTADA	Q		LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE SEÑALES A PANEL DE CONTROL
H		TRAMPA DE VAPOR	R		SEPARADOR DE NIEBLAS
I		MIRILLA			
J		VÁLVULA DE RETENCIÓN			



- | | |
|---|---|
| 01 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA | 23 FILTRO EN "Y" |
| 02 SENSOR Y TRANSDUCTOR DE PRESIÓN ONLINE | 24 TRAMPA DE VAPOR |
| 03 SENSOR Y TRANSDUCTOR DE TEMPERATURA ONLINE | 25 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA |
| 04 FILTRO EN "Y" | 26 MIRILLA |
| 05 MEDIDOR DE CAUDAL ONLINE | 27 VÁLVULA DE RETENCIÓN |
| 06 SEPARADOR DE NIEBLAS | 28 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA |
| 07 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA | 29 SENSOR TRANSDUCTOR DE PRESIÓN ONLINE |
| 08 FILTRO EN "Y" | 30 VÁLVULA DE CORTE-MANUAL O AUTOMÁTICA |
| 09 TRAMPA DE VAPOR | 31 VÁLVULA AUTOMÁTICA CONTROL DE CAUDAL |
| 10 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA | 32 AMORTIGUADOR DE VIBRACIONES Y GOLPES DE ARIETE |
| 11 MIRILLA | 33 SENSOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA ONLINE |
| 12 VÁLVULA DE RETENCIÓN | 34 SENSOR TRANSDUCTOR DE TEMPERATURA ONLINE |
| 13 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA | 35 SENSOR TRANSDUCTOR DE TEMPERATURA ONLINE |
| 14 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA | 36 SENSOR TRANSDUCTOR DE INTENSIDAD ONLINE |
| 15 VÁLVULA AUTOMÁTICA DE CONTROL DE PRESIÓN | 37 SENSOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA ONLINE |
| 16 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA | 38 SENSOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA ONLINE |
| 17 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA | 39 SISTEMA SCADA |
| 18 VÁLVULA DE BYPASS MANUAL O PILOTADA | 40 CONTROL AUTOMÁTICO VÁLVULA |
| 19 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA | 41 SYSTEMA BYPASS |
| 20 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA | 42 PILOTAJE |
| 21 SEPARADOR DE NIEBLAS | 43 PLC |
| 22 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA | 44 PLC |

4					
3					
2					
1					
0	PFD Fabricación de pienso	J.V.A.V.			22/10/2021
REV.	DESCRIPCIÓN	REALIZADO	COMPROB.	APROB.	FECHA

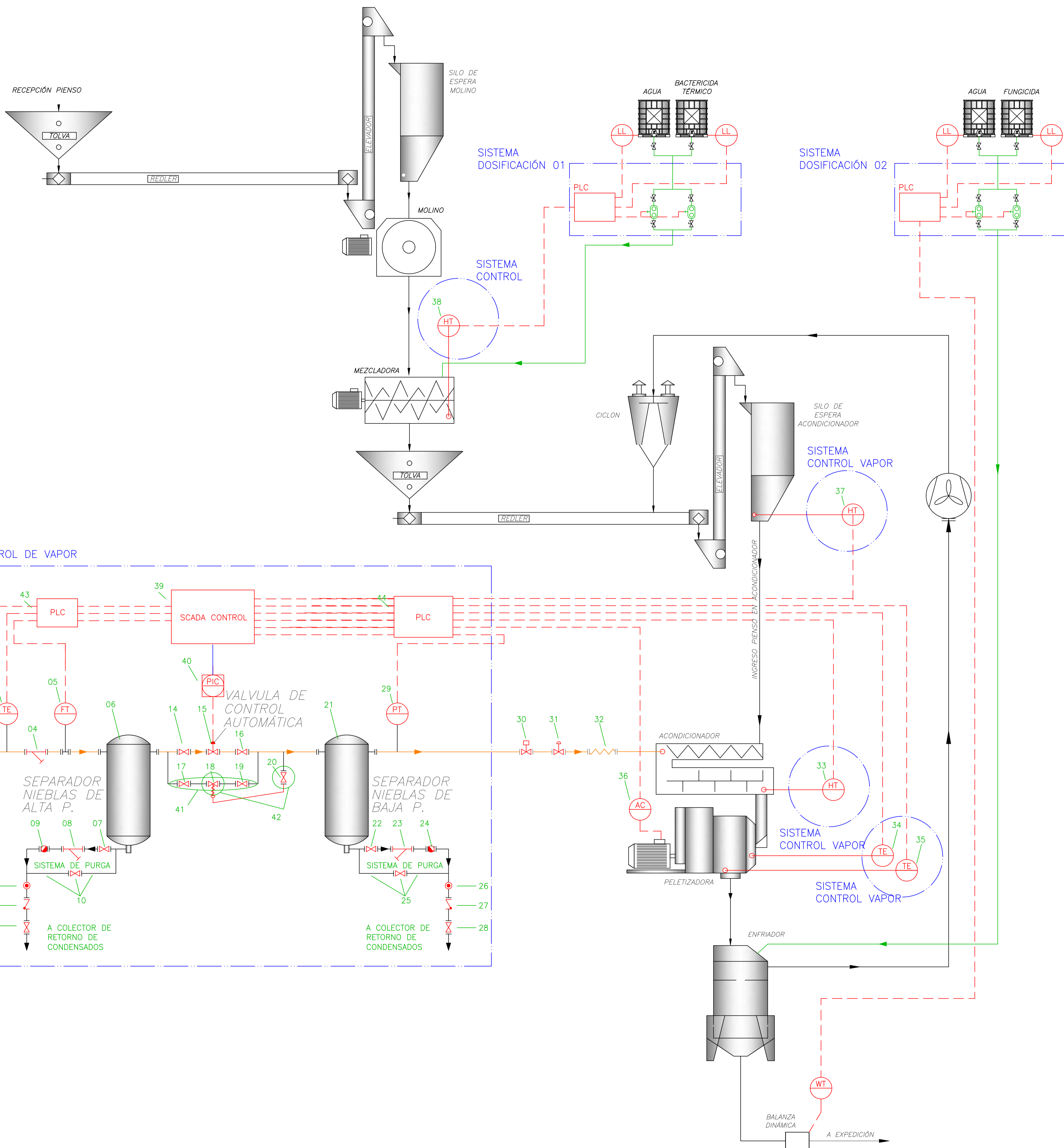
MÁSTER UNIVERSITARIO EN EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD (PLAN DE 2018) INSTALACIONES INDUSTRIALES



TÍTULO: MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

DETALLE DEL SISTEMA DE CONTROL PARA EFICIENCIA DE LA RED DE VAPOR DE AGUA PROYECTO: TFM-2021

ESCALA: --/-- Nº DE PLANO: 02 AUTOR: JOSÉ VICENTE ANDREU VIDAL REVISIÓN Nº: 01



SIMBOLOS DE TUBERIAS, INSTRUMENTOS, VÁLVULAS y DETALLES INST. VAPOR

A		LÍNEA VAPOR PRINCIPAL-STEAMBLOCK	K		FT	MEDIDOR DE CAUDAL ONLINE
B		VÁLVULA DE COMPUERTA	L		AC	SENSOR CONTROL INTENSIDAD MOTOR
C		FILTRO EN "Y"	M		TE	SENSOR/TRANSDUCTOR DE TEMPERATURA ONLINE
D		VÁLVULA DE CORTE	N		HT	SENSOR/TRANSDUCTOR DE HUMEDAD y T° ONLINE
E		LÍNEA FLEXIBLE (LATIGULLO METÁLICO)	O		PT	SENSOR/TRANSDUCTOR DE PRESIÓN ONLINE
F		VÁLVULA DE CONTROL AUTOMÁTICA	P		PIC	SISTEMA DE MANDO EN VÁLVULA DE CONTROL
G		VÁLVULA REGULADORA PILOTADA	Q			LÍNEA DE TRANSMISIÓN DE SEÑALES A PANEL DE CONTROL
H		TRAMPA DE VAPOR	R			SEPARADOR DE NIEBLAS
I		MIRILLA				
J		VÁLVULA DE RETENCIÓN				

- 01 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA
- 02 SENSOR Y TRANSDUCTOR DE PRESIÓN ONLINE
- 03 SENSOR Y TRANSDUCTOR DE TEMPERATURA ONLINE
- 04 FILTRO EN "Y"
- 05 MEDIDOR DE CAUDAL ONLINE
- 06 SEPARADOR DE NIEBLAS
- 07 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA
- 08 FILTRO EN "Y"
- 09 TRAMPA DE VAPOR
- 10 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA
- 11 MIRILLA
- 12 VÁLVULA DE RETENCIÓN
- 13 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA
- 14 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA
- 15 VÁLVULA AUTOMÁTICA DE CONTROL DE PRESIÓN
- 16 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA
- 17 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA
- 18 VÁLVULA DE BYPASS MANUAL O PILOTADA
- 19 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA
- 20 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA
- 21 SEPARADOR DE NIEBLAS
- 22 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA
- 23 FILTRO EN "Y"
- 24 TRAMPA DE VAPOR
- 25 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA
- 26 MIRILLA
- 27 VÁLVULA DE RETENCIÓN
- 28 VÁLVULA DE CIERRE Y APERTURA
- 29 SENSOR TRANSDUCTOR DE PRESIÓN ONLINE
- 30 VÁLVULA DE CORTE-MANUAL O AUTOMÁTICA
- 31 VÁLVULA AUTOMÁTICA CONTROL DE CAUDAL
- 32 AMORTIGUADOR DE VIBRACIONES Y GOLPES DE ARIETE
- 33 SENSOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA ONLINE
- 34 SENSOR TRANSDUCTOR DE TEMPERATURA ONLINE
- 35 SENSOR TRANSDUCTOR DE TEMPERATURA ONLINE
- 36 SENSOR TRANSDUCTOR DE INTENSIDAD ONLINE
- 37 SENSOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA ONLINE
- 38 SENSOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA ONLINE
- 39 SISTEMA SCADA
- 40 CONTROL AUTOMÁTICO VÁLVULA
- 41 SYSTEMA BYPASS
- 42 PILOTAJE
- 43 PLC
- 44 PLC

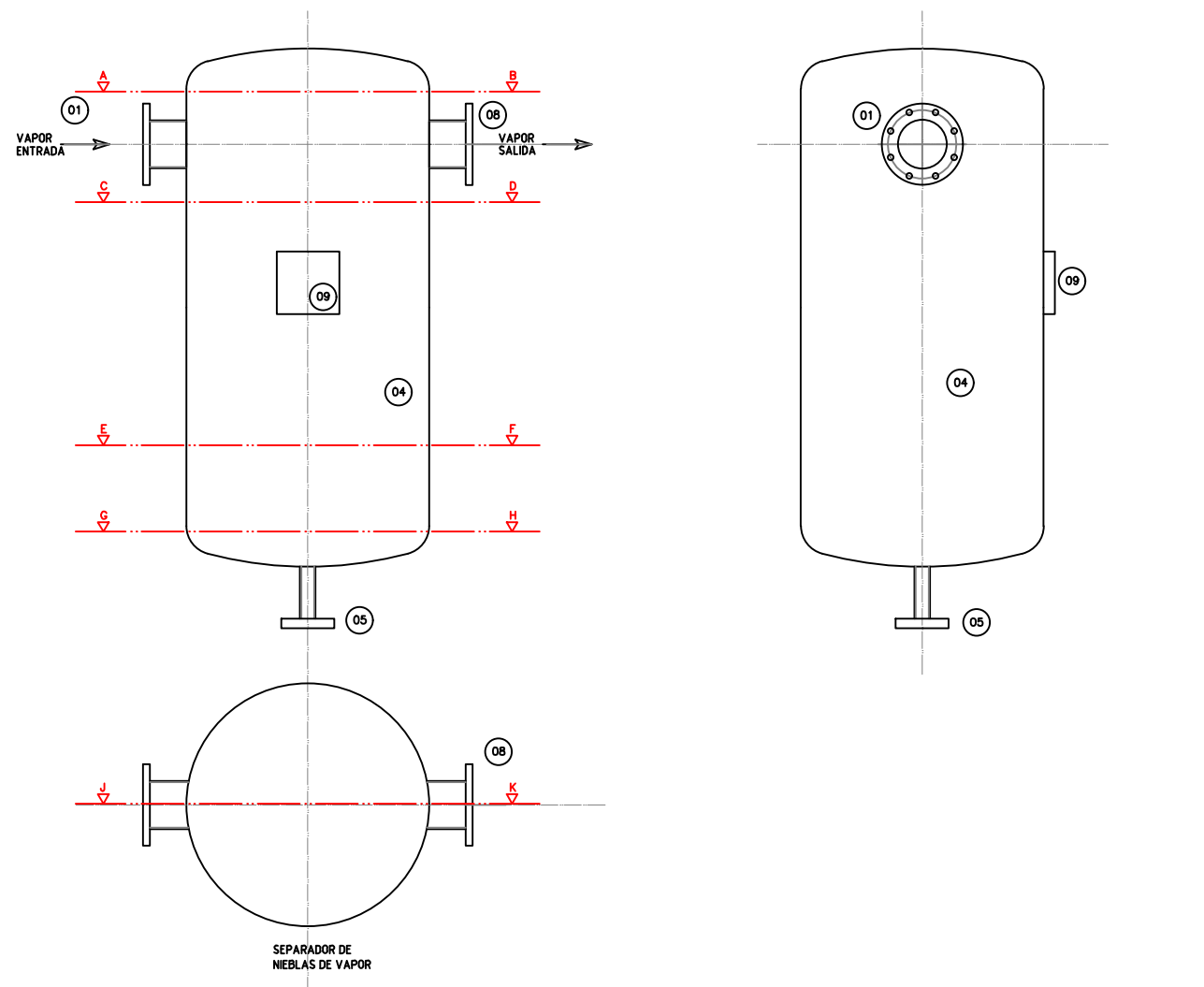
4					
3					
2					
1					
0	PFD Fabricación de pienso	J.V.A.V.	COMPROB.	APROB.	22/10/2021

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD (PLAN DE 2018) INSTALACIONES INDUSTRIALES

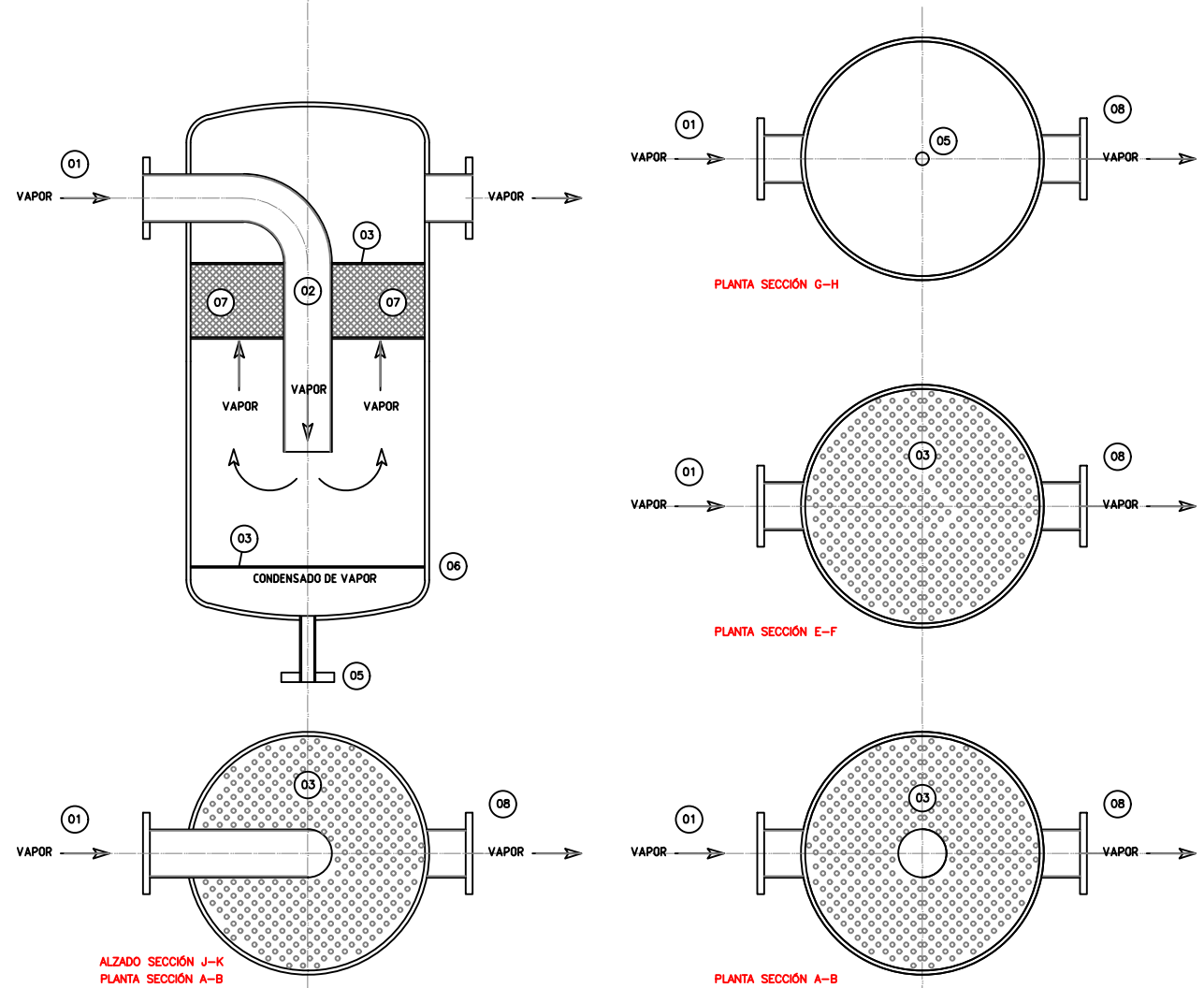
TÍTULO: MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSO A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

ESQUEMA GENERAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PIENSO. DESPUÉS DE APLICAR LA MEJORA				PROYECTO: TFM-2021
ESCALA: --/--	Nº DE PLANO: 03	AUTOR: JOSÉ VICENTE ANDREU VIDAL	REVISIÓN Nº: 01	

SE RESERVA LA PROPIEDAD EN TÉRMINOS DE LA LEY DE ESTE DERECHO, CON PROHIBICIÓN DE REPRODUCIRLO, TOTALMENTE O PARCIALMENTE, SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA.



SEPARADOR DE NIEBLAS DE VAPOR



PLANTA SECCIÓN G-H

PLANTA SECCIÓN E-F

ALZADO SECCIÓN J-K
PLANTA SECCIÓN A-B

PLANTA SECCIÓN A-B

- 01 ENTRADA DE VAPOR – DN100
- 02 DEFLECTOR DE VAPOR
- 03 PLATO PERFORADO ACERO INOX AISI 316L
- 04 CUERPO DEL SEPARADOR
- 05 SALIDA DE CONDENSADOS – DN25
- 06 NIVEL DE OPERACIÓN DE CONDENSADO
- 07 SEPARADOR DE NIEBLAS ACERO INOX AISI 316L
- 08 SALIDA DE VAPOR SECO
- 09 PLACA DE CARACTERÍSTICAS SEPARADOR

MATERIAL: ACERO AL CARBONO
ASTM 106 B
DIN 2448/DIN 1629 St44.0
PN 16 – BRIDAS #150 lb
Sch 80

MATERIAL: ACERO INOX
AISI 316 L

4					
3					
2					
1					
0	Detalle montaje	J.V.A.V.			22/10/2021
REV.	DESCRIPCIÓN	REALIZADO	COMPROB.	APROB.	FECHA

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD (PLAN DE 2018) INSTALACIONES INDUSTRIALES



TÍTULO: MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

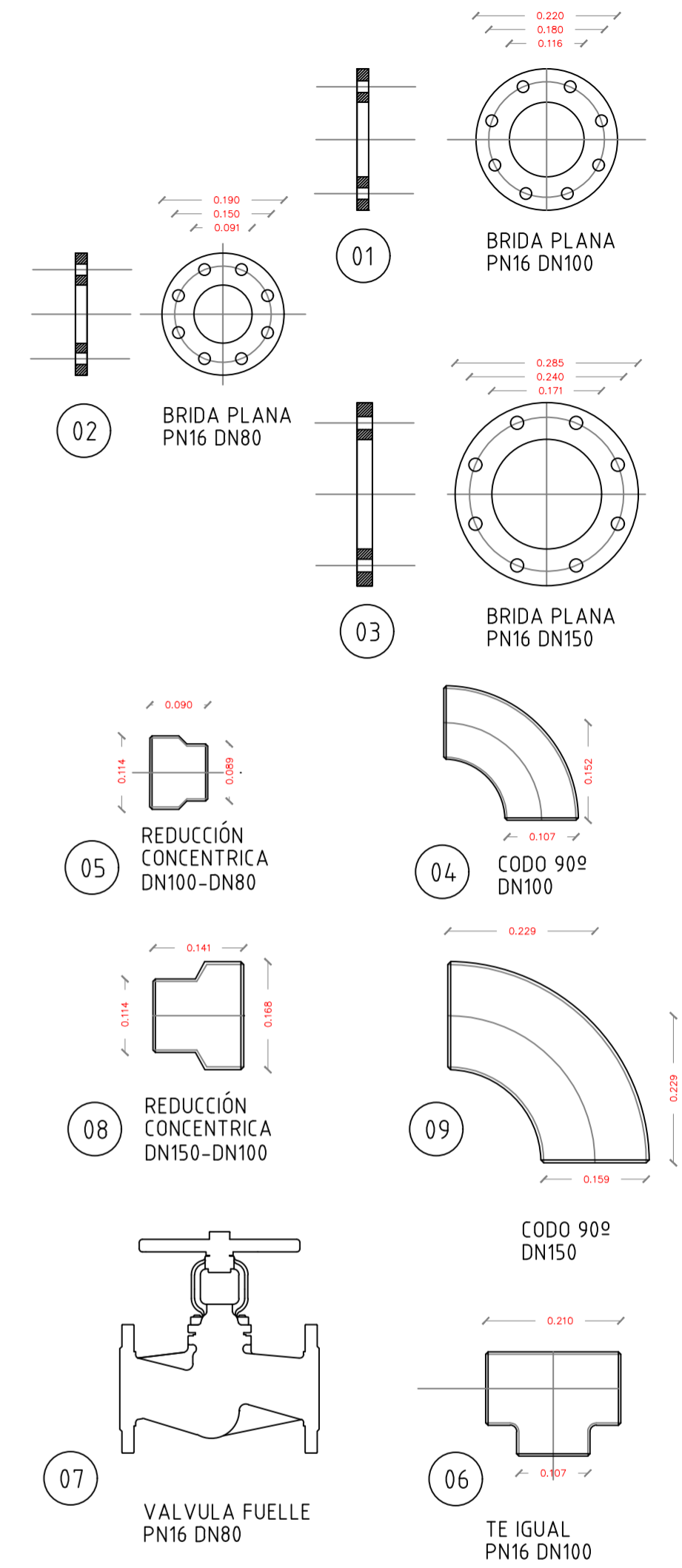
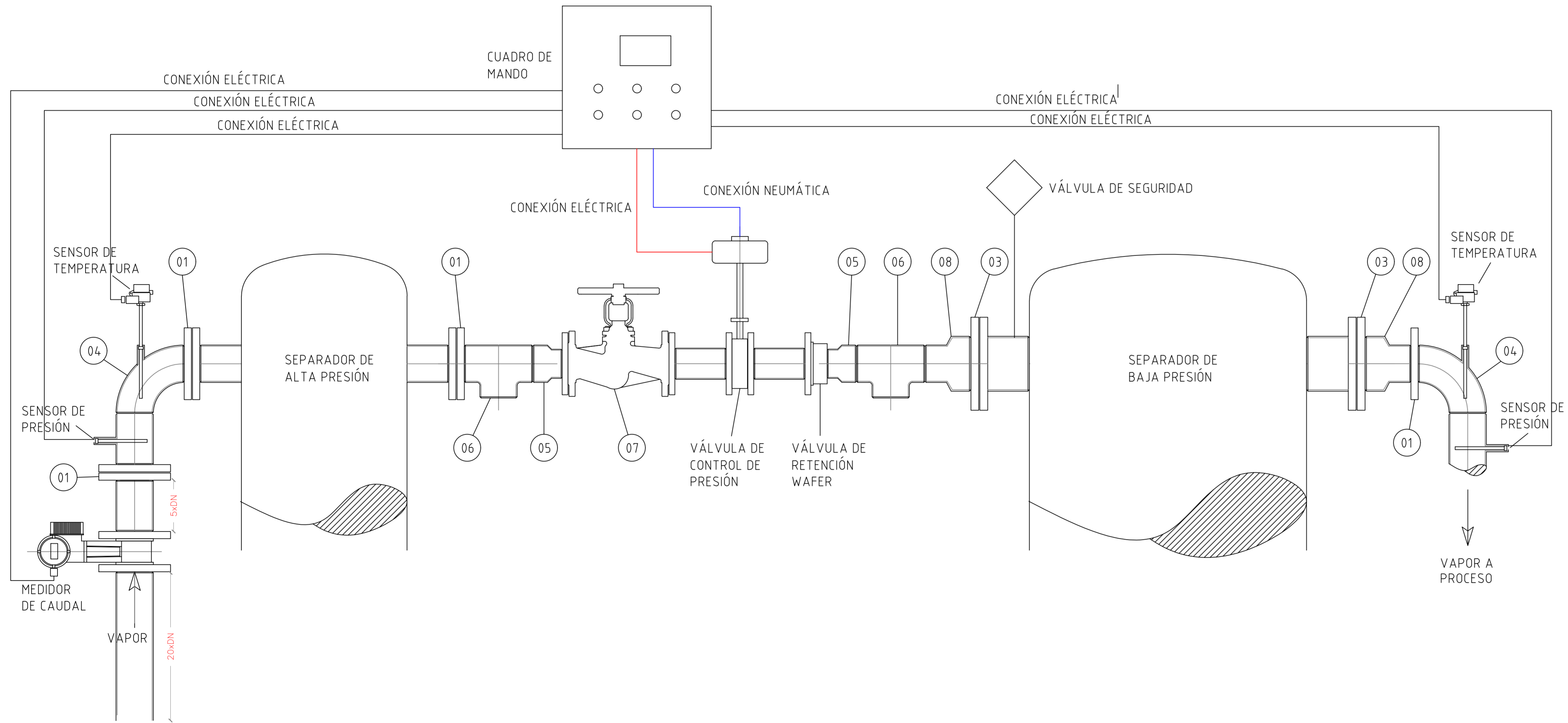
SEPARADORES DE NIEBLAS. DETALLES CONSTRUCTIVOS

PROYECTO:
TFM-2021

ESCALA: --/--
Nº DE PLANO: 04
AUTOR: JOSÉ VICENTE ANDREU VIDAL

REVISIÓN Nº:
01

4.089



4					
3					
2					
1					
0	Detalle montaje	J.V.A.V.			22/10/2021
REV.	DESCRIPCIÓN	REALIZADO	COMPROB.	APROB.	FECHA

MÁSTER UNIVERSITARIO EN EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD (PLAN DE 2018) INSTALACIONES INDUSTRIALES

TÍTULO: MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LAS REDES DE VAPOR DE AGUA UTILIZADAS PARA LA COCCIÓN DE LOS PIENSOS A PELETIZAR EN LA INDUSTRIA AGROALIMENTARIA

DETALLE DEL MONTAJE DE LOS ELEMENTOS DE CONTROL DEL SISTEMA				PROYECTO: TFM-2021
ESCALA: --/--	Nº DE PLANO: 05	AUTOR: JOSÉ VICENTE ANDREU VIDAL		REVISIÓN Nº: 01

SE RESERVA LA PROPIEDAD EN TÉRMINOS DE LA LEY DE ESTE DIBUJO, CON PROHIBICIÓN DE REPRODUCIRLO, TOTALMENTE O PRESTARLO A TERCEROS SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA.