



Escuela Politécnica Superior



UNIVERSIDAD DE SEVILLA

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE
SEVILLA**

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA INDUSTRIAL.

Título del trabajo fin de grado:

**OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE UNA REFINERÍA
DE ACEITE VEGETAL EN LA PROVINCIA DE
SEVILLA.**

Dirección.

Dr. Ing. Antonio Rosales Martínez. Profesor Titular de Universidad

Dr. Ing. José Sánchez Ramos. Profesor Titular de Universidad

Presentado por.

Francisco José Díaz Haro

Fecha de defensa oral y pública:

Sevilla, de 2022

AGRADECIMIENTOS

Al tutor, a mi familia y a todos aquellos que comparten su vida conmigo.

“Gracias” es una palabra densa que dice mucho de quien la pronuncia y de quien la recibe, que facilita la vida propia y la ajena, es un código, es la abreviación de una frase que no hace falta decir entre aquellos que la pronuncian con sentido y verdad.

Se dice que el comienzo de la palabra gracia como tal tiene su origen en el cristianismo, haciendo referencia a un favor o un don gratuito concedido por Dios.
La gracia de Dios.

Su origen etimológico procede del latín, como gratia, que a su vez procede de gratus, agradable, grato. Como Agradable y grato ha sido el camino, el sendero o trayecto, con sus bosques oscuros y claros, con sus llanuras amplias y peligrosa, con lo descubierto y lo desconocido. El camino de la educación.

Educación que, para evidenciar la primera definición, ha sido gratis, como un favor o don concedido, en este caso, por dioses maduros, sabios y mortales, nuestros mayores. Los que hicieron real este derecho y este lujo, la educación, la universidad. son para ellos estas palabras, para los que conocemos y los que no, con mirada sabia y piel quebrada, con historias, sus historias, las mismas que hicieron posible un mundo moderadamente justo, la realidad en la que vivimos.

Gracias por vuestro grato regalo.

A la vida, al arte y a la palabra,
Porque aún más hermoso que estar vivo, es sentirse vivo,
Y para ello, hay que sentir con los sentidos

Al tiempo, ese que se acelera y para,
al que vale más que el oro,
porque el tiempo es vida, y el final no aviene a soborno.

ÍNDICE

1. Introducción

2. Definición del esquema básico refinado de crudo vegetal
 - 2.1. Introducción
 - 2.2. Procesos fundamentales
 - 3.2.1. enfriamiento
 - 3.2.2. neutralización
 - 3.2.3. lavado y secado
 - 3.2.3.1. lavado y secado de crudo neutro
 - 3.2.3.2. lavado y secado de fondos
 - 3.2.4. decoloración
 - 3.2.5. desodorización
 - 3.2.6. winterización
 - 2.3. Esquema general línea de semillas

3. Requerimientos energéticos y fuentes de calor residual
 - 3.1. Introducción
 - 3.2. Requerimientos energéticos de cada unidad
 - 3.3. Esquema general disposición de intercambiadores

4. Propuestas de mejoras
 - 4.1. Estudio de viabilidad para asilamiento de conducciones
 - 4.1.1. Descripción técnica
 - 4.1.1.1. Objetivos
 - 4.1.1.2. Grado de aplicabilidad
 - 4.1.1.3. Influencia sobre el consumo energético
 - 4.1.1.4. Limitaciones
 - 4.1.1.5. Generalización de conducciones
 - 4.1.2. Especificaciones por procesos
 - 4.1.2.1. Conducciones de la caldera a los puntos de servicio

4.1.2.1.1. Vapor de la caldera como aporte al proceso

4.1.2.1.2. Vapor para procesos de recuperación

4.1.2.1.3. Vapor para unidad de limpieza de placas

4.1.2.1.4. Vapor para ACS

4.1.2.2. Conducciones de los puntos de servicios al tanque de purga

4.1.2.3. Conducciones térmicas en las unidades

4.1.2.3.1. Unidad de lavado y secado

4.1.2.3.2. Unidad de decoloración

4.1.2.3.3. Unidad de desodorización

4.1.2.3.4. Conducciones de agua precalentada a tanque caldera

4.1.2.4. Tabla global características de conducciones

4.1.2.5. Estudio y cuantificación de las pérdidas de calor

4.1.2.6. Dimensionado y descripción del tipo de aislamiento, así como el coste de materiales

4.1.2.7. Montaje de instalación, estudio económico

4.1.2.8. Coste total de la instalación

4.1.2.9. Confrontamiento de pérdidas con y sin aislamiento

4.1.2.10. Comparativa

4.1.2.11. Análisis de inversión

4.2. Estudio cualitativo de una posible recirculación de emisiones de columna

4.2.1. Descripción técnica

4.2.1.1. Objetivo

4.2.1.2. Grado de aplicabilidad

4.2.1.3. Influencia sobre el consumo energético

4.2.1.4. Limitaciones

4.2.2. Introducción

4.2.3. Estado actual

4.2.4. Planteamiento de la solución

4.2.5. Alcance

4.3. Estudio de viabilidad de una instalación de energía solar térmica

- 4.3.1. Descripción técnica**
 - 4.3.1.1. Objetivo**
 - 4.3.1.2. Grado de aplicabilidad**
 - 4.3.1.3. Influencia sobre el consumo energético**
 - 4.3.1.4. Limitaciones**
- 4.3.2. Introducción**
- 4.3.3. Consideraciones de la intensidad solar y características según la zona**
- 4.3.4. Área disponible**
- 4.3.5. Plan de proyecto**
- 4.3.6. Presupuesto por bloque**
- 4.3.7. Oferta según tamaño de la instalación**
- 4.3.8. Magnitud de la instalación**
- 4.3.9. Balance de la propuesta**
- 4.3.10. Análisis de la inversión**

5. Análisis de las mejoras y conclusión

- 5.1. Introducción**
- 5.2. Evolución del precio del combustible gaseoso**
- 5.3. Análisis conjunto**

6. Defensa de la propuesta

7. Anexos

Anexo I. Imágenes del software de control

Anexo II. Alternativas de reutilización para los residuos

8. Bibliografía

1.INTRODUCCIÓN

En el presente apartado vamos a acompañar al lector en una vista somera y superficial sobre el trabajo que nos lleva, señalando las partes o piezas claves del mismo, que tras su conexión dan sentido y armonía a éste.

En primer lugar presentaremos el trabajo diciendo que la finalidad de éste es la de realizar el análisis energético de una refinería de aceite, proponer un paquete de mejoras y realizar una comparativa energética y económica del estado previo y posterior, cotejando la viabilidad de las mejoras planteadas.

La redacción del presente documento se ha pivotado esencialmente en una serie de ideas que tras ordenarlas numerosas veces han resultado ser los puntos unitarios del índice.

En todo momento se ha intentado respetar un esquema que facilitase la lectura y entendimiento del proyecto, guiando al lector de forma cronológica a través de sus páginas, e intentando dar respuestas a sus preguntas antes de que éstas emanen.

La finalidad ha sido hilar las partes a fin de que la anterior sea la base, o al menos necesaria para el entendimiento de la posterior, y ésta a su vez de la siguiente que le sigue.

Entrando en la materia del trabajo y contenido del mismo, diremos, y posteriormente podrán comprobar, que éste orbita en base a una serie de partes esenciales conectadas entre sí, y de las cuales a su vez yacen subapartados que proporcionan densidad y respaldo al documento.

En un primer lugar, y como continuación de estas líneas aparece una definición del esquema básico sobre el refinado del crudo vegetal. A pesar de que no aparecen expresiones de energía, de calores, tipos de aislamientos o mejoras, no solo se ha decidido introducirlo, si no que se ha colocado en primer lugar, con el fin de entender el sistema o medio con el que vamos a trabajar.

Se ha considerado que si entendemos como funciona el conjunto, lo que ocurre en cada punto o unidad de proceso, las necesidades y limitaciones de la planta, podremos conocer las reglas del “juego”.

El contenido que acoge el apartado es denso, siendo necesario, como se acaba de indicar, para el entendimiento del sistema y como justificación para algunas de las partes más técnicas de cálculo.

No obstante, esta parte puede ser ojeada por el lector sin necesidad de profundizar excesivamente entre sus subapartados, quedando siempre la posibilidad de volver y leer el funcionamiento básico de algún punto o unidad de procesado que se requiera para entender un apartado posterior o por simple curiosidad.

Cabe destacar que los datos con los que se trabaja han sido facilitados por la empresa en cuestión, facilitando la proyección de un sistema real y tangible.

Tras la definición del funcionamiento genérico de la planta, le sigue un segundo apartado sobre las necesidades o requerimientos energéticos de cada unidad. Fíjense en lo que se comentó al comienzo de esta página sobre la disposición cronológica de los apartados, cobrando sentido el descrito anteriormente. Si no conocemos como funcionan las unidades o paquetes de trabajo, si desconocemos sus condiciones, difícilmente sabremos solucionar nada si ignoramos lo que está ocurriendo.

En éste se pretende acompañar al lector por las unidades básicas, no atendiendo a lo que ocurre en el proceso como tal, si no centrándonos en los cambios de energía térmica que sufre la materia a lo largo de su procesado.

Se ha intentado que quien lo lea, sea espectador de aquello que ocurre, introduciéndose y pasando por las unidades, al tiempo que forma parte de los flujos térmicos que tienen lugar en la planta.

Una vez tomamos perspectiva del terreno, de a que nos enfrentamos, una vez maduramos la idea y entendemos cómo funciona, estamos en disposición de intentar mejorarlo.

Es aquí donde entra el grueso o núcleo del trabajo, donde se proponen y estudian un conjunto de posibles mejoras para implementar en el sistema existente.

El bloque de mejoras se ha dividido en tres propuestas, dos de magnitud cuantitativa, pudiendo estimar el alcance o potencial de las mismas, frente a una de sentido cualitativo, en la que se ha optado por definirla como una idea o propuesta de mejora, invitando a profundizar en ella en el caso de que se considere.

Entre las cualitativas tenemos una propuesta para la renovación del aislamiento en conducciones que se encuentran al aire libre. La segunda consiste en un estudio para la instalación de paneles térmicos solares, a fin de aprovechar la gran superficie de cubierta que dispone la planta, imprimiendo calor al agua que entra en la caldera y salvando un escalón previo de calor sensible.

Respecto a la propuesta cualitativa, se estudia una posible recirculación de vapores de emisión. Se ha optado por quedarnos en la idea sin profundizar en

ella debido a la gran complejidad y poca frecuencia de la misma, requiriendo ésta un análisis profundo y una experimentación densa.

A continuación, nos dispondremos a analizar las mejoras, en lugar de por separado, las enfocaremos como un paquete de mejoras agrupadas.

Para finalizar, se han introducido dos anexos complementarios al tema, que se consideraron interesantes, pero no lo suficientemente relevantes como para ser introducidos en los apartados. La intención es no sacar de contexto al lector a lo largo de su recorrido por estas páginas, las cuales se esperan, estén a la altura.

1. DEFINICIÓN DEL ESQUEMA BÁSICO DE REFINADO DEL CRUDO VEGETAL

2.1. Introducción

El proceso de refinado se constituye de una serie de etapas que pueden clasificarse según su naturaleza en dos bloques fundamentales. Por una parte, tenemos procesos químicos en los cuales intervienen el potencial de reacción de la materia prima junto con el de los reactivos, mientras que por otra, tienen lugar los procesos mecánicos, interviniendo las propiedades físicas de los componentes a procesar junto con el de ciertos coadyuvantes.

El refinado consiste en la eliminación de una serie de sustancias o componentes presentes en el crudo que lo hacen no apto para el consumo.

El proceso de refinado es una corrección química y organoléptica de la materia prima, consiguiendo que tras la suma de unidades de proceso, el crudo se transforme en una grasa vegetal incolora, inodora e insípida.

La planta de refinado como sistema está compuesta de una serie de etapas dispuestas a fin de eliminar componentes no deseados del crudo y corregir ciertos valores químicos y organolépticos en éste.

En el presente apartado describiremos los subprocesos que definen al proceso global de refinado. La idea o finalidad con la que se ha creado este apartado es la de definir las unidades de procesos que intervienen en el sistema, siendo las condiciones de operación, más concretamente la temperatura, el pilar fundamental sobre el que oscila el contenido del trabajo que nos trae.

Conociendo las etapas y fases del proceso junto con sus condiciones, podremos entender de forma cualitativa los requerimientos energéticos en cada punto, así como los tipos de flujos de salida y sus correspondientes temperaturas, que tras su análisis podremos valorar su empleo como foco caliente residual aprovechable.

Entender cómo funciona la refinería nos permitirá leer el entramado de flujos térmicos, así como conocer de donde provienen, a donde se dirigen y por donde pasan.

A pesar de que nos centraremos en el refinado de semillas para la descripción generalizada, la planta ejemplo en la que estamos basando nuestro estudio presenta dos bloques distintos de refinados, como es la refinería de semillas y la refinería de oliva.

Para agilizar la comprensión, solo describiremos la planta de semillas, que sin embargo comparte multitud de procesos con la de oliva. No obstante, cuando pasamos del estudio cualitativo al cuantitativo se considerarán ambas plantas, determinando la demanda total de vapor que presenta el complejo.

Aunque este punto se trate en apartados posteriores, cabe decir, que todas las necesidades térmicas demandadas por los diferentes puntos del sistema global que se definen a continuación, serán satisfechas con vapor sobrecalentado procedente de la caldera.

2.2. Procesos fundamentales de la lía de semillas

2.2.1. Enfriamiento

La primera etapa, o etapa previa en el proceso de refinado de crudo de semillas se denomina enfriamiento, y debe su nombre al descenso de temperatura al cual se somete el crudo con el fin de favorecer la etapa de neutralización.

El enfriamiento comienza tomando el crudo del patio de tanques y haciéndolo llegar a un nuevo tanque, el APV, desde el cual entrará a la unidad de intercambiadores. A la salida de éstos, el crudo experimenta una temperatura comprendida entre 7 y 8°C.

El descenso de temperatura se lleva a cabo empleando agua glicolada como foco frío.

(Véase imagen adjunta)

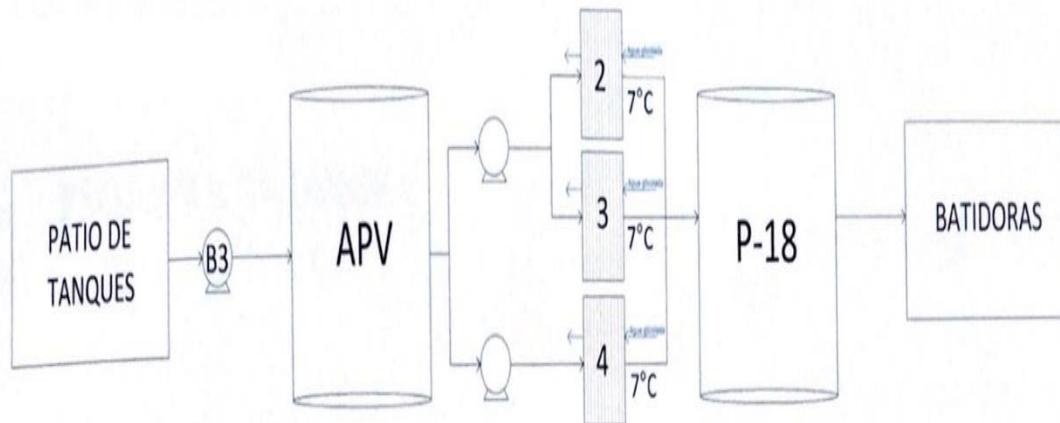
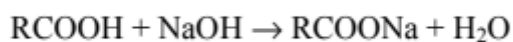


imagen 3.1: Esquema básico del proceso de enfriamiento.

2.2.2. Neutralización

Una vez tenemos el aceite a la temperatura deseada, está listo para la siguiente unidad de proceso, la Neutralización. Ésta es la parte fundamental del bloque de proceso químico.

Lo que se pretende es eliminar, mediante neutralización, todos los ácidos grasos libres (AGL) presentes en el crudo, empleando para tal efecto hidróxido de sodio “sosa” (NaOH). Con la neutralización conseguimos que los AGL se transformen en jabones que posteriormente serán eliminados mediante procesos mecánicos. La reacción de neutralización que se da es la siguiente.



Sin embargo, el empleo de Hidróxido de sodio como reactivo de neutralización presenta controversia al saponificar los triglicéridos del aceite neutro.

Existen reactivos alcalinos más débiles que se han probado en el proceso, pero no han aportado tan buenos resultados como la Sosa.

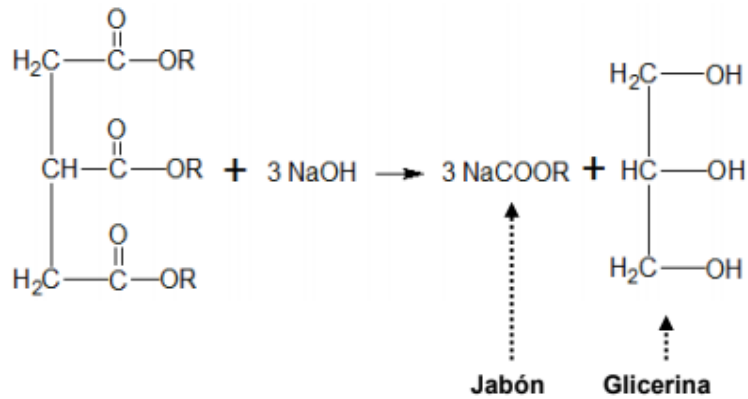


Imagen 3.2: reacción indeseada de saponificación.

El medio físico en el que tiene lugar la neutralización es un recipiente que recibe el nombre de batidora.

En las batidoras también se lleva a cabo la eliminación de fosfolípidos usando Ácido fosfórico como reactivo, concretamente entre un 0.05 y 0.2% en peso dependiendo de la calidad del crudo.

El caudal de entrada en las batidoras está compuesto por el crudo a la temperatura reducida, el ácido fosfórico y la sosa.

primero se cargan las batidoras con el crudo enfriado entre 5 y 8°C. Posteriormente se vierte el ácido fosfórico, y pasados 30 minutos se añade sosa diluida al 4%. Transcurridos nuevamente otros 30 minutos de la última adhesión, se dosifica sosa al 20%.

La cantidad de sosa necesaria se calcula de forma estequiométrica según el grado de acidez que presente el medio.

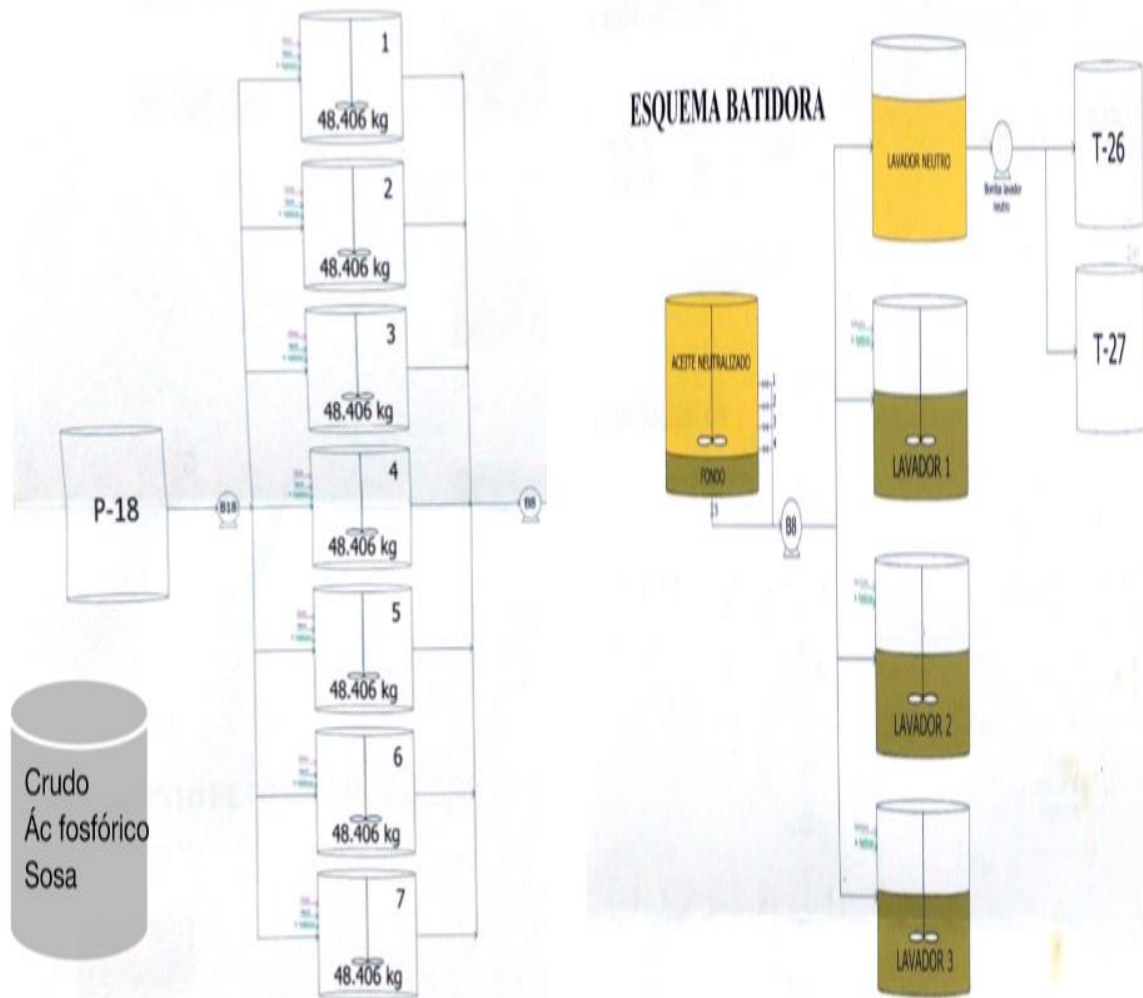


imagen 3.3: esquema de baterías

Una vez se añaden los componentes reaccionantes, y se favorece la reacción con agitación, se deja decantar la mezcla dentro de la propia batidora. transcurrido el tiempo necesario se distinguen dos estados diferentes, un crudo neutro en la zona superior y una pasta decantada. Ambas se tratarán por separado en etapas posteriores.

Durante el proceso de neutralización se toman muestras en las que se observan como evoluciona el proceso de decantación. En el caso en el que no se distinga con suficiente nitidez la aparición de las dos fases debemos de añadir agua para favorecer la decantación. Si tras añadir agua la muestra sigue sin mostrar una separación de fases aceptable deberemos de sumar sosa a la mezcla debido a que la separación no es la deseada por no haberse alcanzado la neutralización de la mezcla.

No obstante, siempre es preciso añadir un exceso de sosa, no solo para conseguir una buena separación, si no también para formar electrolitos que favorezcan la separación de jabones y eviten la emulsión de la mezcla.

En la siguiente imagen se observa como evoluciona la decantación de la mezcla para diferentes muestras tomadas en distintas batidoras. Las muestras sirven como testigo visual de la calidad de separación de la mezcla en la batidora. tras la visualización y análisis de las muestras podemos actuar de forma correctiva.



imagen 3.4. toma de muestras para observar decantación

2.2.3. Lavado y secado

La unidad de lavado está compuesta por un grupo de bombas centrífugas que tiene la finalidad de eliminar todos los sólidos comprendidos en el neutro y que no han sido decantados en el proceso de neutralización. Se eliminan jabones. A la salida del grupo de bombas centrífugas nos encontramos con un secador a vacío con el objetivo de eliminar todos los posibles restos de agua presentes.

Lo que tenemos a la salida de esta unidad de proceso es un crudo neutro y lavado.

Distinguiremos entre dos subprocesos de lavado. Lavado de crudo neutro y lavado de fondos.

2.2.3.1. Lavado y secado de crudo neutro.

El crudo neutro que se encuentra en la parte superior de las batidoras puede ser introducido directamente en la unidad de proceso de lavado.

La parte interesante de este proceso, para el trabajo que nos lleva, es el incremento de temperatura que debe sufrir el crudo previo a la entrada en las centrífugas, pasando de 5 a 90 grados.

Este incremento de temperatura lo trataremos con más detenimiento en el apartado 2 (requerimientos energéticos y fuentes de calor residual)

Una vez que el crudo alcanza la temperatura requerida para el proceso se hace pasar por dos centrífugas, las cuales separarán los componentes del crudo según densidad.

A la salida tendremos jabones como subproducto* y crudo lavado como producto principal que entrará en el secador a fin de eliminar los restos de agua contenidos en éste. el secador opera a vacío.

**consideraremos a los jabones, a la salida de las centrífugas, como un producto secundario y no como un subproducto debido a la composición orgánica de éstos y su posible interés para la rama de digestores anaeróbicos. También pueden ser empleado en diversos procesos de reutilización como el de compostaje entre otros. Véase ANEXO I.*

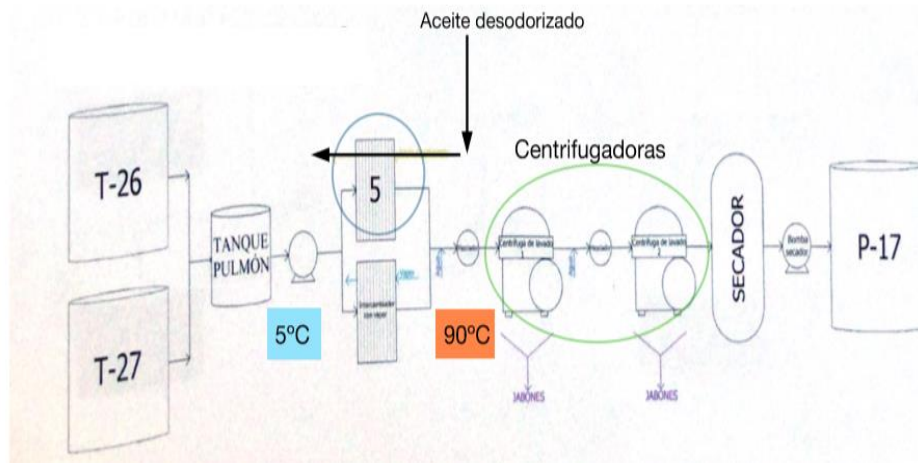


imagen 3.5: esquema de lavado y secado

En la imagen 3.5 del presente apartado, como su título indica, se observa un esquema reducido del proceso de lavado y secado directo para curdo neutralizado. En él podemos discernir la disposición de los equipos, así como la interacción de flujos con los mismos.

La nomenclatura empleada para los elementos, así como la imagen propia es la vigente para el proceso de la planta de referencia.

La siguiente imagen corresponde a un separador centrífugo autolimpiable como el empleado en el proceso de lavado, dispuesto para separar la grasa vegetal líquida de los posibles restos sólidos suspendidos en ésta y que no decantaron en la neutralización.

Podemos observar los distintos elementos que lo conforman junto con el mecanismo de acción con el que opera.

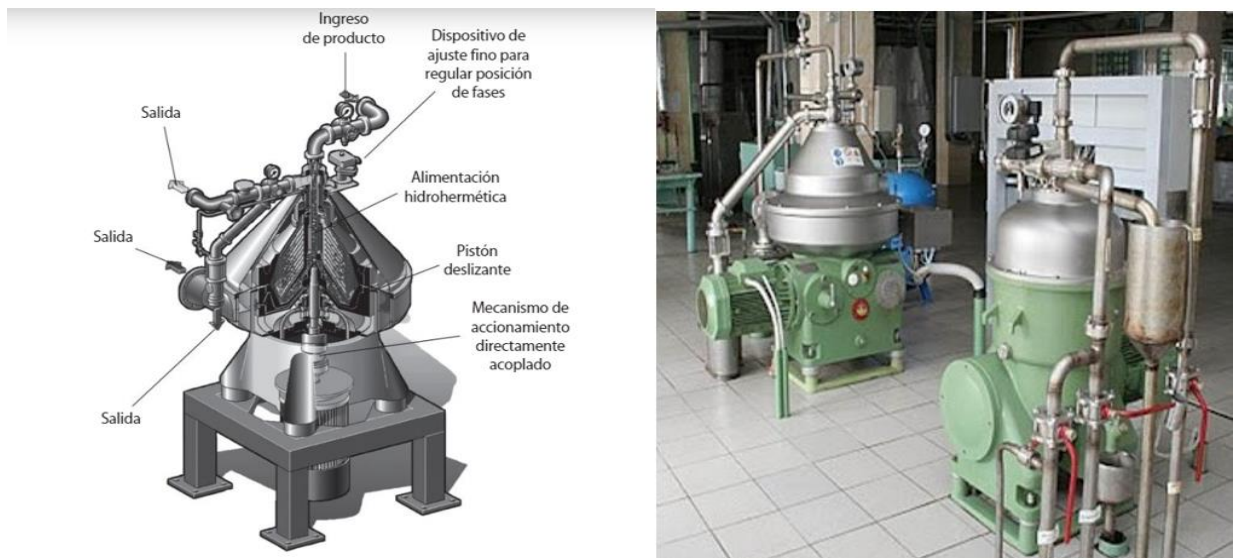


Imagen 3.6: separador centrífugo Westfalia RSE

2.2.3.2. Lavado y secado de fondos

La finalidad de este proceso es la de recuperar toda la grasa vegetal posible contenida en las pastas de fondos, razón por la que debe darse un par de etapas previas a la de lavado.

Tomamos los fondos decantados en las batidoras y los disolvemos con crudo y salmuera. Calentamos la disolución hasta alcanzar 60°C , momento en el que añadimos ácido fosfórico.

Elevamos la temperatura de la mezcla hasta alcanzar los 90°C como en el lavado y secado de crudo neutro (1.2.2.), y la hacemos pasar por dos centrífugas en serie. Posteriormente pasan por el lavador 4 y 5 donde se reduce la temperatura por debajo de 40°C . posteriormente se bombea a una nueva batidora en la que, tras añadir sosa y agua, tendrá lugar una nueva separación de fases. La fase líquida será recuperada directamente, mientras que los fondos se harán pasar por una centrífuga después de ser mezclados con salmuera. El producto principal que sale de la centrífuga, y la fase líquida de la batidora, convergen en el tanque de crudo APV.

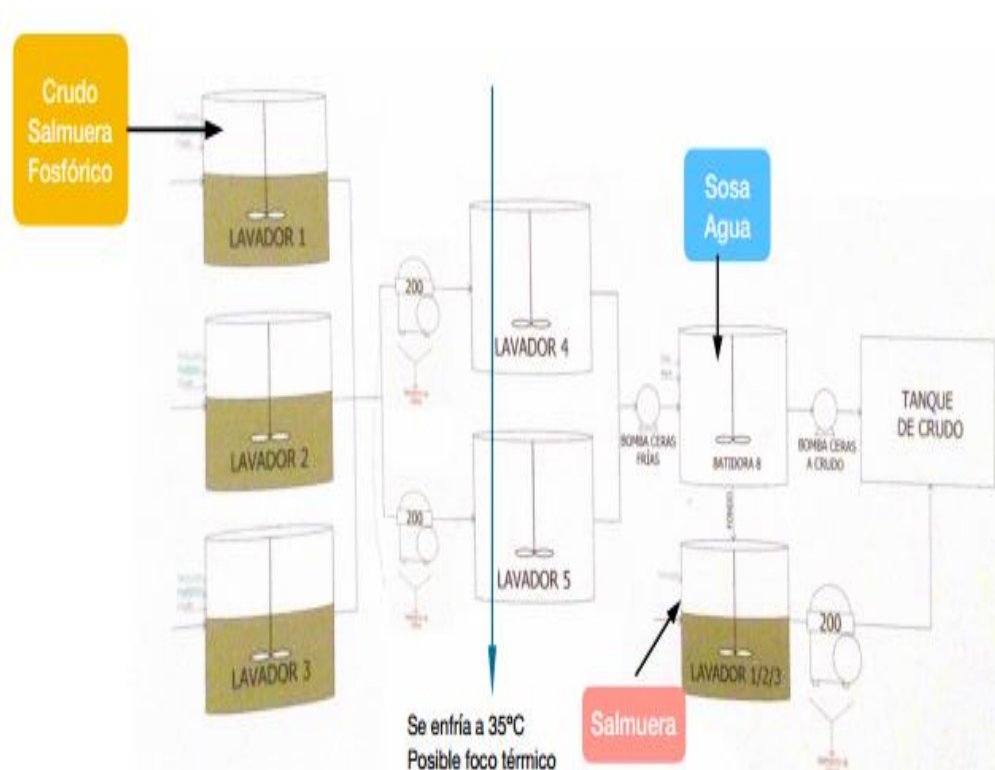


Imagen 3.7: esquema de lavado de fondos

2.2.4. decoloración

La unidad de decoloración, también conocida como clarificación, se trata de un proceso de adsorción mediante el cual pretendemos eliminar los colores rojizos y amarillentos que presenta el crudo hasta el momento.

Otra de sus finalidades es incrementar la estabilidad oxidativa de los aceites. Se pretende eliminando los componentes promotores oxidativos comprendidos en el crudo.

Una parte de los componentes oxidativos son eliminados en el proceso de desodorización debido a la temperatura que se alcanza en la columna, pero existen otros componentes oxidativos que no son volátiles a las condiciones del proceso. Debido a ello, es importante eliminar una parte de estos componentes oxidativos mediante adsorción.

Para el proceso, son empleadas tierras naturales tales como tierras o arcillas de silicatos de aluminio con cantidades relativamente elevadas de magnesio, calcio o hierro.

Las tierras son activadas con temperatura, pero debido a su contenido en metales, es preciso un tratamiento de ácido-activación mediante el empleo de ácido clorhídrico o ácido sulfúrico.

También se emplea carbón activo para el proceso de adsorción, aunque en proporciones pequeñas debido al coste y a la cantidad de aceite neutro que retiene.

Una nueva alternativa para el proceso de blanqueo son las sílices sintéticas, aunque tienen un mayor enfoque a atrapar jabones y fosfatos en lugar de pigmentos carotenoides.

Respecto al recorrido que sigue el aceite durante el proceso, como podemos observar a continuación, la corriente de entrada de aceite seco se introduce en un tanque de agitación junto con las arcillas previamente mezcladas con una fracción de aceite.

El tanque de agitación trabaja a una temperatura aproximada de 90°C y unas condiciones de presión reducida. La temperatura se debe al tratamiento térmico de activación necesario para las arcillas. El caso de la presión reducida es necesario para evitar o reducir la oxidación del aceite.

Una vez transcurrido el tiempo de contacto entre aceite y adsorbente se hace pasar por un filtro de placas.

De la unidad de filtrado tendremos una corriente de salida constituida por una grasa vegetal incolora preparada para el proceso de desodorización.

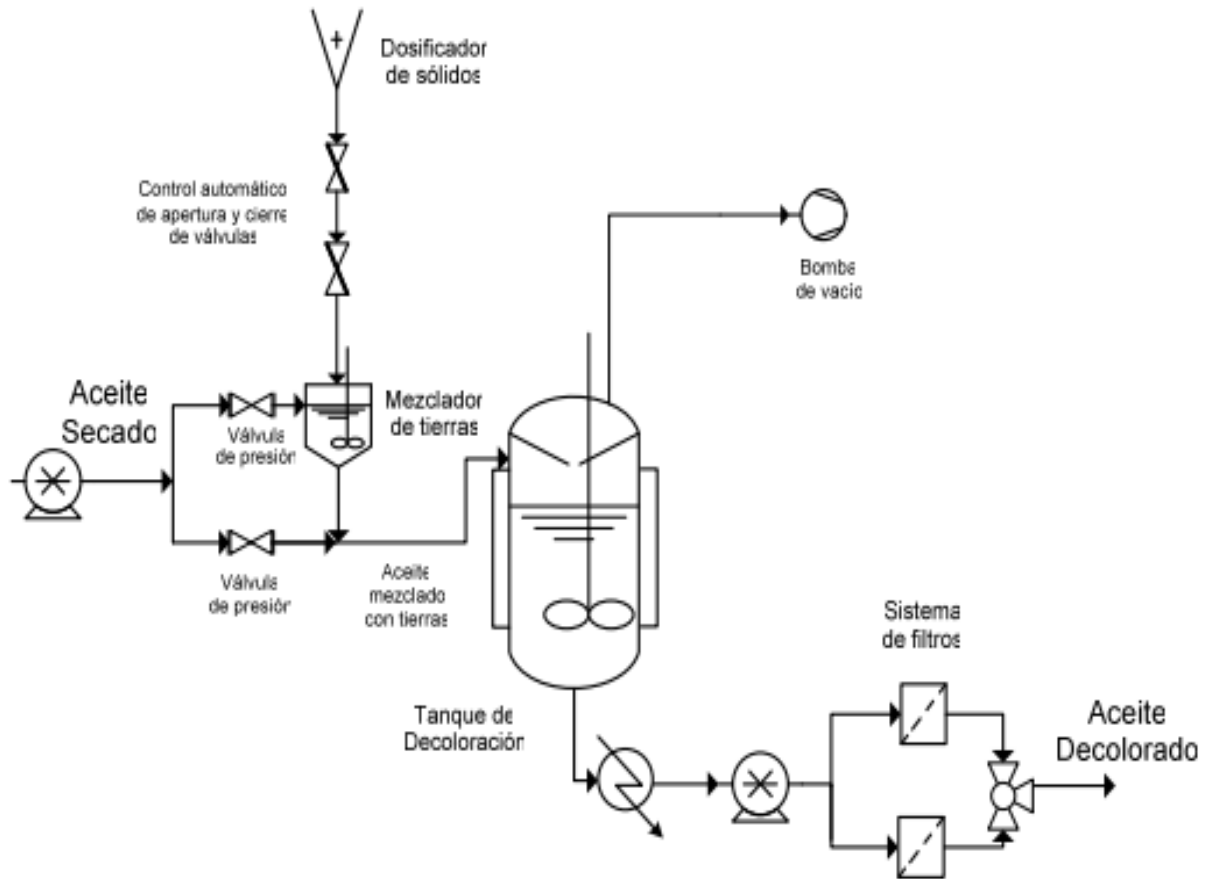


Imagen 3.8: esquema genérico línea de decoloración

De la unidad de filtrado queda un residuo sólido adherido a las placas y que actúa de torta durante la filtración. En el apartado reservado para las alternativas de reutilización de residuos trataremos acerca de este componente que hasta el momento carecía de valor.

2.2.5. desodorización

La desodorización es la etapa última en el proceso de refinado. Con ella pretendemos eliminar todos los componentes orgánicos que aportan un olor desagradable al aceite como son las cetonas, aldehídos, alcoholes y AGL de bajo peso molecular.

También son eliminadas las trazas de pesticidas que no fueron atrapadas en el proceso de adsorción.

La desodorización, o refinación física, consiste en una evaporación por arrastre de vapor en la que buscamos purificar una sustancia de alto punto de ebullición y que resulta ser inmisible en agua.

Mediante el proceso de destilación con vapor directo conseguimos reducir la temperatura de ebullición de los componentes a eliminar.

El proceso de desodorización, para la planta ejemplo, tiene lugar en una columna de platos con campanas a alta temperatura y presión reducida. No obstante, existen 2 tipologías de columnas empleadas para el proceso, como son las columnas de platos con anillos de burbujeo y las columnas de rellenos. Ambos diseños pretenden mejorar el contacto entre la fase líquida y la fase vapor mediante la creación de una mayor superficie de contacto, junto con un reparto óptimo del vapor de stripping.

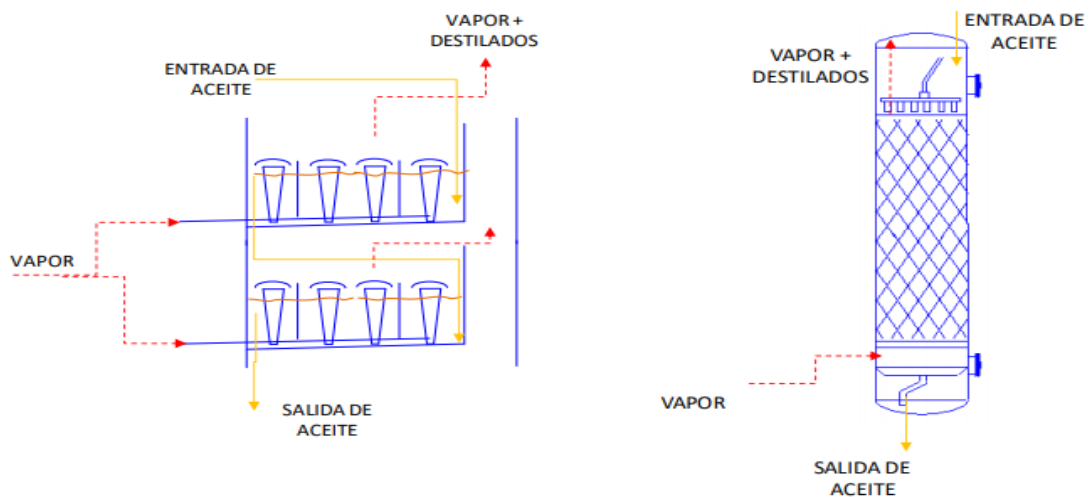


Imagen 3.9: a- columna de bandejas con bombas mammoth, b- columna con relleno estructurado

De la parte superior de la columna desciende el aceite a rectificar, mientras que de la zona inferior o calderín asciende, en sentido opuesto al aceite, el vapor como vehículo de arrastre.

A medida que descendemos en la columna, la composición de los productos no deseados en el aceite va reduciéndose hasta llegar a los platos más inferiores, donde tiene lugar la entrada de vapor. Por ser la zona de entrada para el vapor, éste tiene mayor capacidad de arrastre eliminando las últimas trazas del aceite que finalmente sale por la parte inferior, concluyendo el proceso de refinado.

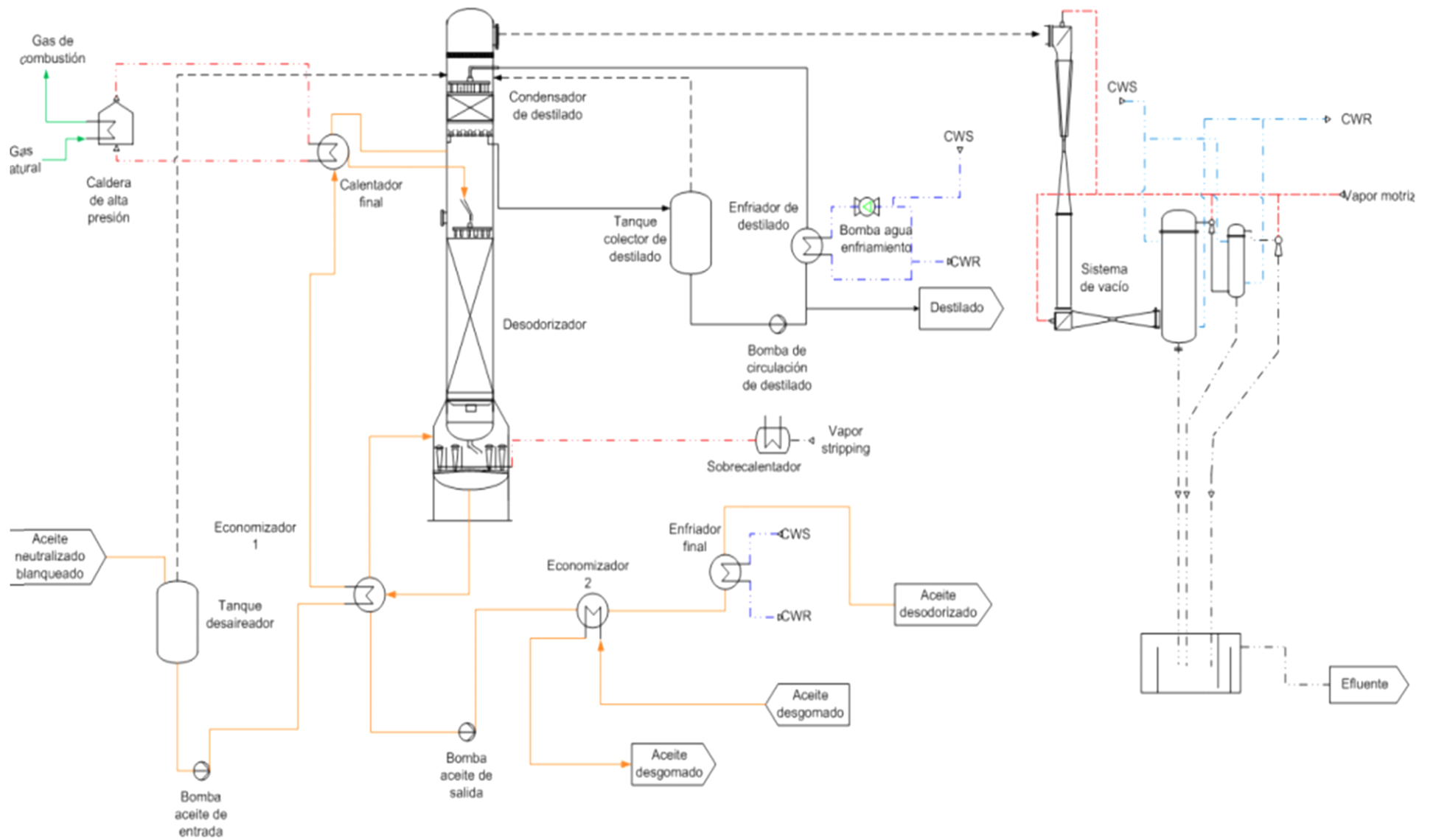
La desodorización es uno de los puntos más críticos a nivel energético debido a la gran cantidad de vapor a presión que requiere. Presenta tres flujos térmicos, dos de entrada y uno de salida, de importante interés energético y que consideraremos en apartados siguientes.

Son tres las condiciones críticas que definen el proceso en la columna, siendo temperatura, vacío y vapor de inyección. Las proporciones en las que se establezcan definirán la calidad del producto. Son múltiples las posibles interacciones entre las tres variables, no afectando solo a la calidad del caudal de salida, si no también al coste industrial de producción. Éste es el motivo por el cual las condiciones de operación oscilan entre un intervalo de magnitud según el equilibrio entre calidad y coste de producción.

Tabla 13.1: condiciones típicas de desodorización de aceites vegetales

Condiciones de proceso	Desodorización
Temperatura (°C)	240 - 255
Presión absoluta (mbar)	2 - 3
Vapor de stripping (%)(*)	0,5 – 0,8

(*) Porcentaje de vapor de stripping respecto al caudal de aceite procesado



2.2.6. winterización

La winterización resulta ser una etapa opcional en el proceso de refinado debido a que es menos relevante o necesaria que las anteriormente tratadas.

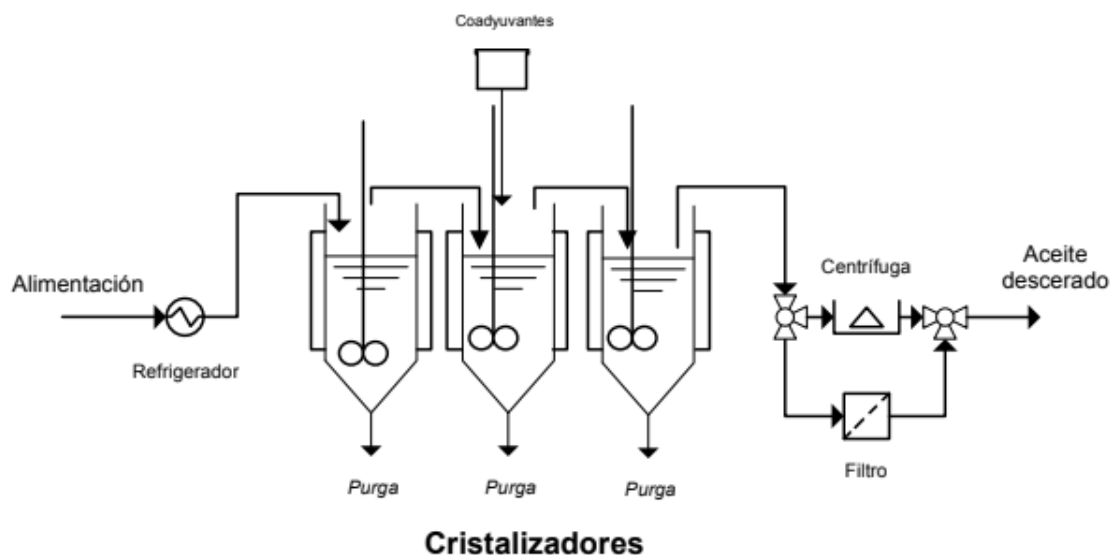
La finalidad de esta etapa es la de eliminar los componentes que solidifican cuando el aceite se encuentra a bajas temperaturas, alterando la cristalinidad del aceite refinado.

El causante de tal efecto son usualmente ceras, que por lo general no tienen un efecto negativo en su consumo, pero modifica la estética del producto.

El proceso consiste, de manera básica, en reducir la temperatura del aceite de forma gradual y controlada permitiendo la nucleación y crecimiento de grano de los posibles cuerpos sólidos. El descenso de temperatura debe de ser suave para permitir la difusión de las ceras a través del volumen tratado, consiguiendo el encuentro entre ceras y permitiendo una nucleación y crecimiento aceptable. El proceso puede agilizarse de la adición de coadyuvantes que favorezcan la floculación.

Posteriormente el aceite es filtrado, quedando ocluido el conjunto de colonias de granos, y por ende las ceras causantes del efecto, en el filtro de operación.

En la siguiente imagen podemos observar un esquema de lo anteriormente mencionado.



2.3. Esquema general línea de semillas

El objetivo de este apartado es el de proporcionar perspectiva del proceso al lector mediante la descripción del conjunto, recorriendo de forma somera las líneas de flujo, entendiendo e identificando la interconexión de los procesos hasta ahora mencionados, formando mediante la suma total de subsistemas al sistema global que representa la planta.

En el esquema de estudio, representado al final de texto, puede observarse la disposición y sucesión de los procesos fundamentales, comenzando por el enfriamiento del crudo procedente del patio de tanques, hasta llegar a la salida o parte inferior de la columna de desodorización.

En la imagen que estamos describiendo, con ayuda de la leyenda que presenta, también podemos identificar los flujos de reactivos, al igual que la interacción entre focos a distintas temperaturas. No obstante, en el apartado de requerimientos energéticos y fuentes de calor residual estudiaremos de forma más específica todo lo relacionado con el cruce de focos térmicos.

Obviando al conjunto de intercambiadores y el entramado de flujos que presenta, podemos discernir la línea que define la consecución de procesos.

Por ejemplo, si acompañamos a una fracción de aceite desde el patio de tanques, situado arriba a la izquierda del esquema, hasta ser considerado como producto final, podemos observar cómo es bombeado desde el punto inicial, pasando por el tanque APV, hasta la unidad de enfriamiento, y como tras sufrir una reducción de temperatura es bombeado a una de las 7 batidoras que conforman el proceso de neutralizado.

En la batidora, y durante el proceso de neutralizado, nuestra fracción experimentará una división de fases, quedándose en la parte superior el aceite neutro, mientras que en la inferior decantará una pasta o fondo, tomando caminos distintos en la unidad de lavado.

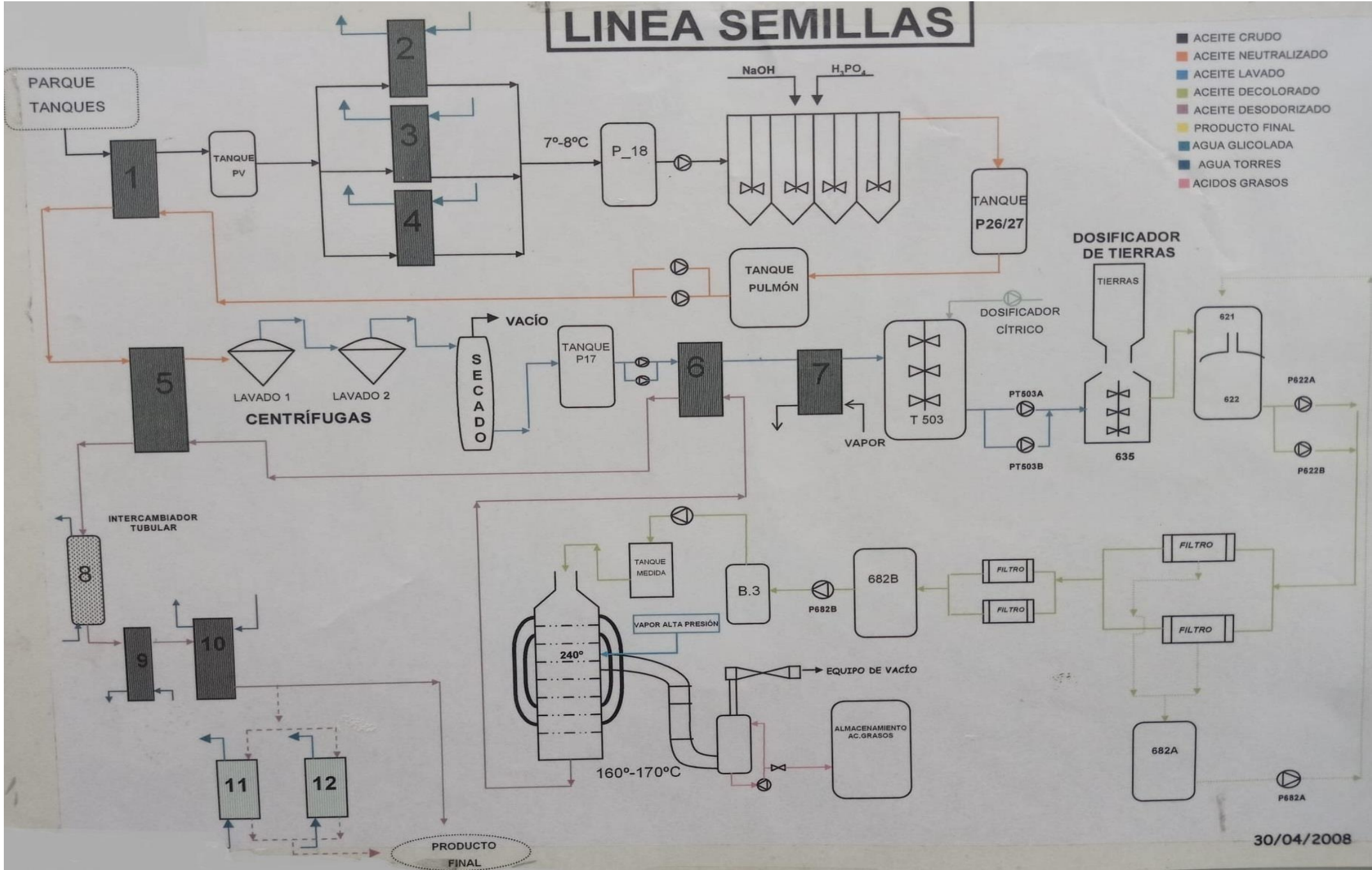
Para entender mejor lo ocurrido en la unidad de neutralización y en la posterior de lavado, leer los apartados 1.2 y 1.3 de la línea de semillas respectivamente.

Entendiendo que la fracción inicial a la que acompañamos en la suma de etapas ya está desprovista de sólidos, presenciaremos como es introducida en el proceso de decoloración o blanqueo.

Tras entrar en contacto íntimo con las tierras o arcillas activadas, es impulsada a una batería de filtros de la que saldrá como corriente de filtrado, introducida por la parte superior de la columna en la etapa de desodorización, saliendo del plato inferior de la misma como producto terminado.

El esquema descrito y que podemos ver a continuación es una representación real de una planta de refinado de aceite de semillas

LINEA SEMILLAS



3. REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS Y FUENTES DE CALOR RESIDUAL

3.1. Introducción

Una vez conocemos un esquema genérico del funcionamiento de la refinería, podemos identificar las necesidades o demandas energéticas de ésta, así como los puntos desde donde son requeridos.

La finalidad del presente apartado es la de explicar los flujos térmicos que intervienen en el proceso productivo, proporcionar al lector perspectiva de la energía térmica bruta que se necesita, la que se aprovecha, y la neta o real que requiere como aportación.

Cuando tratemos los focos térmicos de entrada y salida, analizaremos el valor energético que presentan, postulándolos si proceden, como posibles focos térmicos caliente en intercambiadores de calor.

Veremos un esquema global en el que se describe la disposición entre las unidades esenciales, simplificadas por bloques, y el grupo de economizadores, así como el conjunto de trazos que los anexas representando el circuito de producción.

3.2. Requerimientos energéticos de cada unidad

De forma genérica describiremos el esquema global de calor que define la entrada y salida de las unidades junto con los intercambiadores.

Conociendo las condiciones de temperatura para cada unidad, definidas en la descripción del proceso productivo, al igual que la temperatura de flujo antes de entrar en ésta, determinaremos la necesidad de calor en el punto de estudio y la forma o método para satisfacerlo.

Si al igual que en el apartado 3, esquema genérico en la descripción del proceso, decidimos acompañar a una fracción de aceite a través de su recorrido por la planta, centrándonos en este caso en todo lo relacionado con la energía térmica o calor, nos encontraremos lo siguiente.

Desde la zona izquierda superior del esquema que a continuación veremos, donde se localiza el patio de tanques, nos disponemos a comenzar el recorrido. A la salida de los tanques de almacenamiento, el crudo presenta una temperatura aproximada de 25°C, valor que dependerá de la climatología estacionaria.

A continuación, es introducido en el intercambiador 1 para reducir previamente la temperatura del crudo antes de entrar en la unidad de enfriamiento. Como foco frío se emplea el aceite neutro que sale de las batidoras a una temperatura de próxima a los 8°C. con este intercambiador no solo conseguimos reducir parcialmente la temperatura del crudo disminuyendo la cantidad de agua glicolada necesaria para enfriar, si no que incrementamos sutilmente la temperatura del crudo neutralizado, reduciendo la horquilla de temperaturas entre la que nos encontramos y la que necesitamos.

Una vez sale del intercambiador 1, entra en la unidad de enfriamiento, donde por medio de los intercambiadores 2, 3 y 4 es enfriado hasta la temperatura deseada. Los tres intercambiadores no aparecen en el esquema que estamos describiendo debido a que pertenecen a la unidad en sí.

Posteriormente, y si seguimos acompañando a la fracción de estudio, observaremos como atraviesa la unidad de neutralización, saliendo de ésta para pasar como foco frío. Como hemos mencionado antes, a la salida del economizador 1 el crudo neutralizado sufre un pequeño incremento de temperatura que resulta interesante pero no suficiente en comparación con los 85°C de media que requiere la unidad de lavado que sigue.

Para conseguir que la fracción de crudo alcance la temperatura de proceso se hace pasar por un nuevo intercambiador, el 5, cuyo foco caliente es el aceite desodorizado a alta temperatura.

Una vez concluido el lavado tendremos un aceite neutro, lavado y seco a una temperatura aproximada de 80°C. antes de ser introducido en la unidad contigua de procesado, la decoloración, debe de incrementar aún más su temperatura, valor que alcanza pasando por dos nuevos intercambiadores, el 6 y 7 respectivamente.

En el primero, al igual que el número 5, se emplea aceite caliente procedente de a la salida de la columna de desodorización, con la diferencia de que en el

intercambiador 6 entra antes que en el 5, siendo la corriente de entrada del 5 la corriente de salida del 6.

En condiciones normales, tras pasar por el intercambiador 6 el crudo debe de tener la temperatura de trabajo. De no ser así, hay un segundo intercambiador en serie, el 7, que trabaja con vapor, y satisfará el calor necesario.

A la salida del grupo de intercambiadores 6 y 7 la fracción de aceite que estamos siguiendo se encontrará a 110°C aproximadamente, siendo mezclado parcialmente con las tierras de blanqueo e introducido a posteriori en el tanque de la unidad.

Una vez pasa el proceso de decoloración, el flujo de trabajo es directamente introducido por la parte superior de la columna de desodorización. Es en ésta donde se alcanza los mayores niveles de temperatura, resultando ser el punto crítico en cuanto al consumo de vapor a alta presión.

A medida que vamos descendiendo en la columna el aceite va aumentando su temperatura, y empobreciéndose de los componentes más volátiles que son arrastrados por el vapor en contracorriente.

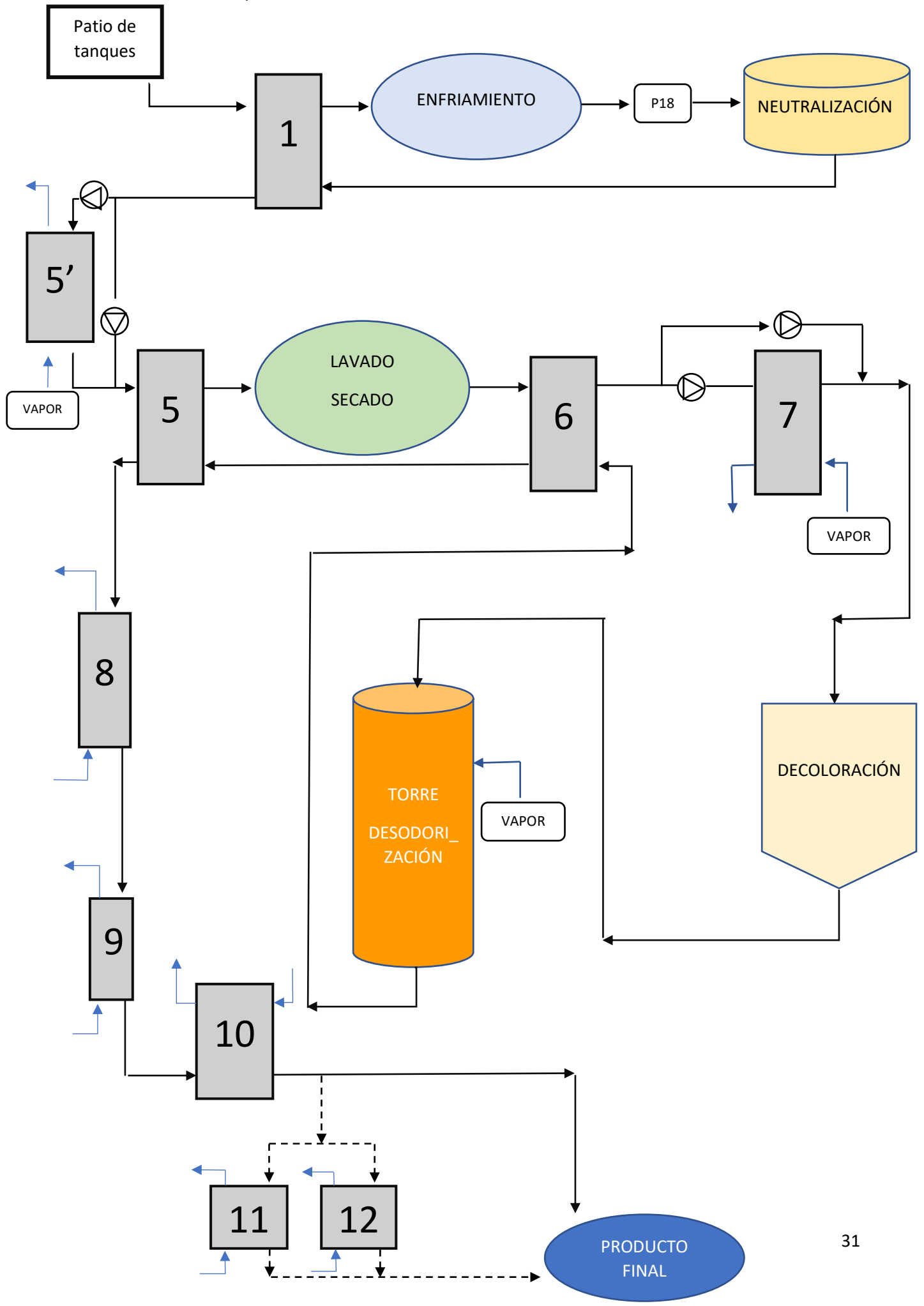
A la salida de la columna por la parte inferior tendremos un aceite refinado como producto final. No obstante, debido a la temperatura de la materia a la salida del sistema será aprovechada, como se ha indicado anteriormente, como foco caliente en intercambiadores de unidades previas.

Posterior a su paso por los intercambiadores 6 y 5 respectivamente, se introduce en una batería de intercambiadores que sirven para precalentar el agua de la caldera.

El esquema descrito pertenece a un estado dinámico en el que la refinería se encuentra en pleno funcionamiento. Existen otro estado, menos común y eventual, en el que la planta se encuentra en una fase de arranque, producto de paradas por mantenimiento o reparación de contingencias.

En el estado en el que la planta se encuentre parada o en disposición de arranque no podremos contar con los flujos térmicos procedentes de la salida de unidades posteriores para calentar unidades anteriores. En este caso, todos los valores de temperatura son generados por medio de vapor, que es introducido en los intercambiadores 5' y 7. El aporte de vapor será necesario hasta que la planta alcance los valores del estado dinámico descritos.

4.3. ESQUEMA GENERAL DISPOSICIÓN DE INTERCAMBIADORES



4. PROPUESTAS DE MEJORAS

4.1. Estudio de viabilidad para el aislamiento de conducciones

4.1.1. Descripción técnica.

4.1.1.1. Objetivo.

Estudiar la viabilidad de implantar un sistema de aislamiento en conducciones

4.1.1.2. Grado de aplicabilidad

- a) En las conducciones de flujos calientes con aislamiento ya existente.
- b) En las conducciones desnudas de flujos calientes.

4.1.1.3. Influencia sobre el consumo energético.

La reducción en las pérdidas de calor debidas al transporte, suponen un decremento en la diferencia entre energía requerida y la aportada, afectando positivamente al rendimiento del sistema.

4.1.1.4. Limitaciones.

- a) Las asociadas a las disponibilidades de espacio dispuesto entre elementos, acceso de materiales o la respuesta técnica de las soluciones.
- b) Las relacionadas con el coste de la solución.

4.1.1.5. Generalización de conducciones.

Atendiendo a las imágenes que aparecen en el anexo II del apartado Definición del esquema básico de refinado de crudo vegetal, podemos observar el entramado de conducciones existentes.

Con las representaciones del proceso recogidas en el mencionado Anexo, junto con los datos del número de elementos dispuestos en cada unidad, podemos conocer las longitudes de los procesos.

para calcular el calor puesto en juego en cada conducción nos restaría saber el diámetro de las secciones, así como las temperaturas y caudales que circulan en cada momento.

Todos estos datos serán tratados de forma ordenada y secuencial en función de su localización aguas arriba o abajo del proceso

4.1.2. Especificaciones por procesos.

A continuación, vamos a contabilizar las conducciones de cada unidad de proceso, así como las características de éstas. Solo atenderemos a aquellas unidades en las que intervienen focos calientes con un determinado interés calorífico.

Todos los datos serán finalmente recogidos en una tabla que usaremos como referente para los cálculos de soluciones.

4.1.2.1. conducciones de la caldera a los puntos de servicio.

4.1.2.1.1. vapor de la caldera como aporte al proceso.

En este punto tendremos en cuenta todos los tramos que llevan el vapor de calefacción desde su punto de generación hasta el de consumo, que en este caso serán las unidades del proceso en cuestión.

De la caldera emerge una conducción general que posteriormente es ramificada mediante acometidas hasta alcanzar los puntos de consumo. Para el caso que nos lleva, éstos son los intercambiadores 5´ y 7, junto con la entrada a la columna de desodorización.

Para los casos mencionados las conducciones son las siguientes.

Tabla 4.1: datos conducciones

De caldera a	Sección	Longitud	material	Grosor	T ^a
Cambiador 5'	25 mm	20 m	Acero-carbono	1 mm	193 °C
Cambiador 7	25 mm	40 m	Acero-carbono	1mm	193 °C
Columna	32 mm	25 m	Acero-carbono	2,5 mm	193 °C

4.1.2.1.2. vapor para procesos de recuperación

Durante el tratamiento de los fondos en las batidoras se requiere incrementar la temperatura de éstos de forma progresiva hasta alcanzar los 90°C, véase apartado 2.3.2, lavado y secado de fondos, sobre los procesos fundamentales de la línea de semilla.

Tabla 4.2: datos conducciones

De caldera a	Sección	Longitud	material	Grosor	T ^a
Serpentín del lavador	25 mm	50 m	Acero-carbono	1 mm	193 °C

4.1.2.1.3. vapor para unidad de limpiado de placas

En la unidad de limpiado de placas lo que se hace es eliminar los restos de tortas adheridos a las placas de los filtros una vez que éstos se han saturado.

Para ello es necesario el precalentamiento de una disolución de ácido sulfúrico y agua, medio en el que se emergen las placas durante un determinado tiempo.

Tabla 4.3. datos conducciones

De caldera a	Sección	Longitud	material	Grosor	T ^a
Tanque limpieza	25 mm	100 m	Acero-carbono	1 mm	193 °C

4.1.2.1.4. vapor para ACS

Es necesario el aporte de calor térmico para satisfacer las necesidades de instalaciones de uso común como duchas, lavabos o calefactores radiantes.

Se considerarán todos en un único grupo que tendrá globalmente las siguientes características.

Tabla 4.4. datos conducciones

De caldera a ACS	Sección	Longitud	material	Grosor	T ^a
	25 mm	180	Acero-carbono	1 mm	193 °C

4.1.2.2. conducciones de los puntos de servicios al tanque de purgas.

Una vez se ha utilizado el vapor en los puntos requeridos, éste es dirigido a un tanque de purgas, el cual hace de colector a todas las salidas de vapor tras finalizar el intercambio de calor.

En él converge todo el vapor condensado en la circulación.

El contenido de éste es introducido nuevamente en la caldera debido al poder térmico que aún conserva.

En la siguiente imagen se observa un esquema típico de lo comentado.

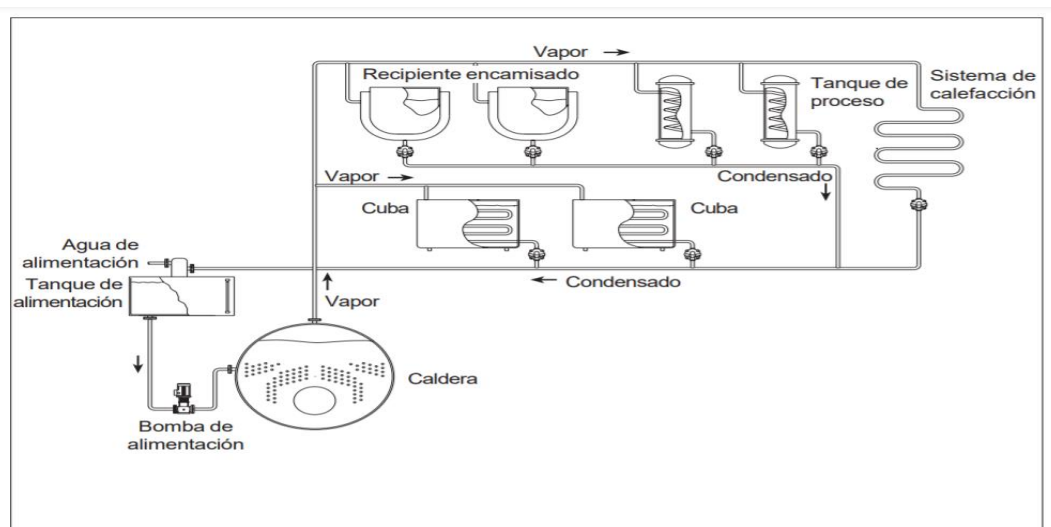


Imagen 4.1. esquema típico de circulación de vapor

Al igual que con las conducciones para ACS, consideraremos a las conducciones de purga como un grupo de que se encuentra resumido en una y que engloba al total de éstas.

Para este caso realizaremos una aproximación, diciendo que las conducciones de vuelta son equivalentes a las de ida, por lo que el total de la conducción que define al conjunto será la suma de conducciones del apartado 3.1 *conducciones de la caldera a los puntos de servicio* del presente bloque. A excepción de lo dicho, la conducción de entrada a la columna no es recuperada y enviada al tanque de purga, si no que es emitida al medio junto con los componentes volátiles eliminados en la desodorización.

Este punto en concreto será tratado más adelante en un análisis cualitativo.

Tabla 4.5. datos conducciones

De servicio a	Sección	Longitud	material	Grosor	T ^a
Tanque purga	25 mm	390 m	Acero-carbono	1 mm	100 °C

Del mismo modo, debemos tener en cuenta la conducción desde el tanque de purga hasta la alimentación en la caldera.

Tabla 4.6. datos de conducciones

De tanque	Sección	Longitud	material	Grosor	T ^a
purga Alimenta caldera	32 mm	10 m	Acero-carbono	2,5 mm	100 °C

4.1.2.3. conducciones térmicas en las unidades.

Como se define en la descripción del proceso de refinado, se requieren ciertas temperaturas para determinados procesos. Esto implica que a la salida de algunas unidades la temperatura del flujo de trabajo tenga un valor térmico a conservar.

Ahora nos centraremos en el valor energético mencionado, así como en las corrientes residuales con un determinado interés energético.

Para seguir un orden cronológico según las etapas del proceso, estudiaremos los casos según se dan en el esquema global.

4.1.2.3.1. unidad de lavado y secado

El primer punto en el que el producto de trabajo adopta un determinado valor térmico es en la unidad de lavado y secado. Durante toda esta unidad se alcanzan los 90°C.

Es por ello por lo que debemos de aislar correctamente la conducción hasta la siguiente unidad de proceso.

Tabla 4.7. datos de conducciones

De lavado a	Sección	Longitud	material	Grosor	T ^a
Intercambiador 6	120 mm	30 m	Acero-carbono	3 mm	90 °C

Debemos tener en cuenta que existe una segunda unidad de lavado y secado, pero en este caso para los fondos, y que el producto de éstos es redirigido al tanque inicial.

Si observamos el esquema del lavado de fondos, observamos como la temperatura pasa de 90 a 40°C mediante un enfriamiento controlado y progresivo. Hasta el momento se hacía empleando el ambiente como medio receptor.

Plantearémos la posibilidad de implantar un serpentín en los lavadores de decantación, por el cual haremos circular agua a temperatura ambiente que actuará como medio receptor del calor cedido por los fondos que se encuentran en tratamiento.

El producto obtenido también será sometido a una nueva unidad de intercambio energético con el objetivo de maximizar la recuperación del calor puesto en juego.

Para este caso solo consideraremos el aislamiento de la conducción desde la salida de la unidad hasta la entrada en el intercambiador.

Tabla 4.8. datos conducciones

De lavado a	Sección	Longitud	material	Grosor	T ^a
recuperador	65 mm	15 m	Acero-carbono	2,5 mm	40 °C

4.1.2.3.2. unidad de decoloración.

Previo a entrar en el proceso de decoloración, el aceite es introducido en los intercambiadores 6 y 7, donde se alcanzan los 110°C requeridos para la unidad.

como los intercambiadores se encuentran cercanos entre sí, consideraremos una única conducción en el proceso.

Tabla 4.9. datos conducciones

De intercambiador	Sección	Longitud	material	Grosor	T ^a
6 A pulmón de columna	120 mm	50 m	Acero-carbono	2,5 mm	110°C

4.1.2.3.3. Unidad de desodorización

Es la unidad más importante en cuanto a energía térmica. En la columna entra el aceite a 110°C y sale a 170°C, cruzándose en contracorriente con vapor sobrecalentado en los numerosos platos que forman la columna.

Consideraremos dos conducciones, una primera desde el pulmón de la columna hasta la propia columna, y una segunda desde la salida inferior de ésta hasta el considerado como punto de producto final, pasando por los numerosos recuperadores

Tabla 4.10. grupo de tablas conducciones

De pulmón	Sección	Longitud	material	Grosor	T ^a
A columna	120 mm	5 m	Acero-carbono	2,5 mm	110°C

De columna	Sección	Longitud	material	Grosor	T ^a
A intercambiador 6	120 mm	25 m	Acero-carbono	2,5 mm	170°C

De intercambiador 6	Sección	Longitud	material	Grosor	T ^a
A 5	120 mm	20 m	Acero-carbono	2,5 mm	140°C

De intercambiador 5	Sección	Longitud	material	Grosor	T ^a
A 8	120 mm	25 m	Acero-carbono	2,5 mm	75°C

De intercambiador 8 A intercambiador 9	Sección	Longitud	material	Grosor	T ^a
	120 mm	25 m	Acero-carbono	2,5 mm	60°C

De intercambiador 9 A intercambiador 10	Sección	Longitud	material	Grosor	T ^a
	120 mm	25 m	Acero-carbono	2,5 mm	50°C

De intercambiador 10 A intercambiador 12	Sección	Longitud	material	Grosor	T ^a
	120 mm	25 m	Acero-carbono	2,5 mm	40°C

4.1.2.3.4. conducciones de agua precalentada a tanque caldera.

El agua empleada como medio de recuperación térmica debe de ser circulada al tanque de la caldera, desde el cual es introducidas a la caldera.

Con el precalentamiento del agua mediante los focos residuales conseguimos salvar un escalón considerable de temperatura, que se traduce en un menor requerimiento de calor sensible para hacer llegar al agua a su punto de ebullición.

Vamos a generalizar las conducciones con una temperatura media ya que a la salida de cada intercambiador la temperatura es distinta e inferior a medida que vamos sumando intercambiadores.

Tabla 4.11. datos conducciones

De agua a recuperación tanque caldera	Sección	Longitud	material	Grosor	T ^a
	90 mm	60 m	Acero-carbono	2,5 mm	55°C

4.1.2.4. tabla global características de conducciones.

Tabla 4.12 tabla global de conducciones

Fluido	Sección	Longitud	Material	Grosor	T ^a
vapor	25 mm	20 m	Acero-carbono	1 mm	193 °C
Vapor	25 mm	40 m	Acero-carbono	1mm	193 °C
Vapor	32 mm	25 m	Acero-carbono	1,5 mm	193 °C
Vapor	25 mm	50 m	Acero-carbono	1 mm	193 °C
Vapor	25 mm	100 m	Acero-carbono	1 mm	193 °C
Vapor	25 mm	180 m	Acero-carbono	1 mm	193 °C
Vapor saturado	25 mm	390 m	Acero-carbono	1 mm	100 °C
Vapor saturado	32 mm	10 m	Acero-carbono	2,5 mm	100 °C
Aceite	125 mm	30 m	Acero-carbono	2,5 mm	90 °C
Aceite	65 mm	15 m	Acero-carbono	2,0 mm	40 °C
Aceite	125 mm	50 m	Acero-carbono	2,5 mm	110°C
Aceite	125 mm	5 m	Acero-carbono	2,5 mm	110°C
Aceite	125 mm	25 m	Acero-carbono	2,5 mm	170°C
Aceite	125 mm	20 m	Acero-carbono	2,5 mm	140°C
Aceite	125 mm	25 m	Acero-carbono	2,5 mm	75°C
Aceite	125 mm	25 m	Acero-carbono	2,5 mm	60°C
Aceite	125 mm	25 m	Acero-carbono	2,5 mm	50°C
Aceite	125 mm	25 m	Acero-carbono	2,5 mm	40°C
agua	90 mm	60 m	Acero-carbono	2,5 mm	55°C

4.1.2.5. estudio y cuantificación de las pérdidas de calor.

En una primera aproximación, emplearemos las ecuaciones genéricas de transferencia de calor para determinar las pérdidas de calor de cada conducción. No se pretende conocer cuanto calor perdemos específicamente en la actualidad, ya que el dato de interés es cuan grande es la diferencia con la solución, por lo que no entraremos a deducir datos que posteriormente se irán al intentar comparar ambas soluciones.

Entraremos en el estudio de la transmisión de calor por conducción en régimen estacionario.

A pesar de que se trata de conducciones cilíndricas, primeramente se expondrá el caso de una pared plana, ya que la ciencia o mecanismo de transmisión es semejante.

No debe olvidarse que el calor es un flujo de energía promovido por una diferencia o gradiente de temperaturas entre dos extremos. Por ende, la cantidad de calor puesto en juego es directamente proporcional a la diferencia de temperatura experimentada entre dos puntos.

En la siguiente imagen puede observarse una pared o frentera que está siendo atravesada por un flujo de calor. El espesor de ésta es x y está construida por un material con capacidad de aislamiento λ .

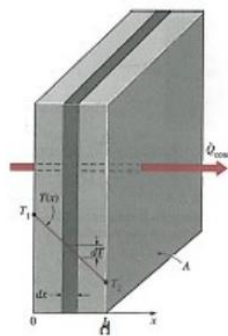


imagen 4.2. esquema flujo térmico perpendicular a frontera

Para conocer la cantidad de calor transferido en el proceso, determinaremos previamente la densidad de flujo, que no es más que la cantidad de calor que atraviesa una unidad de área.

Para ello diremos que.

$$q = \frac{T_1 - T_2}{R_{pared}} ; (eq1)$$

donde,

q Densidad de flujo de calor (W/m²)

T1 Temperatura cara caliente (K)

T2 Temperatura de la cara fría (K)

R Resistencia de una pared (m²*K/W), siendo su expresión:

$$R_{pared} = \frac{d}{\lambda}$$

donde,

d espesor de la capa (m)

λ conductividad térmica del material (W/m*K)

el perfil de temperaturas nos quedaría algo de la siguiente forma.

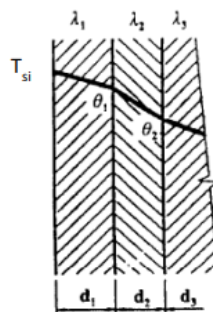


imagen 4.3. perfil de temperatura en función de la penetración de la pared o frontera

En él se puede observar el trazo que marca la temperatura en su recorrido a través de la masa o grueso de la pared frontera.

una vez entendemos como funciona el mecanismo de transmisión de calor a través de una pared plana, nos disponemos a estudiarlo en una conducción cilíndrica.

Vamos a introducirlo obviando la convección entre la masa del foco caliente y la pared interna del cilindro, al igual que saltaremos la convección y radiación entre cara externa del conjunto y el entorno o medio.

Lo haremos así porque queremos centrarnos en la diferencia pura entre conducciones con y sin aislamiento.

La similitud con el caso de la pared estudiado anteriormente se encuentra en la semejanza en cuanto a reducir el problema en resistencias al paso de flujo.

La diferencia radica en el estudio del área, ya que en la pared recta el área resultaba del producto de sus lados contiguos, mientras que en el cilindro, el área varía gradualmente a medida que nos desplazamos radialmente en la sección.

Para resolver este problema emplearemos el logaritmo neperiano de la relación de radios.

En la siguiente imagen se aprecia la sección de uno de nuestras conducciones de estudio.

Se puede observar las distintas capas que conforman el elemento, pasando por la masa transportada en el seno, hasta el aluminio estructural que engloba todo el bloque.

En la imagen también puede verse el radio interno y externo de cada elemento.

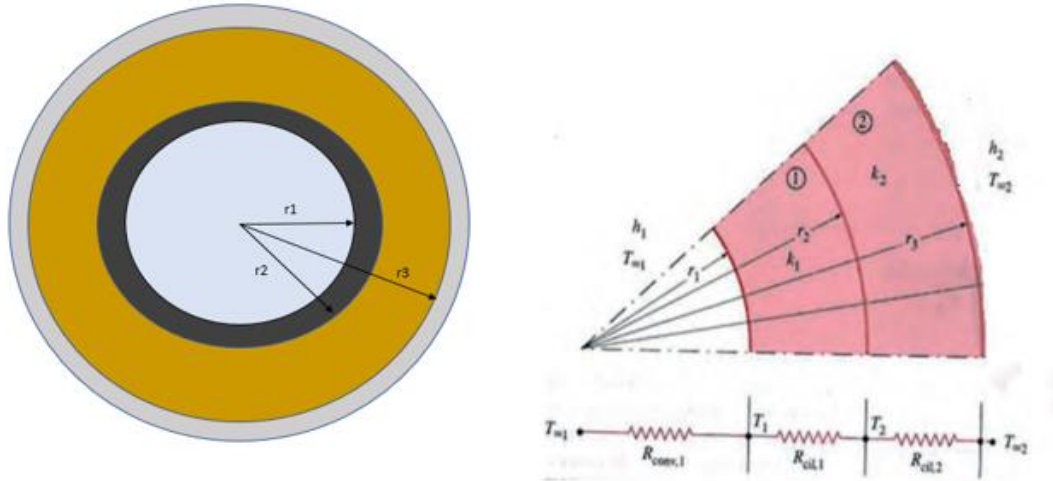


imagen 4.4. perfil de resistencias en conducciones cilíndricas

Transformando un poco la ecuación vista hasta ahora para el caso que tenemos nos queda lo siguiente.

$$q = \frac{T_1 - T_2}{R_{TOTAL}}$$

Siendo R_{TOTAL} la suma en serie de todas las resistencias al flujo de calor en la conducción en el cilindro.

$$R_{TOTAL} = R_1 + R_2; \text{ (eq2)}$$

$$R_1 = \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi L\lambda}; \text{ (eq3)}$$

$$R_2 = \frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi L\lambda}$$

En apartados siguientes cuantificaremos y compararemos las diferencias entre la conducción desnuda, en la que solo tendrías la resistencia uno, y la conducción revestida o aislada, en la que usaremos la resistencia total.

4.1.2.6. dimensionado y descripción del tipo de aislamiento, así como coste de materiales

Para el dimensionado del aislamiento nos vamos a basar en lo recogido por el RITE.

Si nos vamos a la IT 1 sobre el diseño y dimensionado, recogido en el mencionado reglamento, podemos ver dentro de ésta el apartado 1.2 sobre las exigencias de eficiencia energética, en el que al mismo tiempo se recoge en forma de IT el apartado 1.2.4.2 sobre redes de tuberías y conductos.

Fijándonos en este último podemos encontrar la tabla 1.2.4.2 que recoge la relación de espesores mínimos de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes por el exterior de edificios.

La tabla que se muestra a continuación es la mencionada anteriormente.

Tabla 4.13: relación de diámetros y, espesores y temperatura del flujo transportado. RITE

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60
$140 < D$	45	50	60

Para poder clasificar las conducciones según la temperatura de flujo y diámetro, vamos a crear una tabla que englobe a todos aquellos que compartan características.

Tabla 4.14. conducciones agrupadas. Espesor según RITE

sección	temperatura	Total longitud	Espesor según RITE	Sección total Con aislamiento
25 mm	193°C	390 m	40 mm	105 mm
	100°C	390 m	40 mm	105 mm
32 mm	193°C	25 m	40 mm	112 mm
	100°C	10 m	40 mm	112 mm
65 mm	40°C	15 m	40 mm	143 mm
100 mm	55°C	60 m	40 mm	170 mm
125 mm	170°C	25 m	60 mm	240 mm
	140°C	20 m	60 mm	240 mm
	110°C	55 m	60 mm	240 mm
	90°C	30 m	50 mm	220 mm
	75°C	25 m	50 mm	220 mm
	60°C	25 m	40 mm	200 mm
	50°C	25 m	40 mm	200 mm
	40°C	25 m	40 mm	200 mm

Una vez que conocemos el espesor requerido para el cumplimiento del reglamento y sus instrucciones técnicas, describiremos el tipo de aislamiento que vamos a emplear, así como sus características técnicas y costes asociados.

Realizaremos un aislamiento compuesto de dos partes. Una primera consistirá en el grueso o parte activa del mismo, mientras que la segunda actuará de carcasa o elemento envolvente.

En la primera parte estudiaremos entre dos soluciones, decantándonos finalmente por una de ellas.

El nombre técnico y comercial de las opciones son K-FLEX® K-ROCK IPS 680 y K-FLEX® K-ROCK HPS 035 ALU R.

Ambas soluciones constan de un grueso de material aislante llamado coquilla compuesta por lana de roca, que tras envolver a la conducción la asila térmicamente de su entorno. Este material ofrece una solución económica y de fácil instalación.

En el caso de conducciones de aceite caliente, resulta aún más interesante la aplicación de este material si tenemos en cuenta su excelente protección contra el fuego.

Debe tenerse en cuenta entre sus ventajas que las prestaciones del material no se ven menguadas por el paso del tiempo

La diferencia entre ambos materiales se encuentra en el acabado del segundo, presentando éste una fina capa de aluminio que lo recubre.

La descripción de los materiales y los datos técnicos facilitados por el fabricante son los siguiente

DATOS TÉCNICOS ▶ K-FLEX® K-ROCK IPS 680



Propiedades	Símbolo	Especificaciones					Unid.	Norma
Temperatura Máxima de Servicio	ST(+)	680					°C	EN 14706
Conductividad térmica según temperatura	ϑ_m	50	100	150	200	300	°C	EN ISO 8497
	λ	0,039	0,045	0,053	0,062	0,087	W/(m·K)	
Resistencia al paso de vapor al agua	μ	1					-	EN 12086
Calidad AS	-	< 10					mg/kg	EN 13468
Absorción de agua	W_p	$\leq 1,0$					kg/m ²	EN 13472
Reacción al fuego	-	A1 _L					-	EN 13501-1
Punto de fusión de las fibras	-	≥ 1000					°C	DIN 4102-17
Libre de siliconas	-	Fabricado sin adición de aceite de silicona					-	-

DATOS TÉCNICOS ▶ K-FLEX® K-ROCK HPS 035 ALU R



Propiedades	Símbolo	Especificaciones					Unid.	Norma
Temperatura Máxima de Servicio*	ST(+)	500					°C	EN 14707
Conductividad térmica en relación con la temperatura	Temp.	10	40	50	100	150	°C	EN ISO 8497
	λ	0,033	0,036	0,037	0,044	0,052	W/(m·K)	
Reacción al fuego	-	A2 _L - s1, d0 $\varnothing \leq 300\text{mm}$		A2 - s1, d0 $\varnothing > 300\text{mm}$			-	EN 13501-1
Punto de fusión de las fibras	-	≥ 1000					°C	DIN 4102-17
Libre de siliconas	-	Fabricado sin adición de aceite de silicona					-	-
Resistencia a la difusión de vapor de agua	s_d	100					m	EN 13469
Absorción de agua	W_p	$\leq 1,0$					kg/m ²	EN 13472

* La temperatura máxima de servicio de la cara de aluminio es de 80°C.

Ilustración 4.5. datos de fabricante

Atendiendo a la tabla 4.14, donde se recogen los diámetros normalizados según decreto, podemos fijarnos más concretamente en las tablas específicas aportadas por el fabricante.

En este caso nos fijaremos en aquellas cuyo espesor sea igual a 40, 50 y 60 mm.

Al mismo tiempo, determinaremos la longitud final necesaria para cada aislamiento.

Debe tenerse en cuenta que el material viene en recubrimientos de 1.2 metros

K-FLEX® K-ROCK ▶ Lana Mineral concéntrica de 1,2 m de longitud

TIPOS DE TUBERÍAS					IPS 680 SIN REVESTIMIENTO			HPS 035 ALU R CON ALUMINIO REFORZADO			CONTENIDO CAJA	
COBRE		ACERO			Artículo	Referencia	Precio €/ml	Artículo	Referencia	Precio €/ml	Uds.	m.l. caja
Ø mm	Ø ext. pulg.	DN	Ø ext. mm	Ø ext. pulg.								
Espesor 40 mm.												
22	7/8"	15	21,3	1/2"	400222112LRNU	LR 40x022	6,64	400222112LRAR	LR 40x022 AR	8,23	13	15,60
28	1" 1/8	20	26,9	3/4"	400282112LRNU	LR 40x028	6,89	400282112LRAR	LR 40x028 AR	8,56	12	14,40
35	1" 3/8	25	33,7	1"	400352112LRNU	LR 40x035	7,56	400352112LRAR	LR 40x035 AR	9,04	9	10,80
42	1" 5/8	32	42,4	1" 1/4	400422112LRNU	LR 40x042	8,26	400422112LRAR	LR 40x042 AR	10,59	9	10,80
	1" 7/8	40	48,3	1" 1/2	400482112LRNU	LR 40x048	8,73	400482112LRAR	LR 40x048 AR	11,49	9	10,80
76	2" 3/8	50	60,3	2"	400602112LRNU	LR 40x060	11,53	400602112LRAR	LR 40x060 AR	12,53	6	7,20
	3"	65	76,1	2" 1/2	400762112LRNU	LR 40x076	14,32	400762112LRAR	LR 40x076 AR	15,00	4	4,80
89	3" 1/2	80	88,9	3"	400892112LRNU	LR 40x089	15,32	400892112LRAR	LR 40x089 AR	16,16	4	4,80
114	4" 1/2	100	114,3	4"	401142112LRNU	LR 40x114	17,27	401142112LRAR	LR 40x114 AR	18,80	4	4,80
		125	139,7	5"	401402112LRNU	LR 40x140	19,99	401402112LRAR	LR 40x140 AR	21,98	1*	1,20
		150	168,3	6"	401682112LRNU	LR 40x168	22,11	401682112LRAR	LR 40x168 AR	26,01	1*	1,20
		200	219,0	8"	402192112LRNU	LR 40x219	29,48	402192112LRAR	LR 40x219 AR	33,22	1*	1,20

TIPOS DE TUBERÍAS					IPS 680 SIN REVESTIMIENTO			HPS 035 ALU R CON ALUMINIO REFORZADO			CONTENIDO CAJA	
COBRE		ACERO			Artículo	Referencia	Precio €/ml	Artículo	Referencia	Precio €/ml	Uds.	m.l. caja
Ø mm	Ø ext. pulg.	DN	Ø ext. mm	Ø ext. pulg.								
Espesor 50 mm.												
22	7/8"	15	21,3	1/2"	500222112LRNU	LR 50x022	8,84	500222112LRAR	LR 50x022 AR	11,26	9	10,80
28	1" 1/8	20	26,9	3/4"	500282112LRNU	LR 50x028	9,08	500282112LRAR	LR 50x028 AR	11,83	9	10,80
35	1" 3/8	25	33,7	1"	500352112LRNU	LR 50x035	9,90	500352112LRAR	LR 50x035 AR	12,41	8	9,60
42	1" 5/8	32	42,4	1" 1/4	500422112LRNU	LR 50x042	10,87	500422112LRAR	LR 50x042 AR	13,20	6	7,20
	1" 7/8	40	48,3	1" 1/2	500482112LRNU	LR 50x048	11,57	500482112LRAR	LR 50x048 AR	13,76	6	7,20
76	2" 3/8	50	60,3	2"	500602112LRNU	LR 50x060	15,12	500602112LRAR	LR 50x060 AR	15,58	5	6,00
	3"	65	76,1	2" 1/2	500762112LRNU	LR 50x076	17,07	500762112LRAR	LR 50x076 AR	17,07	4	4,80
89	3" 1/2	80	88,9	3"	500892112LRNU	LR 50x089	18,33	500892112LRAR	LR 50x089 AR	18,31	4	4,80
114	4" 1/2	100	114,3	4"	501142112LRNU	LR 50x114	21,82	501142112LRAR	LR 50x114 AR	22,89	1*	1,20
		125	139,7	5"	501402112LRNU	LR 50x140	23,18	501402112LRAR	LR 50x140 AR	26,15	1*	1,20
		150	168,3	6"	501682112LRNU	LR 50x168	26,76	501682112LRAR	LR 50x168 AR	29,66	1*	1,20
		200	219,0	8"	502192112LRNU	LR 50x219	36,54	502192112LRAR	LR 50x219 AR	37,57	1*	1,20

TIPOS DE TUBERÍAS					IPS 680 SIN REVESTIMIENTO			HPS 035 ALU R CON ALUMINIO REFORZADO			CONTENIDO CAJA	
COBRE		ACERO			Artículo	Referencia	Precio €/ml	Artículo	Referencia	Precio €/ml	Uds.	m.l. caja
Ø mm	Ø ext. pulg.	DN	Ø ext. mm	Ø ext. pulg.								
Espesor 60 mm.												
35	1" 3/8	25	33,7	1"	600352112LRNU	LR 60x035	13,99	600352112LRAR	LR 60x035 AR	16,72	5	6,00
42	1" 5/8	32	42,4	1" 1/4	600422112LRNU	LR 60x042	15,79	600422112LRAR	LR 60x042 AR	20,00	5	6,00
	1" 7/8	40	48,3	1" 1/2	600482112LRNU	LR 60x048	16,77	600482112LRAR	LR 60x048 AR	21,23	4	4,80
76	2" 3/8	50	60,3	2"	600602112LRNU	LR 60x060	19,62	600602112LRAR	LR 60x060 AR	24,01	4	4,80
	3"	65	76,1	2" 1/2	600762112LRNU	LR 60x076	21,85	600762112LRAR	LR 60x076 AR	26,73	4	4,80
89	3" 1/2	80	88,9	3"	600892112LRNU	LR 60x089	24,20	600892112LRAR	LR 60x089 AR	28,73	1	1,20
114	4" 1/2	100	114,3	4"	601142112LRNU	LR 60x114	25,52	601142112LRAR	LR 60x114 AR	32,56	1*	1,20
		125	139,7	5"	601402112LRNU	LR 60x140	29,31	601402112LRAR	LR 60x140 AR	35,30	1*	1,20
		150	168,3	6"	601682112LRNU	LR 60x168	34,04	601682112LRAR	LR 60x168 AR	39,96	1*	1,20
		200	219,0	8"	602192112LRNU	LR 60x219	42,79				1*	1,20

Ilustración 4.6. datos de catálogo

Para entrar en las tablas del fabricante y poder trabajar con éstas tenemos que introducirnos por la parte izquierda de la misma, identificando el tipo de material, así como su diámetro. Con estos datos sacamos el código del artículo con el coste del mismo para los distintos casos y las diferentes soluciones.

En la tabla siguiente se recoge el código del material, junto con el precio unitario de éste para las distintas conducciones.

Tabla 4.15 tipo de aislamiento, código y coste

sección	Espesor según RITE	IPS 680 Código artículo	Precio €/ml	HPS 035 Código artículo	Precio €/ml	m.l. caja
25 mm	40 mm	400352112LRNU	7,56	400352112LRAR	9,04	10,80
32 mm	40 mm	400422112LRNU	8,26	400422112LRAR	10,59	10,80
65 mm	40 mm	400762112LRNU	14,32	400762112LRAR	15,00	4,80
100 mm	40 mm	401142112LRNU	17,27	401142112LRAR	18,80	4,80
125 mm	60 mm	601402112LRNU	29,31	601402112LRAR	35,30	1,20
	50 mm	501402112LRNU	23,18	501402112LRAR	26,15	1,20
	40 mm	401402112LRNU	19,99	401402112LRAR	21,98	1,20

Teniendo en cuenta que los pedidos de material se realizan por unidades de cajas y no por metros lineales de aislamiento, debemos de realizar un cálculo, según los metros requeridos, de cajas a pedir, junto con el coste total asociado.

En la siguiente tabla tenemos los cálculos mencionados, obteniendo finalmente el coste neto de las dos opciones planteadas.

Tabla 4.16. coste material interno de aislamiento

(K-FLEX®, 2021)K-ROCK										
sección	Espesor según RITE	longitud requerida (m)	m.l. caja	cajas a comprar		precio €/ml	coste individual	precio €/ml	coste individual	
25 mm	40 mm	780	10,8	72,2	73	7,56	5.960,30 €	9,04	7.127,14 €	
32 mm	40 mm	35	10,8	3,2	4	8,26	356,83 €	10,59	457,49 €	
65 mm	40 mm	15	4,8	3,1	4	14,32	274,94 €	15	288,00 €	
100 mm	40 mm	60	4,8	12,5	13	17,27	1.077,65 €	18,8	1.173,12 €	
125 mm	60 mm	100	1,2	83,3	84	29,31	2.954,45 €	35,3	3.558,24 €	
	50 mm	55	1,2	45,8	46	23,18	1.279,54 €	26,15	1.443,48 €	
	40 mm	75	1,2	62,5	63	19,99	1.511,24 €	21,98	1.661,69 €	
TOTAL IPS680						13.414,96 €				
TOTAL HPS035						15.709,15 €				

Una vez tenemos dimensionado la primera parte del aislamiento con dos tipos distintos de soluciones, vamos a determinar el coste de la segunda parte del aislamiento.

Esta se trataba de la parte protectora y envolvente de la lana de mineral, que es la que verdaderamente realiza la tarea de aislamiento.

Al igual que con la primera parte, nos dirigiremos al catálogo facilitado por un fabricante de referencia en el sector, y nos dispondremos a identificar, cuantificar y calcular la instalación necesaria.

Como se trata de la parte dentro de la cual se encuentra la conducción junto con el aislamiento de lana, debemos de trabajar con el diámetro global que resulta de la suma entre conducción y aislamiento.

Debe tenerse en cuenta que el aislamiento de lana envuelve por completo a la conducción, por lo que el diámetro de la carcasa es la suma de la conducción más dos veces el espesor de la lana.

Estos valores quedan registrados en la tabla 5.14

El material que montaremos es aluminio al 98% de pureza, con espesores que van desde 0,6 a 0,8 mm. El material se encuentra rematado en sus extremos longitudinales y transversales con bordes a fin de facilitar su colocación.

A continuación se muestran los costes del material según fabricante tanto para secciones longitudinales como para codos.



DIÁMETRO	CIRCUNFERENCIA	MT 500 TUBE			CU 501 CODO		
		CÓDIGO	CÓDIGO DE BARRAS	PRECIO €/ml	CÓDIGO	CÓDIGO DE BARRAS	PRECIO €/UD.
80 mm	26 cm	850TP020012	8027409103981	33,77	850CV020557	8027409098386	43,83
90 mm	28 cm	850TP020013	8027409103998	37,58	850CV020558	8027409098393	44,32
100 mm	32 cm	850TP020014	8027409104001	39,01	850CV020559	8027409098409	44,82
110 mm	36 cm	850TP020015	8027409104018	41,96	850CV020560	8027409098416	44,82
120 mm	38 cm	850TP020016	8027409104025	45,34	850CV020561	8027409098423	45,70
130 mm	42 cm	850TP020017	8027409104032	49,16	850CV020562	8027409098430	47,73
140 mm	44 cm	850TP020018	8027409104049	51,59	850CV020563	8027409098447	49,16
150 mm	48 cm	850TP020019	8027409104056	55,87	850CV020564	8027409098454	52,53
160 mm	50 cm	850TP020020	8027409104063	57,82	850CV020565	8027409098461	54,44
170 mm	53 cm	850TP020021	8027409104070	60,71	850CV020566	8027409098478	58,30
180 mm	56 cm	850TP020022	8027409104087	64,09	850CV020567	8027409098485	62,64
190 mm	60 cm	850TP020023	8027409104094	68,48	850CV020568	8027409098492	71,81
200 mm	64 cm	850TP020024	8027409104100	72,75	850CV020569	8027409098508	79,00
210 mm	66 cm	850TP020025	8027409104117	74,70	850CV020570	8027409098515	84,34
220 mm	70 cm	850TP020026	8027409104124	79,00	850CV020571	8027409098522	94,47
230 mm	72 cm	850TP020027	8027409104131	80,96	850CV020572	8027409098539	98,74
240 mm	77 cm	850TP020028	8027409104148	96,45	850CV020573	8027409098546	105,95
250 mm	80 cm	850TP020029	8027409104155	89,19	850CV020574	8027409098553	108,91
260 mm	82 cm	850TP020030	8027409104162	91,55	850CV020575	8027409098560	113,71
270 mm	85 cm	850TP020031	8027409104179	94,47	850CV020576	8027409098577	116,12
280 mm	88 cm	850TP020069	8027409104551	97,80	850CV020622	8027409290797	119,02
290 mm	91 cm	850TP020071	8027409164401	101,20	850CV020623	8027409290803	123,81
300 mm	97 cm	850TP020068	8027409104544	107,48	850CV020613	8027409098935	137,32

imagen 4.7. datos de catálogo

K-FLEX® BLECH MT-CU Recubrimiento aluminio				
Sección total	Longitud Total metros	MT 500 TUBE Código	Precio €/ml	Coste individual
100 mm	780	850TP020014	39,01	30.427,8€
110 mm	35	850TP020015	41,96	1.468,6€
140 mm	15	850TP020018	51,59	773,85 €
170 mm	60	850TP020021	60,71	3.642,60 €
240 mm	100	850TP020028	96,45	9.645,00 €
220 mm	55	850TP020026	79,00	4.345,00 €
200 mm	75	850TP020024	72,75	5.456,25 €
			TOTAL	55.759,10€
Sección total	Número de codos	CU 501 CODO Código	PRECIO €/UD.	Coste individual
100 mm	28	850CV020559	44,82	1.254,96 €
110 mm	6	850CV020560	44,82	268,92 €
140 mm	2	850CV020563	49,16	98,32 €
170 mm	4	850CV020566	58,30	233,20 €
240 mm	8	850CV020573	79,00	632,00 €
220 mm	3	850CV020571	94,47	283,41 €
200 mm	5	850CV020569	79,00	395,00 €
			TOTAL	3.165,81 €
			TOTAL	58.924,91€

Tabla 4.17. coste recubrimiento aislamiento

Al margen de lo expuesto hasta el momento como coste asociado a materiales principales, existen una serie de materiales auxiliares de necesaria aplicación para la correcta instalación.

Éstos son muy variables en cuanto a cantidad consumida y tipo. Por ello se opta por aproximar su gasto como el 4% del coste de los materiales de la solución propuesta.

Como tenemos dos tipos de aislamientos planteados, haremos la media y se la sumaremos al coste del recubrimiento de aluminio, suma a la que le aplicaremos el porcentaje indicado para materiales auxiliares.

Tabla 4.18. coste materiales auxiliares

costes materiales hasta el momento	aproximación coste auxiliares	Coste estimado de materiales auxiliares
74.634,06 €	5%	3.731,70 €

A continuación mostraremos una lista detallada de alguno de los mismos.

Accesorios

1. Materiales de suportación

- Pinchos. Elemento de naturaleza metálica que se suelda a la superficie a asilar y permite una sujeción mecánica.
- Pernos. Elemento que se suelda o rosca a la superficie a islar.
- Distanciadores. Se abrochan o apoyan a la superficie a islar para garantizar una distancia determinada en el aislamiento
- Otros. Clips, cintas, flejes...

2. Materiales de fijación

- Fijación de recubrimiento
 - Tornillos
 - Remaches
 - Flejes
 - Tuercas
 - Cierres desmontables
- Fijación de aislamiento
 - Alambre
 - Cinta
 - Adhesivo

3. Otros

- Materiales para rotura de puente térmico
 - Cintas trenzadas
 - Cartón aislante
- Sellantes
 - Sellantes para material de aislamiento
 - Sellantes para material de recubrimiento
- Recubrimientos internos
 - foils

4.1.2.7. montaje de instalación. Estudio económico.

Para el montaje de la instalación, y más concretamente para la cuantificación del coste de mano de obra, vamos a emplear la resolución del 18 de noviembre de 2020, de la Dirección General de Trabajo, por la que se registra y publica el XXV Convenio colectivo de Mantenimiento y Montajes Industriales.

En el documento mencionado se recogen los estándares en cuanto a salario y condiciones según convenio.

ANEXO I

Condiciones Obra Mantenimiento y Montajes Industriales, S.A.

Grupo profesional	Categoría	2019	2020	2021
		Salario base mes (12)	Salario base mes (12)	Salario base mes (12)
Grupo 5.	Oficial/la 1. ^a	1.284,46 €	1.310,15 €	1.336,35 €
Grupo 5.	Oficial/la 2. ^a	1.194,80 €	1.218,70 €	1.243,07 €
Grupo 6.	Oficial/la 3. ^a	1.086,18 €	1.107,90 €	1.130,06 €
Grupo 6.	Especialista.	1.077,37 €	1.098,92 €	1.120,90 €
Grupo 7.	Peón.	1.059,68 €	1.080,87 €	1.102,49 €
Plus Transporte.		82,45 €	84,10 €	85,78 €

Grupo	Categorías	Salario		
		2019	2020	2021
4	Encargado/a.	24.597,41 €	25.089,36 €	25.591,15 €

imagen 4.8. salarios según convenio

En la tabla siguiente se recogen los salarios brutos según categoría.

En tablas auxiliares se reflejan los plus debido a turnicidad, horas extras, etc.

En un primer lugar vamos a considerar que todos los trabajadores desarrollan una jornada normalizada.

En la tabla siguiente se recogen los costes por mano de obra

Tabla 4.19. costes por mano de obra

categoria	nº horas de trabajo	coste bruto por hora	coste por servicio
oficial/las 1ª	240	12,00 €	2.880,00 €
oficial/las 2ª	240	11,00 €	2.640,00 €
oficial/las 3ª	240	10,00 €	2.400,00 €
especialista	120	13,00 €	1.560,00 €
peón	360	9,00 €	3.240,00 €
encargado/a	120	15,00 €	1.800,00 €
ingenieros y técnicos	50	22,00 €	1.100,00 €
		TOTAL	15.620,00 €
procentaje variable de contingencias		5%	781,00 €
		cuantía previa	16.401,00 €
margen beneficio empresa instaladora		20%	3.280,20 €
		TOTAL SIN IVA	19.681,20 €

4.1.2.8. coste total de la instalación.


A continuación, tenemos un presupuesto en el que se recogen todos los costes agrupados de la mejora que se quiere realizar en la instalación.

La empresa ofertante es DIRO, S.A.

Finalmente se ha optado por solicitar el presupuesto para el material **K-FLEX® K-ROCK HPS 035**.

Se ha decidido implantar el material mencionado debido a la poca diferencia de precio que hay con respecto a la otra opción.

la directriz de la empresa es implantar elemento de calidad en sus instalaciones, ya que el funcionamiento de la planta es continuo e ininterrumpido, amortizando rápidamente todas las posibles mejoras.

	EMPRESA	DIRO, S.A.	C/ siete arroyos 13, 41318 Sevilla	
	tlf:	637138669		
	att:	Francisco D. Haro		
	Muy Sr.(s) nuestros:		a continuación le recogen el conjunto de costes y tarifas para la instalación, sirviendo el presente documento como presupuesto formal del servicio	
Oferta de presupuesto M220153/1				
FECHA	OBRA:	Servicio de instalación y montaje sistema de aislamiento		
26/01/2022	GARANTÍA	garantía según fabricante. 4 años en el caso de instalación y montajes		
ITEM	DESIGNACIÓN	PRECIO	DTO.	IMPORTE
1	redacción de proyecto y documentación	3.300,00 €	0,00%	3.300,00 €
2	fibra mineral HPS 350 K-FLEX® K-ROCK	15.709,15 €	0,00%	15.709,15 €
3	K-FLEX® BLECH MT-CU Recubrimiento de aluminio	58.924,91 €	0,00%	58.924,91 €
4	materiales auxiliares no recogidos	3.731,70 €	0,00%	3.731,70 €
5	mano de obra de instalación	19.681,20 €	0,00%	19.681,20 €
6	varios	35.000,00 €	0,00%	35.000,00 €
TOTAL				136.346,96 €
TOTAL IVA INCLUIDO (21%)				164.979,82 €
CONTACTO		ESPECIFICACIONES		
Francisco Díaz Haro 637138669 fdharo@DIRO.com				
CONDICIONES ESPECIALES Y OBSERVACIONES		SUPERVISADO		
Según oferta M220153/1				

4.1.2.9. confrontamiento de pérdidas con y sin aislamiento.

Vamos a considerar que los materiales de la instalación actual tienen una resistencia térmica de $0,5 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, muy superior a la que presenta una instalación con materiales nuevos. Esto será así debido al mal estado y tiempo de ésta.

En la tabla siguiente se muestran los datos más relevantes en cuanto al cálculo del flujo de calor en conducciones cilíndricas.

La cuantificación de éstos ha sido obtenida mediante el empleo de las ecuaciones descritas anteriormente en programas de cálculo.

En la tabla final tenemos el flujo de calor para cada caso, así como el ahorro de calor que supone cada tipo de solución

Tabla 4.20. análisis completo de conducciones, calores y aislamientos

Sección mm	Longitud m	r1	r2	r3	R1 (K/W)	R1 + R2 (K/W)	R1 + R2 (K/W)	T ^a °C	q (W)			ahorro por solución (W)	
									ACTUAL	IPS 680	HPS 035	IPS 680	HPS 035
25	20	12,5	14	54	0,0013	0,174330	0,224801	193	130566,26	964	747	129603	129819
25	40	12,5	14	54	0,0006	0,087165	0,112401	193	261132,52	1927	1495	259205	259638
32	25	16	18	58	0,0011	0,121060	0,156058	193	157035,59	1388	1077	155648	155959
25	50	12,5	14	54	0,0005	0,069732	0,089920	193	326415,65	2409	1868	324006	324547
25	100	12,5	14	54	0,0003	0,034866	0,044960	193	652831,29	4818	3737	648013	649095
25	180	12,5	14	54	0,0001	0,019370	0,024978	193	1175096,3	8673	6726	1166423	1168370
25	390	12,5	14	54	7E-05	0,012292	0,014936	100	1136625,9	6101	5021	1130525	1131604
32	10	16	18	58	0,0027	0,415975	0,505338	100	28042,069	180	148	27862	27894
125	30	62,5	65,5	116	0,0004	0,067141	0,081581	90	183166,19	968	797	182198	182369
65	15	32,5	35	75	0,0011	0,208205	0,245857	40	13370,545	72	61	13299	13310
125	50	62,5	65,5	126	0,0002	0,046151	0,056083	110	399208,37	1842	1516	397367	397693
125	5	62,5	65,5	126	0,0021	0,461505	0,560829	110	39920,837	184	152	39737	39769

125	25	62,5	65,5	126	0,0004	0,069332	0,090304	170	340501,26	2091	1606	338410	338896
125	20	62,5	65,5	126	0,0005	0,086665	0,117986	140	216042,18	1327	975	214715	215067
125	25	62,5	65,5	116	0,0004	0,086293	0,103467	75	117414,23	579	483	116835	116931
125	25	62,5	65,5	106	0,0004	0,072584	0,092264	60	82189,959	482	379	81708	81811
125	25	62,5	65,5	106	0,0004	0,078135	0,087016	50	58707,114	320	287	58387	58420
125	25	62,5	65,5	106	0,0004	0,078135	0,087016	40	35224,268	192	172	35032	35052
90	60	45	47,5	87,5	0,0002	0,041703	0,046445	55	146612,16	719	646	145893	145966
											TOTAL	5,46E+06	5,47E+06

4.1.2.10. comparativa

A continuación, vamos a traducir o extrapolar los datos energéticos que tenemos a valores de combustible necesarios o requeridos.

Para ello debemos de conocer la energía del gas, así como el rendimiento de la caldera.

Según la norma UNE 60.002, los combustibles gaseosos se clasifican en dos familias según su índice de Wobbe, de las cuales nos centraremos en las dos últimas.

El índice Wobbe resulta del cociente entre el poder calorífico superior y la raíz cuadrada de la densidad relativa del gas.

- La primera familia es aquella cuyo Wobbe se encuentra entre 5.700 y 7.500 Kcal /m³(n). ésta es conocida como gas de ciudad. Pertenecen a ésta el gas manufacturado, de coquería y el gas que resulta de la mezcla de gases y aire con bajo índice de Wobbe.
- La segunda familia, con un índice comprendido entre 9.680 y 13.850 Kcal/m³(n), agrupa al gas natural y a la mezcla de gases combustibles con aire con un índice de Wobbe alto.
- La tercera familia presenta un índice de Wobbe entre 18.500 y 22.070 Kcal/m³(n). a ésta pertenece el GLP (propano y butano)

En la siguiente tabla se muestra el flujo másico y volumétrico que ahorramos según el tipo de mejora y combustible empleado.

Tabla 4.21. energía ahorrada según solución y costes de combustibles

			ahorro por solución (W)		
			IPS 680	HPS 035	
			5,46E+06	5,47E+06	
			ahorro de combustible		
poder calorífico	14690 Wh/kg	GNL	Kg/h GNL	372,01	372,51
densidad	431 kg/m3		m3/h GNL	0,8631	0,8643
poder calorífico	12860 Wh/kg	GLP	Kg/h GLP	424,95	425,52
densidad	584 kg/m3		m3/h GLP	0,7277	0,7286

Debe tenerse en cuenta, desde un punto de vista práctico, que para el cambio de combustible empleado en la caldera, deben de adaptarse los quemadores debido a que el comportamiento de los gases en el quemador es distinto en función de la familia a la que pertenezcan, es decir, distinto flujo calorífico y diferente tipo de llama.

Según el mercado Ibérico del gas (MIBGAS), el precio medio de la energía según el ejercicio del año anterior es de 40€ MWh para el caso de del GNL y de 60€ MWh para el GLP

Debido a lo que difiere uno con respecto al otro, nos quedaremos con el GNL como combustible de nuestra caldera.

Teniendo en cuenta que la caldera con la cual trabajamos es mixta, es decir trabaja con biomasa y gas, y que la energía de la biomasa representa el 60% de la total generada, nos queda que el gas debe de aportar el 40% restante.

En relación con los costes, la materia que entra en la caldera como biomasa tiene un coste despreciable, el propio del transporte, en comparación al gas. Esto es así debido a que la empresa es propietaria de extensas fincas de olivos, cuya arboleda de desecho por podas o reposición, es transformada en combustible para la caldera.

Teniendo en cuenta lo anterior, la energía que nos ahorramos según solución y el rendimiento de la caldera, nos queda lo siguiente.

Tabla 4.22. estimación ahorro económico por hora

energía ahorrada	5.470.000 Wh
rendimiento de la caldera	90%
energía total a aportar	6017000 Wh
energía correspondiente a gas 40%	2406800
precio según MIBGAS	40€ MWh
ahorro económico por combustible cada hora	92 €/h

Aplicando un 80% de confianza a los cálculos realizados, a fin de ser realista en la estimación y no dejar mucho margen con la práctica medible que tendrá lugar cuando se finalice la instalación, diremos que el ahorro estimado será de 73 €/h.

Considerando que la planta tiene paradas por contingencias, reparaciones, mantenimiento y fluctuaciones de demanda según mercado, diremos que la planta trabaja el 60% de las horas que tiene el año.

Con ello nos queda lo siguiente.

Tabla 4.23. estimación anual de ahorro

% trabajo en el año	60%
horas de trabajo en un año	5250 horas
ahorro económico estimado	73 €/h
ahorro anual de la solución	367.500 €
% de reducción por funcionamiento nominal de la planta	75%
Total ahorro anual por combustible	275.000 €

4.1.2.11. Análisis de inversión.

Para analizar la rentabilidad de la inversión o proyecto, estudiaremos la tasa interna de retorno TIR. Para ello también es preciso conocer el valor actual neto VAN, ya que ambos parámetros están vinculados mediante una fórmula matemática.

Para determinar el van es preciso conocer los flujos de caja futuros que un proyecto podría generar.

Para nuestro caso se trata de lo que ahorramos con la solución, o dicho de otro modo, lo que perdemos si no la realizamos.

La fórmula para calcular el VAN es la siguiente.

$$VAN = -A + \frac{Q1}{(1+k)} + \frac{Q2}{(1+k)^2} + \dots \quad (eq4)$$

siendo

A el valor de la inversión a realizar.

Q1, Q2... los flujos de cajas futuros

K la tasa de descuento

Para el caso de la TIR lo que se hace es sustituir la k por TIR y determinar el valor de ésta que hace que el VAN se iguale a cero.

Como es obvio, la solución es mas que rentable, porque en el periodo de un año se ha conseguido ahorrar un importe equivalente al 166,66% de la inversión, es decir, no solo se ha recuperado el capital invertido en la solución, si no que se ha conseguido sumar a los beneficios el 66,66% del equivalente de la misma

4.2. Estudio cualitativo de una posible recirculación de emisiones de columna

4.2.1. Descripción técnica.

4.2.1.1. Objetivo.

Plantear y analizar cualitativamente una posible solución en la optimización y reutilización de recursos.

4.2.1.2. Grado de aplicabilidad

se estudiará en la corriente de vapores que emerge de la zona superior de la columna de desodorización

4.2.1.3. Influencia sobre el consumo energético.

La posible aplicabilidad de la mejora que se plantea repercutiría en una reducción considerable en el vapor de aporte de la caldera a la columna de desodorización.

4.2.1.4. Limitaciones.

- c) Las asociadas a los principios físico-químicos que dictan la base del fenómeno
- d) Las relacionadas con la experimentación. Para ser precisos, e indagar en la viabilidad cuantitativa, habría que experimentar y crear un modelo que defina nuestro sistema.

4.2.2. introducción

La idea del presente apartado es el estudio cualitativo de una posible mejora a implantar.

Se hablará de forma cualitativa en lugar de cuantitativa debido a la naturaleza físico-química del proceso, siendo preciso una experimentación para el diseño de un modelo que defina al sistema o proceso y poder con ello traducir en números los cambios que supone la mejora.

Como la experimentación no es la base del proyecto que nos trae, describiremos brevemente la idea, invitando a indagar en ella a quien lo desee.

4.2.3. estado actual

Como bien sabemos, por lo comentado hasta el momento, de la parte superior de la columna se emite una mezcla de componentes volátiles presentes en el crudo que han sido arrastrados por una corriente de vapor, quedándonos un torrente final compuesto por los componentes eliminados y el propio vapor extractor.

En la siguiente imagen puede observarse lo descrito. De disponemos de dos corrientes que se cruzan en una misma dirección, paralelas entre sí, pero en sentidos opuestos, que tras superar multitud de equilibrios por su paso de los numerosos platos, obtenemos finalmente un producto final por la parte inferior, y una emisión por la superior. Siendo la emisión la base del apartado.

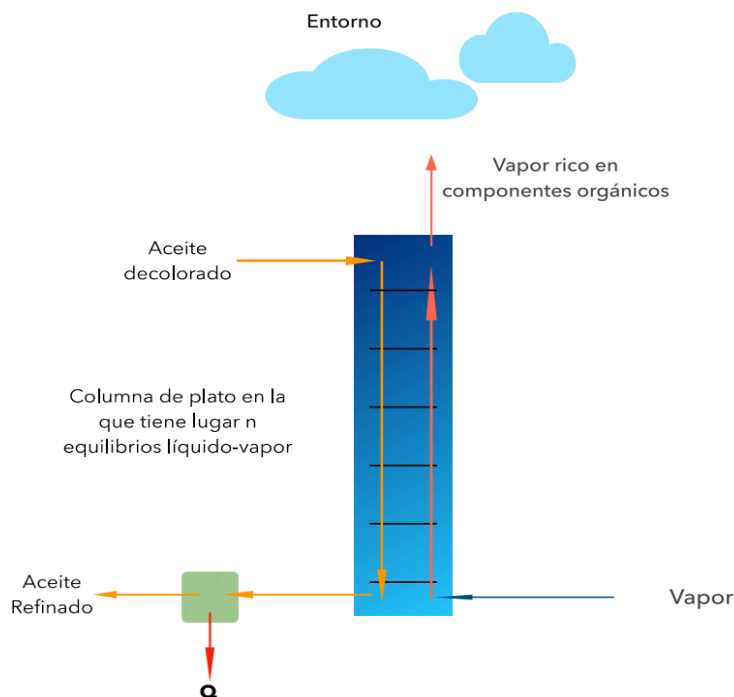


imagen 4.9. esquema actual

El torrente emitido por la columna será considerado para el análisis como vapor sucio. Esto será así debido a que la composición mayoritaria del mismo es vapor.

4.2.4. planteamiento de la solución.

A groso modo, el concepto de la mejora se basa en intentar recuperar la energía que tienen los vapores emitidos por la columna de desodorización.

Para ello tenemos que entender que es aquello a lo que hemos llamado vapor sucio.

Tenemos que tener en cuenta que se trata de un vapor que ha servido como elemento de arrastre, y que tras su cometido, sale por la parte superior de la unidad, perdiendo progresivamente su capacidad de arrastre a medida que asciende desde la parte inferior desde donde es inyectado.

Tras finalizar su proceso, el vapor pierde calidad en el arrastre debido que se encuentra inmerso en una corriente junto con otros componentes de origen orgánicos.

Si el vapor que sale por la parte superior fuese nuevamente introducido por la parte inferior para que repitiese el proceso, el rendimiento sería muy inferior a la primera pasada por lo comentado acerca de la pérdida de capacidad del vapor.

No obstante, la intención es “limpiar” ese vapor sucio mediante un proceso de descompresión, eliminando una parte considerable de los componentes orgánicos, y recuperando la capacidad de arrastre del vapor semilimpio.

Este proceso es viable para componentes orgánicos con una temperatura de ebullición mayor a la del agua.

La finalidad es condensar los orgánicos en un equilibrio Líquido-Vapor, en el que el vapor se empobrecerá en componentes orgánicos, teniendo nuevamente capacidad para “arrastras” en otro nuevo ciclo.

Para garantizar que el vapor no supera una concentración máxima de componentes orgánicos y que se mantienen unas condiciones de equilibrio entre economización y rendimiento técnico, purgaremos parte de éste en cada ciclo,

compensándolo con un aporte porcentual de vapor procedente directamente de la caldera.

El vapor de purga, puede ser empleado como foco térmico donante de calor en posibles intercambiadores.

Al mismo tiempo, los volátiles condensados siguen teniendo una elevada temperatura, la suficiente como para ser empleados como focos térmicos en intercambiadores de precalentamiento de agua.

A la salida de los economizadores, y tras donar toda la energía térmica aprovechable, los volátiles condensados pueden ser tratados como subproductos debido a su alta concentración en componentes orgánicos.

Técnicamente, y para ser finos en el estudio cuantitativo, deberíamos de conocer la composición y concentración exacta de los componentes orgánicos que deseamos arrastrar, a fin de determinar experimentalmente la curva de equilibrio líquido/vapor, y poder con ello fijar los parámetros de operación de la cámara de condensación.

La cámara de condensación se compone básicamente de un compresor inicial, el cual imprime presión al vapor rico en componentes orgánicos haciéndolo condensar parcialmente dentro de una cámara interna de equilibrio. Primero condensaran los componentes de mayor punto de ebullición.

De esta cámara se toman los condensados, sacándolos como tal de la unidad.

Para el caso de la fase vapor, se hace pasar por una válvula de expansión para recuperar las condiciones iniciales de flujo.

La cámara de condensación es considerada adiabática, ya que todo el proceso se lleva a cabo de forma isoterma. Esto es así para poder controlar las condensaciones de los componentes con las presiones del sistema, manteniendo la temperatura, parámetro esencial a conservar, constante en todo momento.

En la siguiente imagen se observa una disposición de la idea comentada a cerca del reacondicionado del vapor de entrada en la caldera.

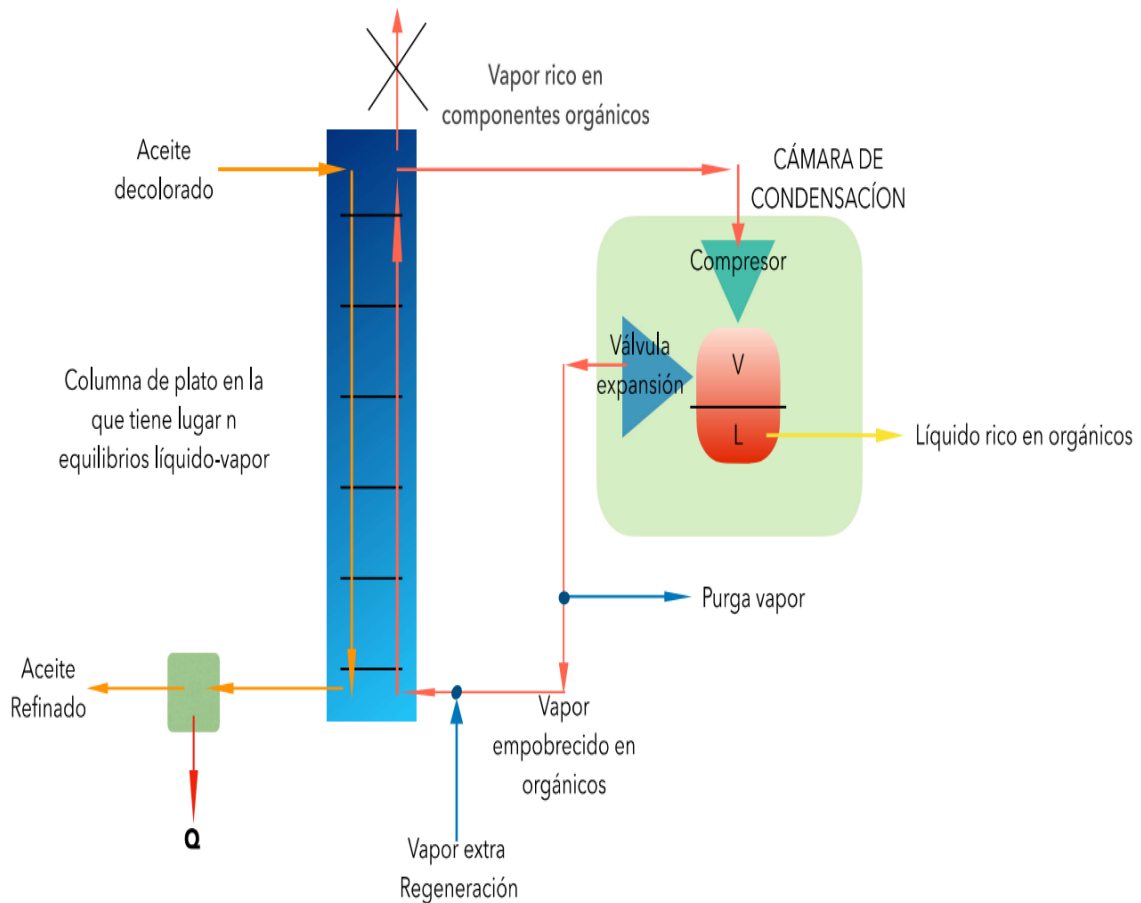


imagen 4.10. esquema propuesto

4.2.5. alcance

Para el caso en el que tras estudiar lo planteado, la solución fuese viable, tendríamos una doble ventaja.

Por un lado, tendríamos un ahorro en el vapor de aporte de la columna, punto crítico en el sistema energético en cuanto a demanda de vapor. Por pequeña que sea la parte aprovechable, supondremos un 25% del total, tendríamos salvado una cuarta parte del punto de mayor demanda de la planta.

Por otro lado, y no independiente al primero si no lo contrario, respalda que por ínfima que sea la recuperación, la idea puede funcionar debido a todo el vapor de purga, contenido en la corriente de salida de la columna, y que hasta el momento se emitía al entorno, ahora está canalizado y siendo introducido en unos intercambiadores, aprovechando todo el calor para procesos de calentamiento previo.

4.3. Estudio de viabilidad de una instalación de energía solar térmica

4.3.1. Descripción técnica.

4.3.1.1. Objetivo.

Estudiar la rentabilidad de una instalación de energía solar térmica que trabaje como fuente de calor de aporte al proceso.

4.3.1.2. Grado de aplicabilidad

- c) En el agua que es introducida en la caldera para la generación de vapor
- d) Empleo como foco térmico en partes puntuales del proceso.
- e) En la generación de ACS

4.3.1.3. Influencia sobre el consumo energético.

La producción de calor mediante la irradiación solar, empleada en salvar diferencias de temperaturas tanto en la entrada de la caldera, así como en posibles puntos del proceso, se traduce en una reducción importante en el calor sensible a aportar, que en condiciones normales es generado mediante el consumo de combustibles.

4.3.1.4. Limitaciones.

- e) Las asociadas a las disponibilidades de espacio para la instalación, así como la capacidad portante de las estructuras para sostener los depósitos de acumulación.
- f) Las relacionadas con el coste de la solución. Técnico-económicas

4.3.2. introducción

En el presente apartado lo que se pretende es estudiar la rentabilidad de una instalación de generación termo solar.

Con ella, y de forma inicial, la intención es calentar agua que posteriormente será mezclada con el caudal de entrada a la caldera.

Realizaremos un estudio para lo descrito, teniendo siempre presente tanto las solicitudes de la planta como las limitaciones de la generación termo solar.

No debe olvidarse que la planta, salvo paradas programadas, trabaja 24 horas todos los días del año, demandando una cantidad constante e ininterrumpida de vapor.

Del mismo modo, no podemos ignorar que la generación de energía solar térmica es fluctuante y estrictamente condicionada al generador principal de la misma, el sol. Por ello, a pesar de lo atractivo que pueda resultar la idea de eliminar o sustituir la caldera con su respectivo consumo de combustible, por una instalación de energía térmica solar, no podemos perder la perspectiva de las limitaciones de la solución.

La solución que se pretende pasa por buscar el equilibrio en entre unas condiciones de servicio adecuadas a la actividad, y la fusión o armonización entre las fuentes generadoras de energía.

4.3.3. consideraciones de la intensidad solar y características según la zona.

Como ya se ha explicado en apartados anteriores, la localización de la factoría tiene lugar en la provincia de Sevilla, más concretamente en la Carretera Rinconada-Brenes, KM 11,700.

Atendiendo al emplazamiento de ésta, describiremos las características climatológicas del medio.

Nos es preciso conocer la zona de viento. Para ello nos dirigimos al CTE y observamos que para localización indicada, el viento es tipo A.

Del mismo modo, podemos sacar que el terreno es del tipo IV.

La instalación se llevará a cabo en la cubierta de las naves de I complejo, aprovechando el área de las mismas debido a su número y tamaño, como el echo de su inclinación, factor importante en la incisión de los rayos solares.

Del mismo modo, es una solución buena debido a que al encontrarse en las zonas superiores o cumbres de la factoría, no existen elementos que priven o interfieran entre la recepción de los rayos y el sol.

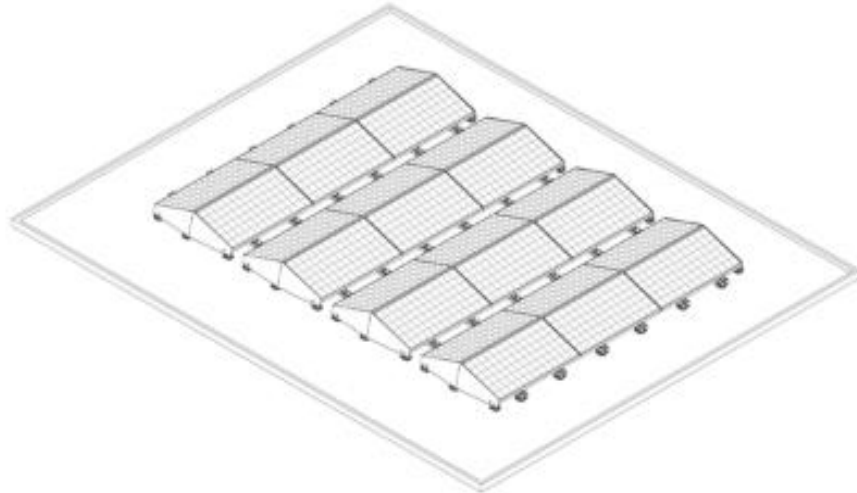
En la imagen siguiente se observa las características y parámetros necesarios para el diseño de la instalación. En ella se recogen tanto características del medio, como específicas de la cubierta.

Especificación de la cubierta	
País:	España
Zona de viento:	A
Categoría de terreno:	IV
Clase de consecuencia	CC1
Período de referencia	15 Año(s)
Densidad del aire:	1,25 kg/m ³
Orientación de la cubierta desde el norte:	15°
Presión del viento:	429,72 N/m ²
Inclinación de la cubierta:	0.0°
Material de la cubierta:	Otro
Coefficiente de fricción:	0,20
Área de la cubierta:	104,98 m ²
Altura de la cubierta:	7.0 m
Altura del parapeto:	200 mm
Recuento de segmentos:	1
Factor de seguridad:	1.35
High building safety factor:	1,09

imagen 4.11. características para la instalación

4.3.5. plan de proyecto

a continuación, vamos a observar un pequeño proyecto técnico en el que se recoge las características técnicas de la instalación propuesta. para una ágil manipulación y entendimiento, se ha dividido en bloques o grupos de paneles con un área total de 90,78 m²



Plan de proyecto

New Project 2

12-12-2021

Índice

Descripción general	3
Segmento 1	7
Descargo de responsabilidad	10

Descripción general

Especificación de la cubierta

País:	España
Zona de viento:	A
Categoría de terreno:	IV
Clase de consecuencia	CC1
Período de referencia	15 Año(s)
Densidad del aire:	1,25 kg/m ³
Orientación de la cubierta desde el norte:	15°
Presión del viento:	429,72 N/m ²
Inclinación de la cubierta:	0.0°
Material de la cubierta:	Otro
Coefficiente de fricción:	0,20
Área de la cubierta:	104,98 m ²
Altura de la cubierta:	7.0 m
Altura del parapeto:	200 mm
Recuento de segmentos:	1
Factor de seguridad:	1.35
High building safety factor:	1,09

Especificación del sistema

Modelo de panel:	Astro 4 semi CHSM72M-HC series (166)
Medidas del panel:	2094mm x 1038mm x 35 mm
Peso del panel:	23,50 kg
Potencia del panel:	0,450 kWp
Número de paneles:	36
Potencia total:	16,200 kWp

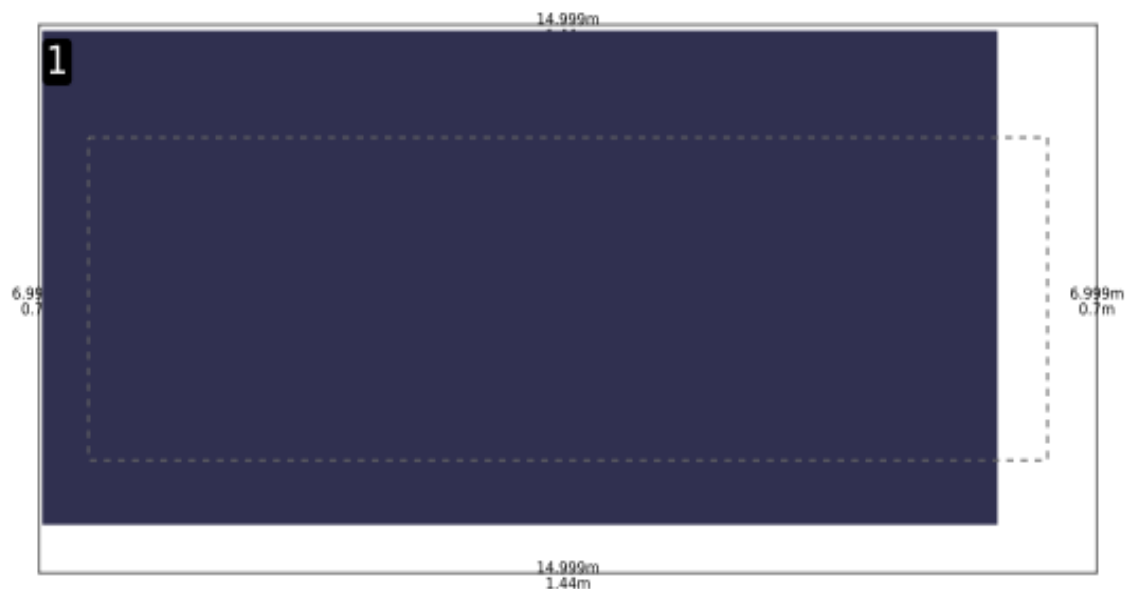
Lastre

Número de ladrillos (210mm x 105mm x 80mm, 4.0 kg/pc): 144

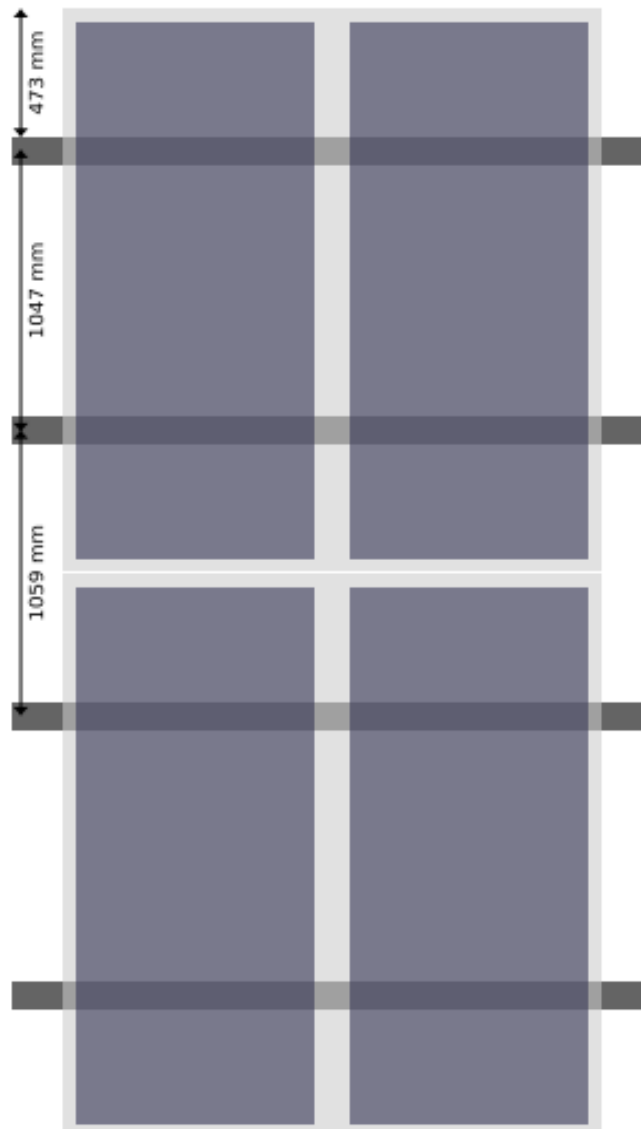
Lista completa de materiales

N.º de artículo	Descripción	Cantidad
1009100	FlatFix Wave Dual unidad 4P	12
1009101	FlatFix Wave Dual unidad base 4P	6
1009103	FlatFix Wave Kit deflector de viento	12
1009111	FlatFix Wave Estabilizador 3530	12
1009120	FlatFix Wave Placa base	36
1009122	FlatFix Wave Pin conector (juego de 3 piezas)	12
1009123	FlatFix Wave Soporte de lastre	8
1009140*	FlatFix Wave Barra de medición	2
1009142*	FlatFix Wave Herramienta de desbloqueo de paneles	2

Segmentos



Dimensiones importantes



Consulte el manual de instalación para saber cómo utilizar el escantillón o regleta.

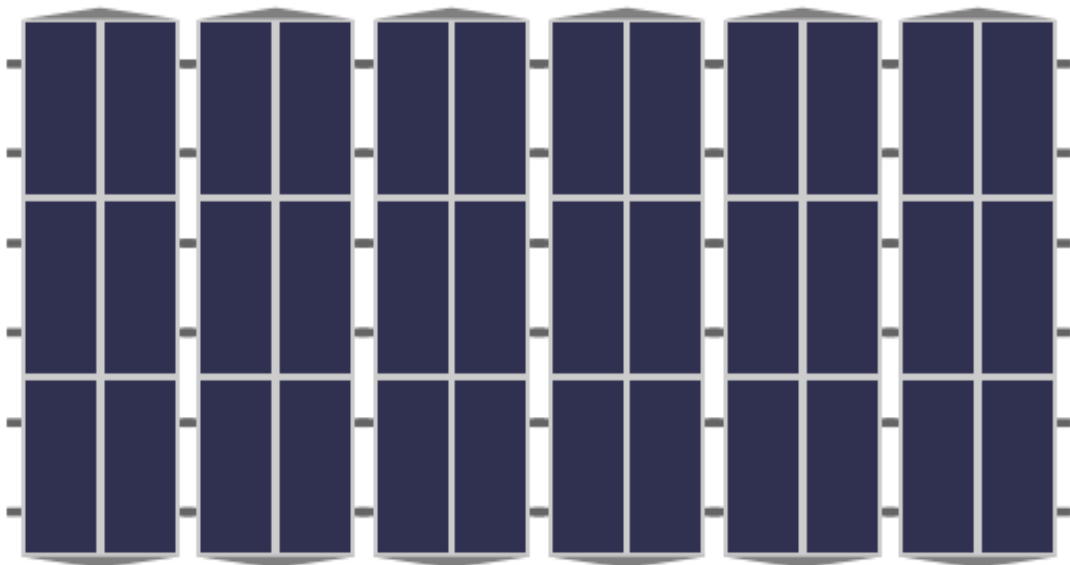
Carga de la cubierta o tejado	
Peso total	1.679,23 kg
Peso total de lastre	576,00 kg
Área (bruta) de la cubierta	104,98 m ²
Área del sistema (área proyectada)	90,78 m ²
Carga promedio de la cubierta sobre el área de paneles	18,50 kg/m ²
Carga promedio de la cubierta sobre el área de la cubierta	16,00 kg/m ²

Segmento 1

Especificación del sistema

Recuento de panel:	36
Potencia total:	16,200 kWp
Distancia entre filas:	2300 mm
Configuración:	Doble

Plan de ensamblaje



El segmento se encuentra (parcialmente) en el borde

Ballast distribution

20kg*	12kg	12kg	12kg	12kg	12kg	12kg	12kg	12kg	12kg	12kg	20kg*
20kg*	12kg	4kg		4kg		4kg		4kg		12kg	20kg*
8kg		4kg	4kg	4kg	4kg	4kg	4kg	4kg	4kg		8kg
8kg		4kg	4kg	4kg	4kg	4kg	4kg	4kg	4kg		8kg
20kg*	12kg	4kg		4kg		4kg		4kg		12kg	20kg*
20kg*	12kg	12kg	12kg	12kg	12kg	12kg	12kg	12kg	12kg	12kg	20kg*

* Utilice un soporte de lastre en las posiciones que están marcadas con un asterisco (*)

Número de paneles lastrados	18
Peso por unidad de lastre	4.0 kg
Número de unidades de lastre	144

Materiales

N.º de artículo	Descripción	Cantidad
1009100	FlatFix Wave Dual unidad 4P	12
1009101	FlatFix Wave Dual unidad base 4P	6
1009103	FlatFix Wave Kit deflector de viento	12
1009111	FlatFix Wave Estabilizador 3530	12
1009120	FlatFix Wave Placa base	36
1009122	FlatFix Wave Pin conector (juego de 3 piezas)	12
1009123	FlatFix Wave Soporte de lastre	8

Carga de la cubierta o tejado para este segmento

Peso Paneles	846 kg
Peso Sistema	257 kg
Peso Lastre	576 kg
Peso total:	1.679 kg
Sistema Area	90,78 m ²
Carga promedio de la cubierta sobre el área de paneles	18,50 kg/m ²
Carga máxima estática en el punto (en el soporte del tejado)	8,41 kPa*

*Las irregularidades en la cubierta pueden causar una desviación en las presiones puntuales


■ 25.14kg/m2

■ 17.71kg/m2

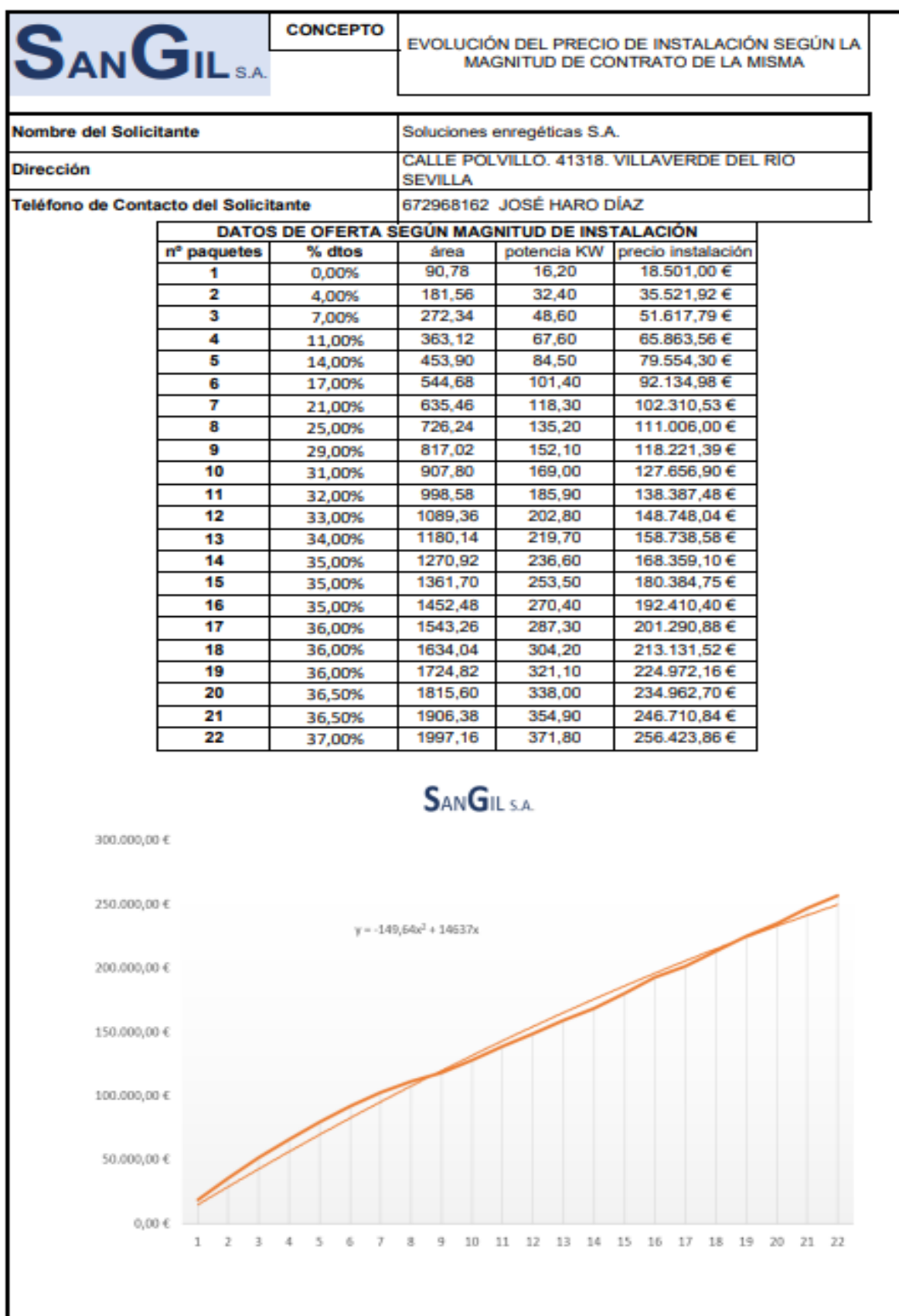
■ 15.68kg/m2



4.3.6. Presupuesto por bloque

	Presupuesto núme	A/ACO/	5007	/2021																																																																
	Fecha :	20/12/2021																																																																		
	Nº cliente:	1265																																																																		
<p>PRESUPUESTO: INSTALACIÓN PAQUETE DE PANELES SOLARES TÉRMICOS CON POTENCIA TOTAL IGUAL A 16,2 KW</p>																																																																				
Nombre del Solicitante		Soluciones enregéticas S.A.																																																																		
Dirección		CALLE POLVILLO. 41318. VILLAVERDE DEL RÍO SEVILLA																																																																		
Teléfono de Contacto del Solicitante		672968162 JOSÉ HARO DÍAZ																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Concepto</th> <th>Ud.</th> <th>Precio</th> <th>Importe</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1009100 FlatFix Wave Dual unidad 4P</td> <td>12</td> <td>120,00 €</td> <td>1.440,00 €</td> </tr> <tr> <td>1009101 FlatFix Wave Dual unidad base 4P</td> <td>6</td> <td>115,23 €</td> <td>691,38 €</td> </tr> <tr> <td>1009103 FlatFix Wave kit deflector de viento</td> <td>12</td> <td>67,51 €</td> <td>810,12 €</td> </tr> <tr> <td>1009111 FlatFix Wave estabilizador 3530</td> <td>12</td> <td>70,20 €</td> <td>842,40 €</td> </tr> <tr> <td>1009120 FlatFix Wave placa base</td> <td>36</td> <td>251,99 €</td> <td>9.071,64 €</td> </tr> <tr> <td>1009122 FlatFix Wave pin conector (juego de 3 piezas)</td> <td>12</td> <td>34,00 €</td> <td>408,00 €</td> </tr> <tr> <td>1009123 FlatFix Wave soporte de lastre</td> <td>8</td> <td>48,12 €</td> <td>384,96 €</td> </tr> <tr> <td>Auxiliares</td> <td>1</td> <td>300,00 €</td> <td>300,00 €</td> </tr> <tr> <td>paquete de mano de obra bloque 1</td> <td>1</td> <td>1.300,00 €</td> <td>1.300,00 €</td> </tr> <tr> <td>costes varios según bloque 1</td> <td>1</td> <td>950,00 €</td> <td>950,00 €</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>PRESUPUESTO TOTAL</td> <td>16.198,50</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>GG+BI 19% S/ 16198,5€</td> <td>3.077,72</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>BASE IMPONIBLE</td> <td>19.276,22</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>IVA 21% S/ 19276,22€</td> <td>4.048,01</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>IMPORTE TOTAL EUROS</td> <td>23.324,23</td> </tr> </tbody> </table>					Concepto	Ud.	Precio	Importe	1009100 FlatFix Wave Dual unidad 4P	12	120,00 €	1.440,00 €	1009101 FlatFix Wave Dual unidad base 4P	6	115,23 €	691,38 €	1009103 FlatFix Wave kit deflector de viento	12	67,51 €	810,12 €	1009111 FlatFix Wave estabilizador 3530	12	70,20 €	842,40 €	1009120 FlatFix Wave placa base	36	251,99 €	9.071,64 €	1009122 FlatFix Wave pin conector (juego de 3 piezas)	12	34,00 €	408,00 €	1009123 FlatFix Wave soporte de lastre	8	48,12 €	384,96 €	Auxiliares	1	300,00 €	300,00 €	paquete de mano de obra bloque 1	1	1.300,00 €	1.300,00 €	costes varios según bloque 1	1	950,00 €	950,00 €			PRESUPUESTO TOTAL	16.198,50			GG+BI 19% S/ 16198,5€	3.077,72			BASE IMPONIBLE	19.276,22			IVA 21% S/ 19276,22€	4.048,01			IMPORTE TOTAL EUROS	23.324,23
Concepto	Ud.	Precio	Importe																																																																	
1009100 FlatFix Wave Dual unidad 4P	12	120,00 €	1.440,00 €																																																																	
1009101 FlatFix Wave Dual unidad base 4P	6	115,23 €	691,38 €																																																																	
1009103 FlatFix Wave kit deflector de viento	12	67,51 €	810,12 €																																																																	
1009111 FlatFix Wave estabilizador 3530	12	70,20 €	842,40 €																																																																	
1009120 FlatFix Wave placa base	36	251,99 €	9.071,64 €																																																																	
1009122 FlatFix Wave pin conector (juego de 3 piezas)	12	34,00 €	408,00 €																																																																	
1009123 FlatFix Wave soporte de lastre	8	48,12 €	384,96 €																																																																	
Auxiliares	1	300,00 €	300,00 €																																																																	
paquete de mano de obra bloque 1	1	1.300,00 €	1.300,00 €																																																																	
costes varios según bloque 1	1	950,00 €	950,00 €																																																																	
		PRESUPUESTO TOTAL	16.198,50																																																																	
		GG+BI 19% S/ 16198,5€	3.077,72																																																																	
		BASE IMPONIBLE	19.276,22																																																																	
		IVA 21% S/ 19276,22€	4.048,01																																																																	
		IMPORTE TOTAL EUROS	23.324,23																																																																	
Realice el ingreso en CAIXA BANK ES72 2100 0200 04 0200066837 Concepto: A/ACO/5007/2021 PRESUPUESTO																																																																				
Observaciones: Una vez realizado el ingreso de la parte acordada se le facilitará la factura de la misma en las oficinas de la empresa instaladora.																																																																				
Condiciones de instalación : - Este presupuesto es orientativo para trabajo en condiciones normales. Cualquier desviación de éste será regularizado en la factura posterior - Este presupuesto tiene vigencia en el año 2022 - Una vez realizado el ingreso de la parte acordada, la Empresa procederá al desarrollo de los trabajos en los 30 días siguientes																																																																				
SOLUCIONES INGENIERILES SAN GIL																																																																				

4.3.7. oferta según tamaño de instalación



4.3.8. Magnitud de la instalación

En el apartado presupuesto por bloques, tenemos un documento en el que se define el precio total de la instalación y puesta en marcha de la misma para un bloque de paneles con área total 90,78 m² y potencia de 16,2 KW.

Como la empresa dispone de una gran superficie para la instalación de paneles, al igual que de un capital de inversión denso, vamos a estudiar el caso en el que decidimos montar el número máximo de paneles según la oferta, siendo este de 22 paquetes de paneles, con un área total de aproximadamente 2.000 m² y 372 KW/h.

El coste total de la misma con impuestos incluidos es de 256.423,86€.

Considerando que el valor aportado por la empresa instaladora es una estimación media de la zona donde se emplaza la planta, y que se le considera un margen de error equivalente al 95%, diremos que la energía aportada diariamente al agua de precalentamiento es igual a 8.55MW.

4.3.9. Balance de la propuesta

En este apartado vamos a traducir o transformar los datos de energía en cantidades monetarias.

Si tenemos en cuenta que el rendimiento de la caldera que se propuso era del 85%, la energía que tendría que aportar el combustible para equiparar la generada por los paneles sería de 9,84 MW/día.

Según el mercado Ibérico del gas (MIBGAS), el precio medio de la energía según el ejercicio del año anterior es de 40€ MWh para el caso de del GNL. Este mismo valor fue empleado en el estudio de aislamientos.

Si nuestra instalación nos aporta una media de 0,416 MW/h, multiplicado por los 40€/MWh del gas nos queda un ahorro de 16,68€/h.

Considerando que la planta tiene paradas por contingencias, reparaciones, mantenimiento y fluctuaciones de demanda según mercado, diremos que la planta trabaja el 60% de las horas que tiene el año.

Con ello nos queda lo siguiente

Tabla 4.24. estimación ahorro económica anual

% trabajo en el año	60%
horas de trabajo en un año	5250 horas
ahorro económico estimado	16,68 €/h
ahorro anual de la solución	87.675€
% de reducción por funcionamiento nominal de la planta	95%
Total ahorro anual por combustible	83.291,25€

4.3.10. Análisis de inversión.

En este caso no vamos a entrar en el estudio de los valores del TIR y VAN ya que la inversión es solo 3,05 veces más grande de lo que se recupera por año.

Esta solución no está drástica en cuanto a rendimiento como la del aislamiento, pero es una solución muy buena debido a que en un periodo de 3 años se ha recuperado el capital invertido, quedando libre el resto de ahorro por combustible una vez pasado este periodo.

5. ANÁLISIS DE LAS MEJORAS Y CONCLUSIÓN

5.1. Introducción

Como se ha observado en el apartado 4, propuestas de moras, salvo para el caso del análisis cualitativo, las soluciones planteadas son viables económicamente.

Debe tenerse en cuenta que las soluciones dadas a pesar de ser producto de cálculos matemáticos, se encuentran sujetas a una serie de variables de naturaleza estocásticas y que precisan de aproximaciones orientativas.

Las soluciones obtenidas pueden sufrir alteraciones. No obstante, los valores estimados son muy positivos y presentan un ancho margen de amortiguamiento, dejando cabida a posibles oscilaciones sin perder rentabilidad en la solución.

Debe tenerse en cuenta que, entre las variables cambiantes, la de mayor influencia en la solución es el precio del combustible.

Entre las otras que también intervienen, pero en menor medida puede encontrarse la humedad y calidad del combustible biomasa, la calidad del crudo a procesar, variaciones no esperadas en las temperaturas, o la agilidad en la maniobrabilidad de los operarios.

5.2. Evolución del precio del combustible gaseoso.

Debido a que es el factor de mayor relevancia en la mejora, y que la finalidad de ésta es reducir la cantidad empleada del mismo, junto con la influencia que presenta en la actualidad en el panorama político-económico, era necesario la dedicación de unas líneas en relación con éste.

Debe tenerse en cuenta que la variable de mayor exponente en nuestra función es un recurso regido por un mercado complejo y especulativo, producto de una maraña de intereses interterritoriales, políticos, económicos y demás afines.

El precio que presenta es caprichoso e impredecible, con oscilaciones bruscas en cortos periodos de tiempo.

En la imagen siguiente puede observarse como fluctúa su valor en el periodo de un año.

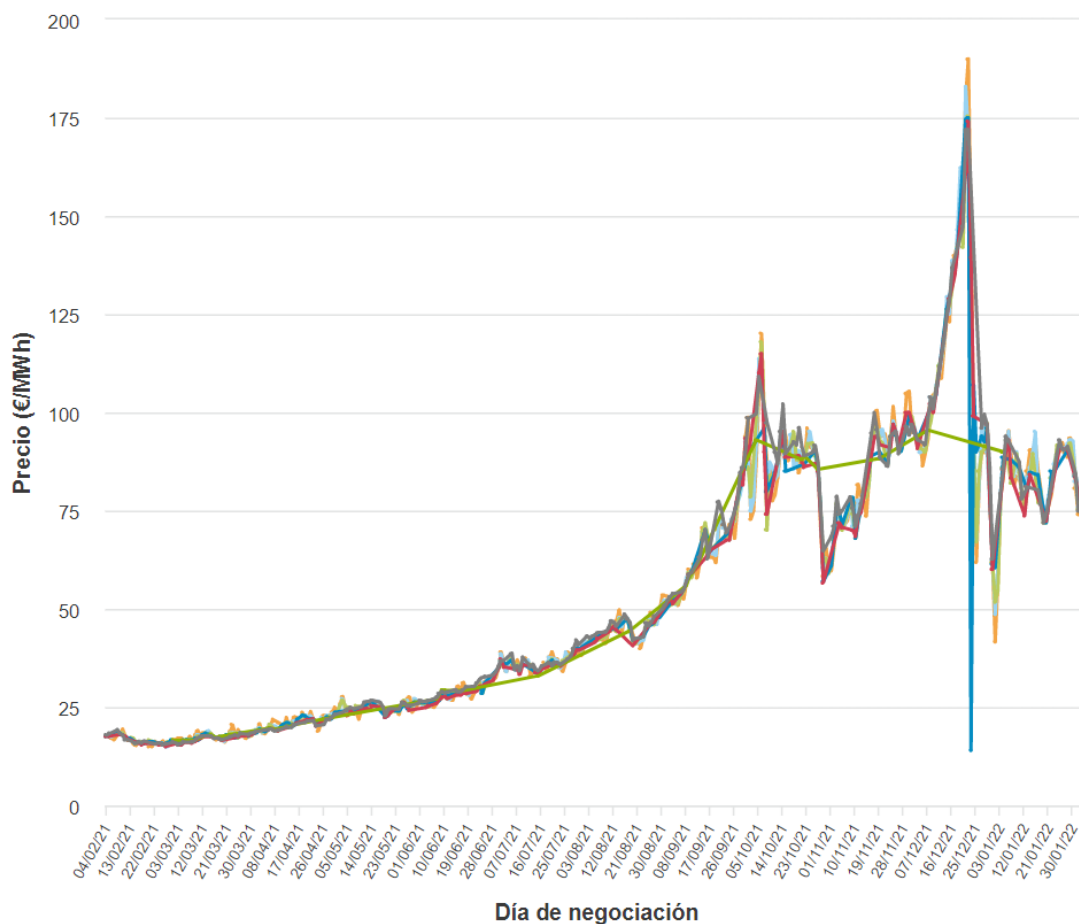


Ilustración 2 Imagen 5.1. evolución del precio del GNL según MIBGAS

Según los datos facilitados, puede observarse como en el periodo de un año se han alcanzado precios muy dispares con un mínimo cercano a los 20€ el MWh y un máximo que roza los 190€ el MWh.

Dentro de éste periodo, nuestra solución sería entorno a nueve veces mejor que a principios de año, no obstante, en cuestión de un par de días, el rendimiento volvería a ser el mismo al comienzo del año debido a una fuerte caída en el precio.

No obstante, hemos optado por realizar los cálculos con una media aproximada a lo largo del periodo descrito, amortiguando o salvando los picos máximos y mínimos del mercado.

5.3. Análisis conjunto.

Como ya se han estudiado por separado las rentabilidades de ambas soluciones, nos disponemos a estudiarlas como un paquete de mejoras agrupadas.

Atendiendo a los datos obtenidos en apartados anteriores nos queda una tabla como sigue.

Tabla 5.1: inversiones agrupadas

tipo de solución	coste de la solución	ahorro anual esperado	
aislamientos de conducciones	164.979,82 €	275.000,00 €	
instalación foto térmica	256.423,86 €	83.291,25 €	
	coste total soluciones	ahorro total anual teórico	ahorro total anual corregido 85%
	421.403,68 €	358.291,25 €	304.547,56 €
periodo de recuperación	1,4 años	* no se han considerados incrementos por inflación, por TAE, ni intereses por préstamos.	

Según el conjunto de datos calculados y estimaciones realizadas, la inversión será recuperada en un periodo de 1,4 año, o lo que es lo mismo 1 año y 7 meses.

6. DEFENSA DE LA MEJORA

En base a lo que se ha descrito hasta el momento, respaldado con el conjunto de cálculos y argumentos ya descritos, se propone o acepta la mejora en base al potencial que han presentado sus datos de cálculos.

Atendiendo al periodo de amortización, a las cantidades a invertir, siendo comparadas con el grueso de los movimientos de la industria con la que estamos trabajando, y el peso que presenta el sector en la facturación territorial, destaca la brevedad o aceleración en el alcance de rentabilidad, presentando un impacto positivo de ahorro tras el breve transcurso de ésta.

En base a lo comentado, que a su vez se sustenta en lo técnico recogido y plasmado en el documento, se aconseja la implementación del paquete de mejoras propuestas.

7. ANEXOS

ANEXO I Imágenes del software de control.

A continuación, y de forma ilustrativa, observaremos un grupo de imágenes capturadas del sistema o programa de control que monitoriza, controla y actúa sobre los equipos y subsistemas de operación de la planta como conjunto global.

Dividiremos las imágenes en dos bloques, un primero destinado para la refinería de semillas y un segundo para su homólogo, de oliva.

1. Semillas

En la primera imagen se observa como el programa representa la etapa de enfriamiento y neutralizado. En la imagen puede observarse la nomenclatura real empleada para las bombas de impulsión, tanques e intercambiadores entre otros.

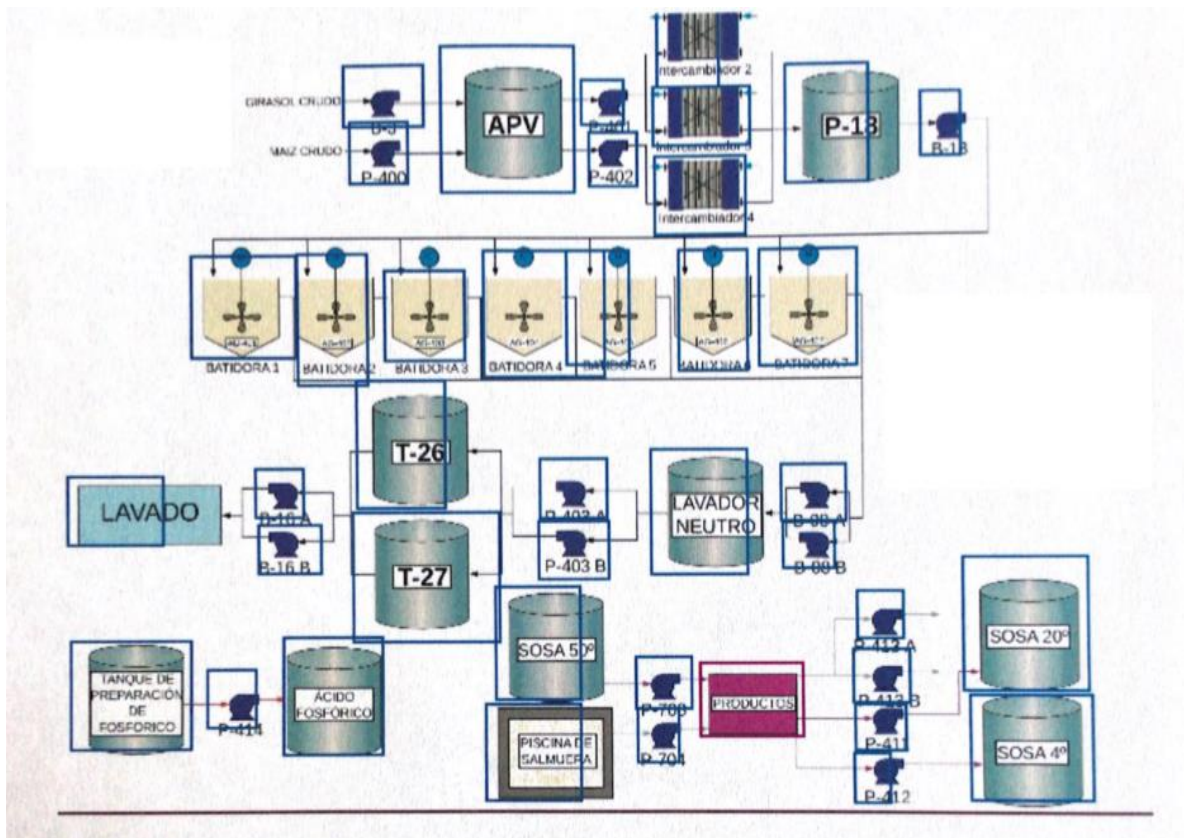


Ilustración: Anexo I.1

Del mismo modo, para la imagen siguiente el programa nos muestra los componentes básicos en la unidad de lavado, concretamente la de lavado de crudo neutro, mientras que para la tercera en este apartado ilustrativo, observamos la imagen que nos ofrece el programa para controlar el lavado de fondos y la unidad de decoloración.

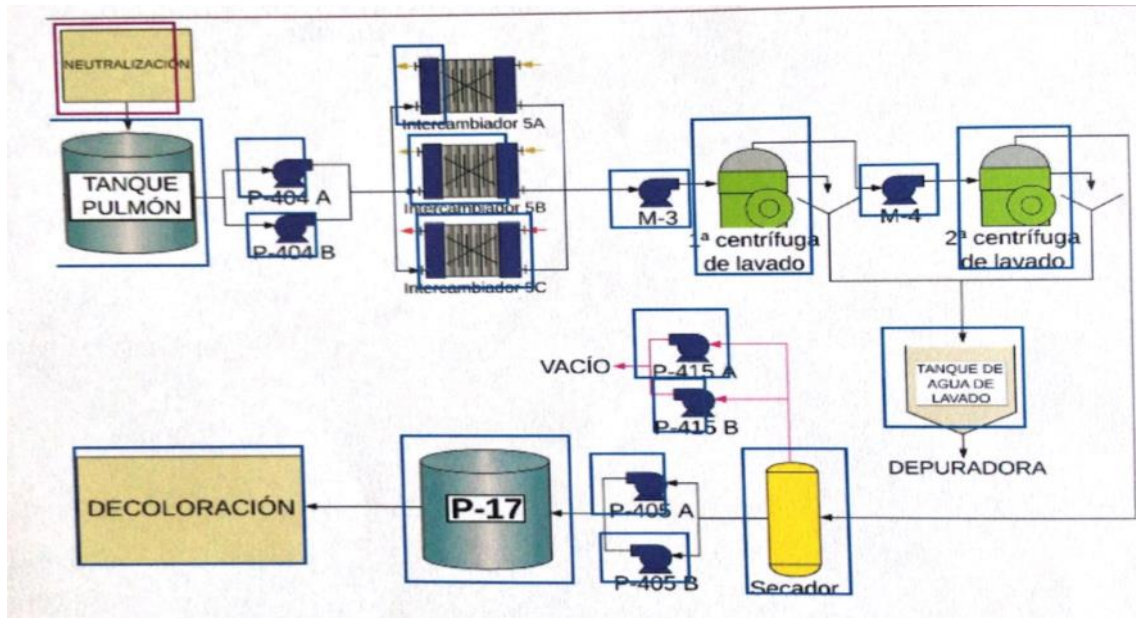


Ilustración 3 Anexo I.2

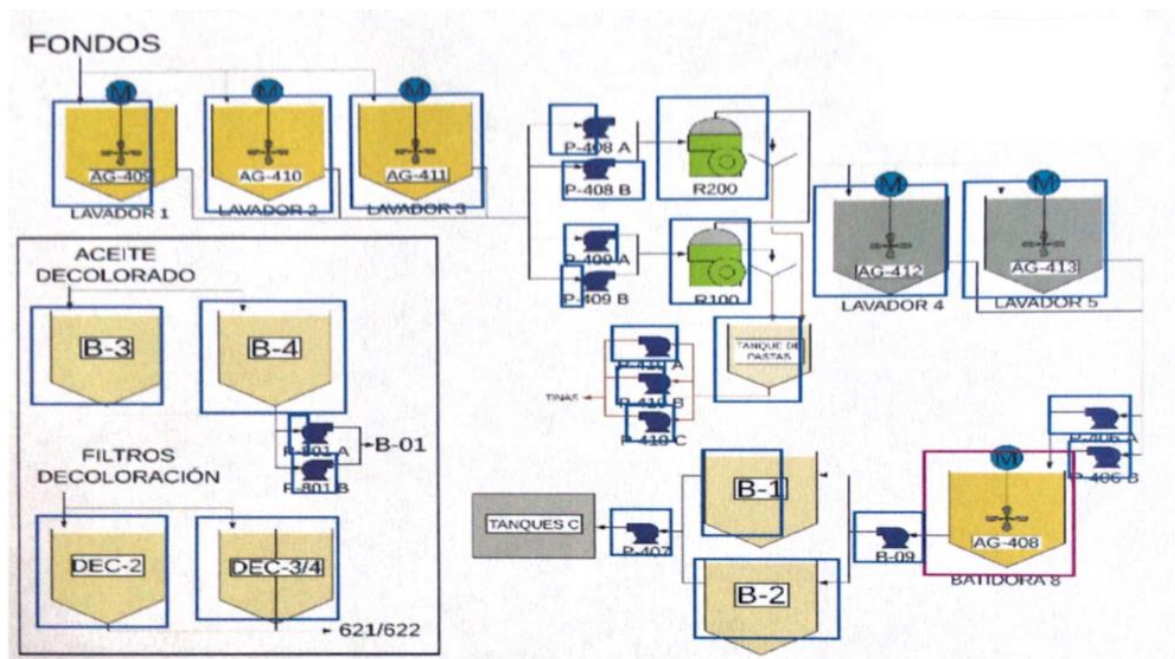


Ilustración Anexo I.3

En la siguiente ilustración podemos visualizar la imagen que nos facilita el sistema para el proceso de tratamiento previo a la decoloración. En esta etapa se mezclaban las arcillas o arenas de adsorción con una fracción inicial de aceite, creando una masa que posteriormente entra en el tanque mezclador.

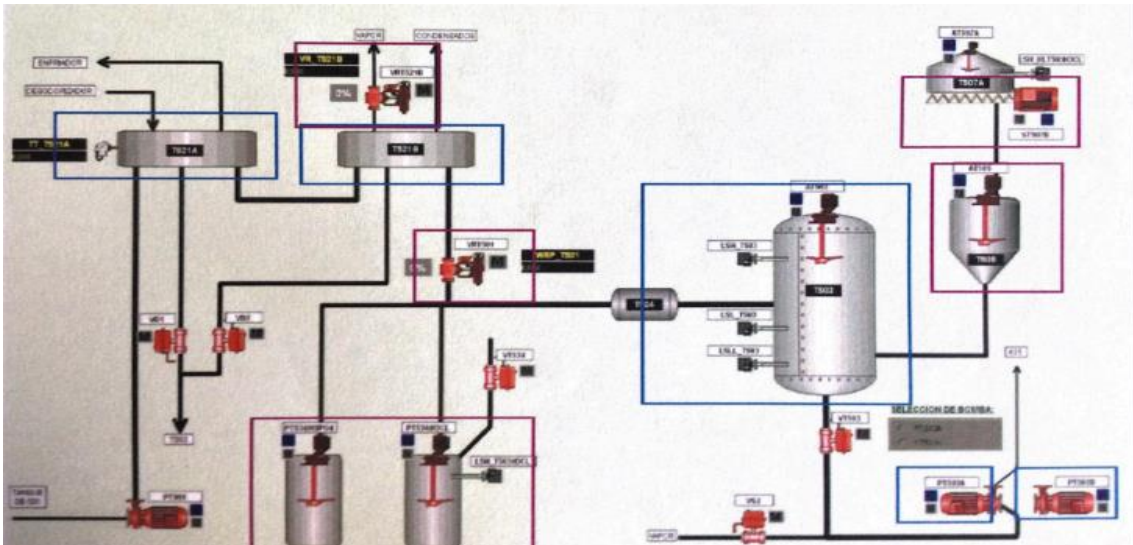


Ilustración Anexo I.4

Si la comparamos con la imagen esquemática del aparatado 2, Procesos fundamentales de la lía de refinado, en la definición del esquema básico refinado de crudo vegetal, podemos ver como la complejidad del esquema es mayor. Las dos imágenes siguientes también corresponden al proceso de decoloración. La primera representa el tanque de agitación mientras que la segunda ilustra la disposición del filtrado que concluye la unidad de proceso.

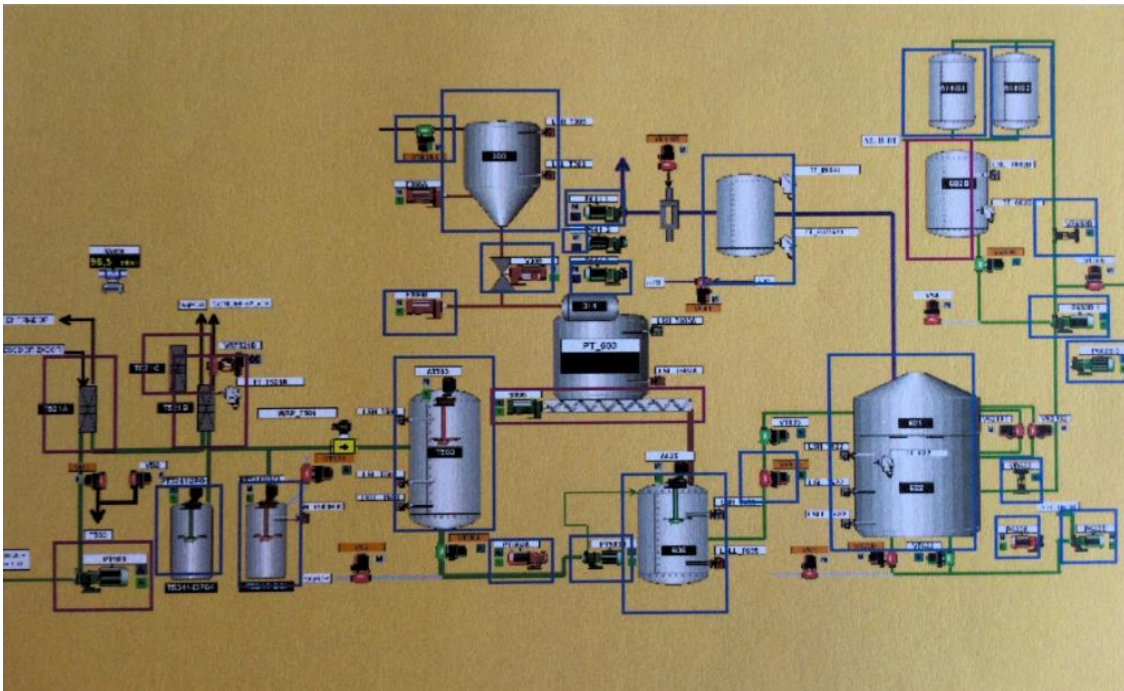


Ilustración Anexo I.5

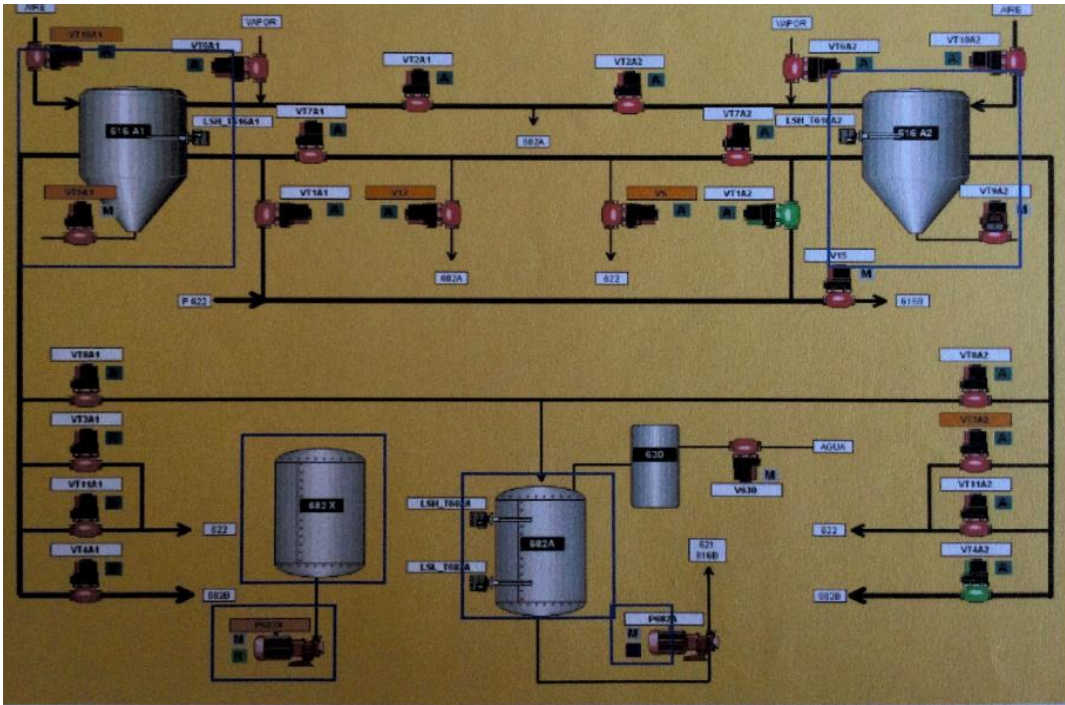


Ilustración Anexo I.6

Una vez concluida la decoloración o blanqueo toca el proceso de desodorización. A continuación, observamos el esquema que nos proporciona el sistema junto con los lazos y equipos de control.

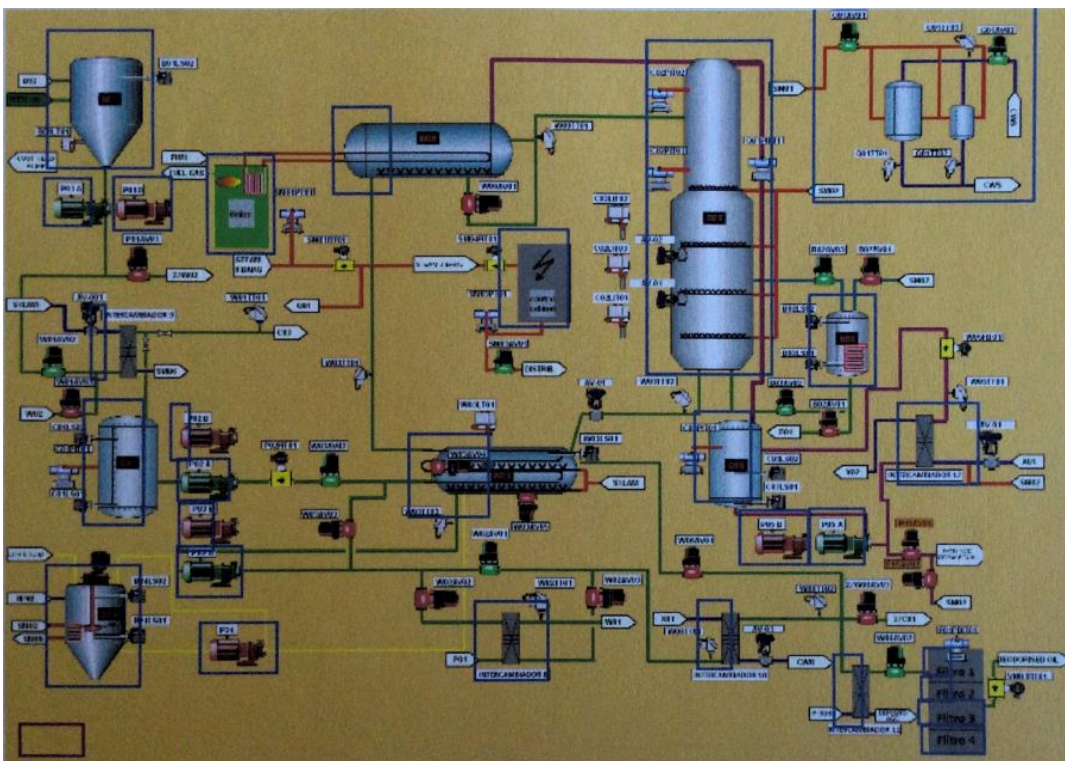


Ilustración Anexo I.

2. Oliva

Al igual que en el apartado 1. Semillas, del presente anexo, dispondremos de una batería de imágenes que se corresponden con las facilitadas por el sistema de control instalado en la planta.

La primera imagen corresponde a un cuadro de control generalizado en el que se presentan todas las operaciones esenciales junto con sus condiciones de operación. Si observamos podemos ver cuales son los intervalos de temperatura a los cuales trabaja cada unidad, así como las presiones de estas o los caudales máxicos que procesan.



Ilustración Anexo I.8

La segunda imagen corresponde al proceso de neutralización. Si nos situamos a la entrada de aceite crudo, podemos seguir el recorrido, pasando por tanque pulmón y mezclándose posteriormente con los reactivos antes de entrar en la batidora. Los componentes restantes representan intercambiadores de calor que incrementan la temperatura antes de entraren la próxima unidad de procesado. En el extremo derecho se dispone el tanque de fondos. Si seguimos el recorrido de flujo podremos leer la temperatura, presión y cantidad de volumen procesado.

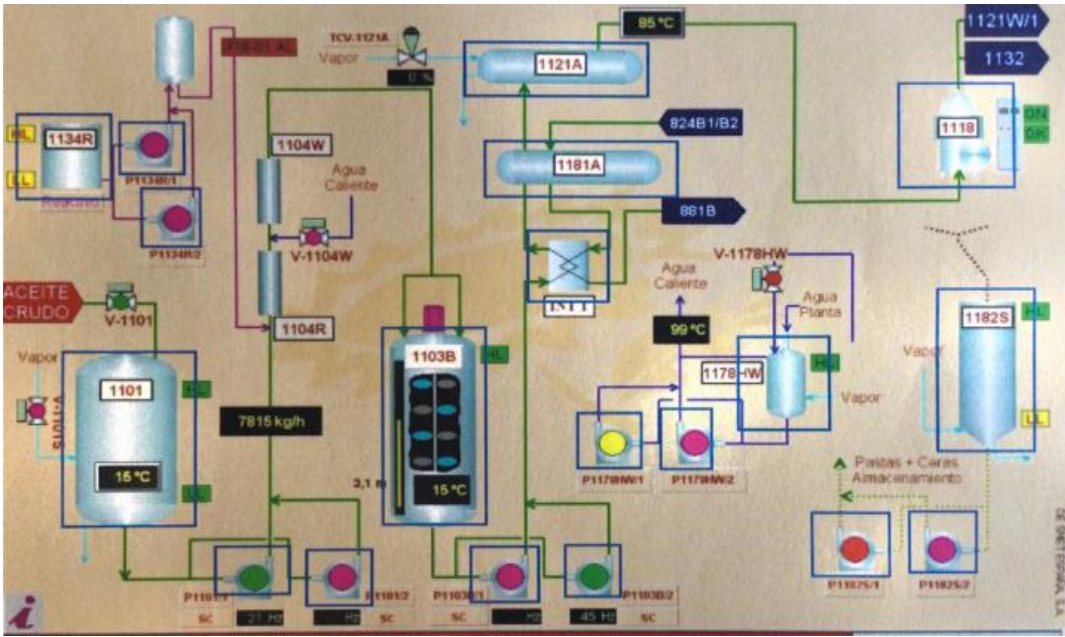


Ilustración Anexo I.9

Cuando salimos de la unidad de neutralizado nos encontramos con la de lavado, apareciendo la disposición siguiente.

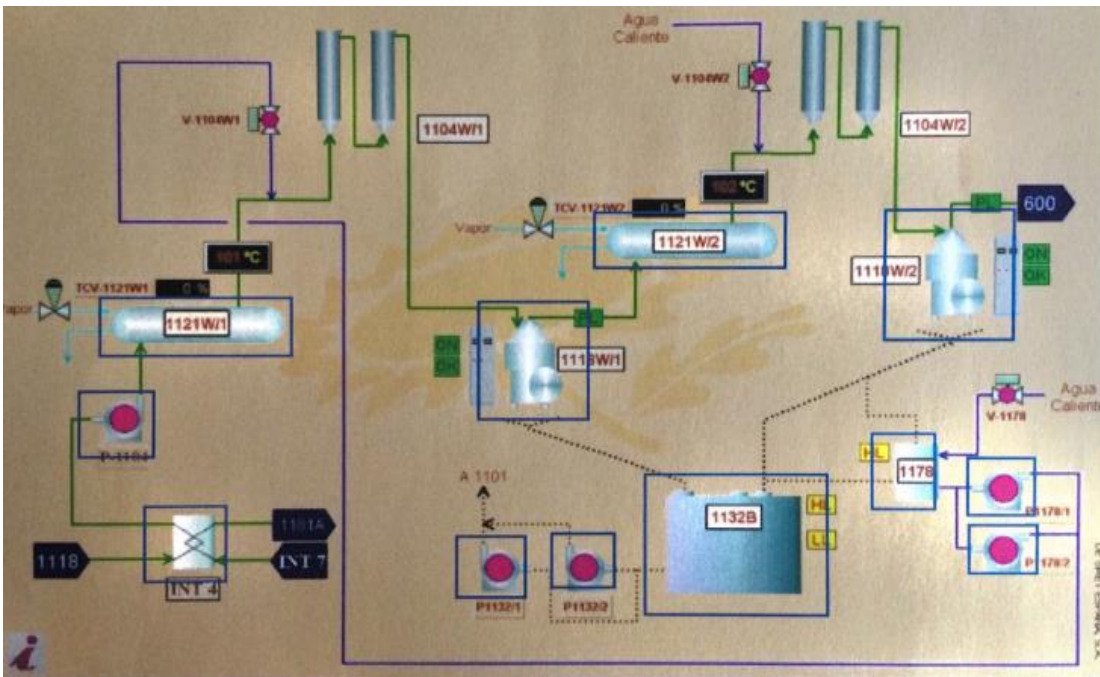


Ilustración Anexo I.10

Cuando ya disponemos de un aceite neutro y lavado nos fijamos en la decoloración de éste.

La imagen siguiente representa el proceso de mezclado de tierras y aceite, junto con el de agitación y adsorción en el tanque. Nuevamente podemos leer las condiciones de operación.

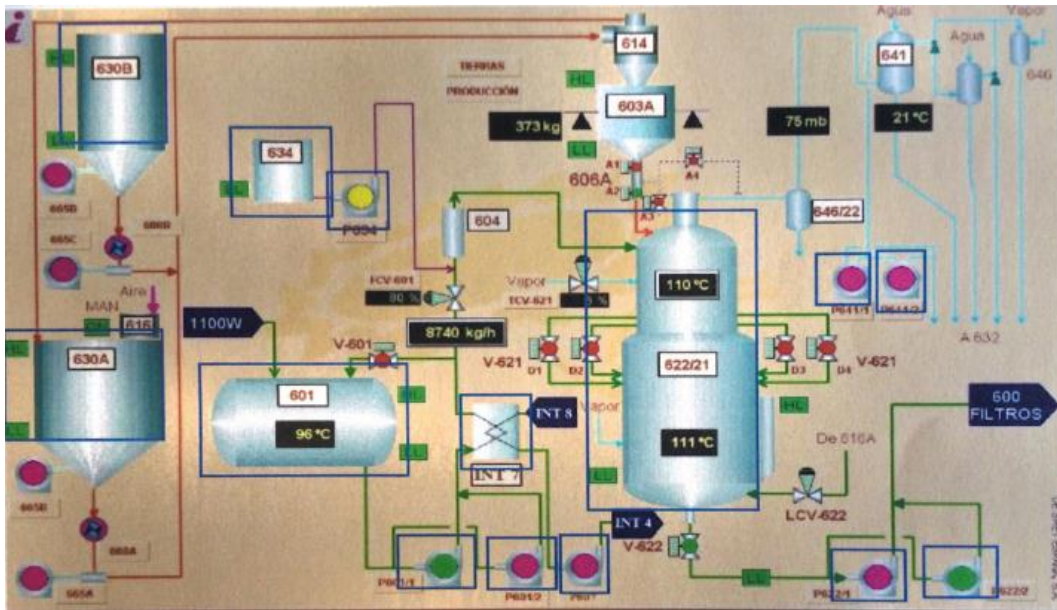


Ilustración Anexo I.11

Como bien nos indica la flecha a la diestra de la representación, la unidad que sigue es la de filtrado. Si hiciésemos clic en ella, la imagen que nos saldrá sería la siguiente.

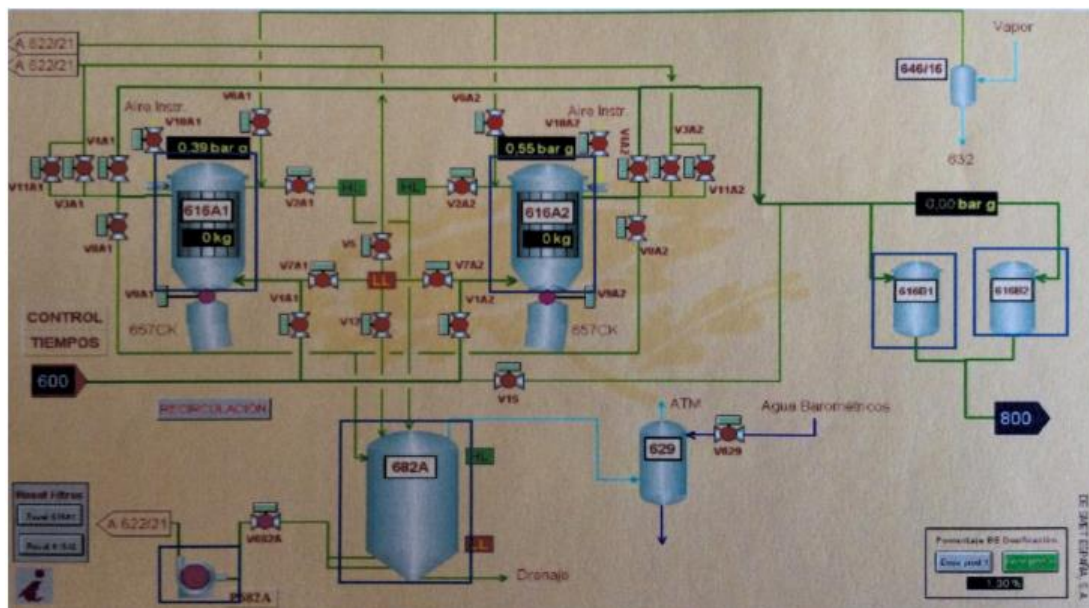


Ilustración Anexo I.12

Finalmente, y para concluir las unidades fundamentales del proceso, nos queda la desodorización.

La imagen que nos ofrece la pantalla de control del programa para la unidad es densa en contenido, pero hay que tener en cuenta que la unidad en si misma es compleja. La columna presenta multitud de entradas de alimentación que dependerán de la calidad del crudo. en función de las características de la alimentación, entraremos por un plato u otro.

La imagen que le sigue es un complemento de la primera, mostrándose el proceso de condensación de vapores.

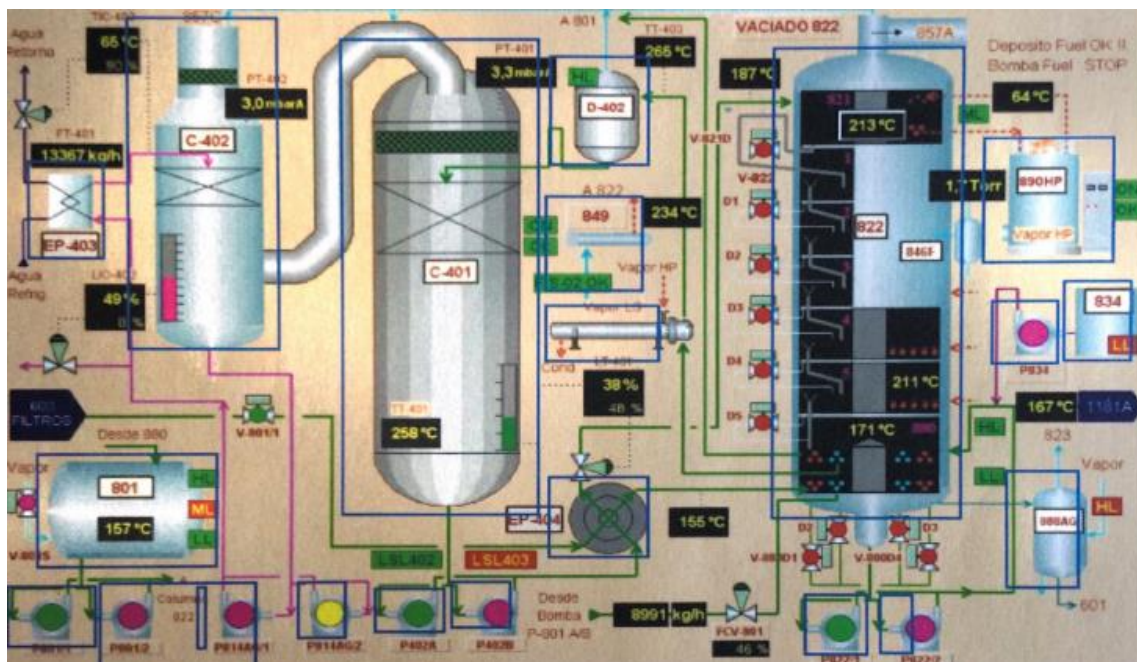


Ilustración Anexo I.13

ANEXO II Alternativas de reutilización para los residuos.

Hasta el momento, los productos que describiremos a continuación eran productos de desecho que había que gestionar como residuos, con sus respectivos tratamientos y coste asociado a su destrucción o eliminación.

El enfoque en la reutilización o conversión de productos residuales ha conseguido exprimir el potencial de las materias, transformando residuos en productos secundarios con cierto valor añadido.

La finalidad del ANEXO II, al margen de la directriz principal del trabajo, es la de mencionar de forma superficial una nueva rama del proceso, enfocada y basada en la reutilización de recursos que no tienen interés directo para el proceso. Son materias reutilizadas en otras industrias a fin de reducir el consumo global de materias primas vírgenes.

El proceso consiste en el análisis de la materia residual, identificación de los componentes junto con las capacidades y limitaciones de estos, y una posterior reinención creativa que los ubique en un nuevo medio como materia prima alternativa.

En la industria que estamos estudiando existen dos grupos de residuos, los residuos líquidos y los residuos sólidos. Para su análisis los trataremos en el apartado 1 y 2 respectivamente.

1. Residuos líquidos.

Son residuos o efluentes en estado líquido cargados de contaminantes orgánicos que afectan a la integridad y habitabilidad de las aguas receptoras. Los principales alteradores del medio o contaminantes son las grasas o aceites, sólidos suspendidos, ceras y jabones entre otros, afectando a la DQO y DBO junto a la conductividad del agua.

Los efluentes líquidos son tratados por una estación depuradora localizada en la planta, reduciendo la concentración de contaminantes a valores aceptados por la normativa.

De la planta depuradora surge un nuevo residuo, el fango.

Como el fango de la depuradora proviene exclusivamente de la refinería, podemos emplear un tratamiento alternativo de desdoblamiento. Este consiste en reducir considerablemente el pH del fango e imprimirle calor mediante vapor. En las condiciones de acidez y temperatura marcadas se segregan tres fases, aceite, agua y borras. El aceite es redirigido al tanque de crudo inicial, el agua

recirculada a la depuradora, y la fase borras como residuo con nuevas posibilidades. Este nuevo residuo será tratado en el apartado 2.

2. Residuos sólidos

La familia de residuos sólidos está compuesta por los propios residuos que se añaden y retiran en estado sólido, por los que cambian de fase en el proceso de refinado, los sólidos que estaban en suspensión con el crudo, y los generados en la depuradora como final del procesado para residuos líquidos.

Las tierras de blanqueo suponen una parte importante del conjunto de residuos sólidos. La estima de uso ponderado corresponde entre 1 y 1,5% en volumen del aceite procesado. Como las tierras son empleadas para la decoloración y por tanto se encuentran en contacto directo con el aceite, presentan una gran cantidad de aceite adherido a éstas, concretamente entre un 30y un 50% de la tierra evacuada.

Debido a la alta cantidad de aceite, las tierras son tratadas con solvente a fin de recuperar el exceso de materia perdida.

Una vez las tierras están desprovistas de aceite, pueden ser empleadas como recursos alternativos. Un ejemplo es su empleo para pienso animal con un contenido máximo del 2% en masa según normativa. Otra de las alternativas que presenta este residuo es su uso como relleno de caminos.

Al margen de lo comentado, existen numerosas materias que son tratadas como residuos, pudiendo tener un tratamiento alternativo para potenciar el valor residual que presentan. Entre éstas podemos encontrarnos los lechos de los filtros de placas, el borras procedente de las depuradoras, o las ceras y pastas procedentes de la refinería.

8. REFERENCIA Y BIBLIOGRAFÍAS CONSULTADAS

absolicon. (2022). *soluciones absolicon*. Obtenido de <https://www.absolicon.com/es/energia-solar-termica/vapor-solar/>

BOE, M. D. (2007). *Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios*. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2007/BOE-A-2007-15820-consolidado>

Energética, D. I. (2019). *Mejora de aislamiento en redes*. Universidad de Sevilla.

ESDEC. (Diciembre de 2021). *calculadora de instalaciones*. Obtenido de <https://calculator.eu.esdec.com/>

K-FLEX®. (2021). *catálogo de productos K-FLEX®*. Obtenido de <https://kflex.com/es/products/eef/k-flex-st>

Química, d. d. (2018). *Adsorción e intercambio iónico*. Universidad de Sevilla.

SA, S. E. (13 de julio de 2021). Datos técnicos específicos. (F. D. Haro, Entrevistador)

SA., S. E. (21 de Junio de 2021). Funcionamiento genérico refinería de crudo vegetal . *datos genéricos*. (F. D. Haro, Entrevistador)

Usseglio, M. C. (16 de agosto de 2021). *física de aceites vegetales en columnas de relleno. modelo avanzado de refinación*. La Plata.