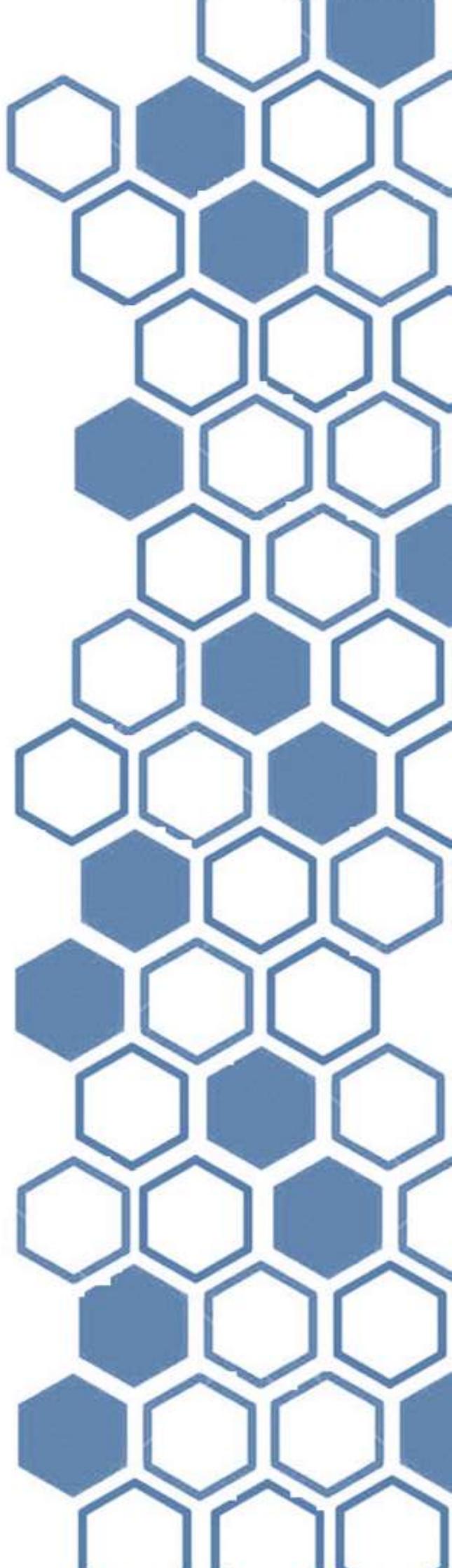




APARTADO

09

Operación de la
planta



Índice

9.1. ÁREA 100: ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMERAS	3
9.2. ÁREA 200: REACCIÓN	4
9.3. ÁREA 300: PRIMERA ETAPA DE SEPARACIÓN.....	7
9.4. ÁREA 400: SEGUNDA ETAPA DE SEPARACIÓN.....	8
9.5. ÁREA 500:SEPARACION DEL GAS	10
9.6. ÁREA 600: PURIFICACIÓN DEL VAM.....	11
9.7. ÁREA 700: PRODUCTO FINAL	12
9.8. ÁREA 800: SOCIAL.....	13
9.9. ÁREA 900: TALLER Y ALMACÉN	14
9.10. ÁREA 1000: SERVICIOS	14
9.11. ÁREA 1100: RESIDUOS	15
9.12. ÁREA 1200: SALA DE CONTROL.....	16
9.13. ÁREA 1300 : AMPLIACIÓN.....	17

9. Operación de Planta

9.1. ÁREA 100: ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMERAS

El área 100 está destinada al almacenamiento de las materias primas. La planta VAM Industry consta de tanques para ácido acético, etileno y oxígeno.

El ácido acético estará contenido en estado líquido en 2 tanques colocados en posición vertical, con un diámetro de 5.3m, una altura de 9.3m y una capacidad de 204.62 m³. Es un tanque con una forma cilíndrica y con el fondo superior en cono. El ácido acético llegará a la planta vía tubería a la presión de 2.7 bar y a la temperatura de 20°C, el cual será almacenado en estas condiciones antes de entrar en el proceso. Se dispondrá de control de nivel y de presión para el tanque.

El oxígeno estará contenido en estado líquido en 1 tanque colocado en posición vertical, con un diámetro de 4m, una altura de 8.75m y una capacidad de 171.8 m³. Se trata de un tanque de tipo criogénico debido a las características del oxígeno, de manera que este será almacenado como un líquido licuado. Tienen forma cilíndrica con fondo superior e inferior toriesférico.

El etileno estará contenido en estado líquido en 2 tanques colocados en posición vertical, con un diámetro de 5m, una altura de 8.75m y una capacidad de 171.8 m³.

De la misma manera que el oxígeno, también estará almacenado en un tanque criogénico de forma cilíndrica con fondo superior e inferior toriesférico y ambos serán suministrados a la planta vía tubería por un fábrica que se encuentra cerca de la planta VAM Industry.

Todos los tanques estarán inertizados con nitrógeno como medida de seguridad ante una posible atmosfera explosiva.

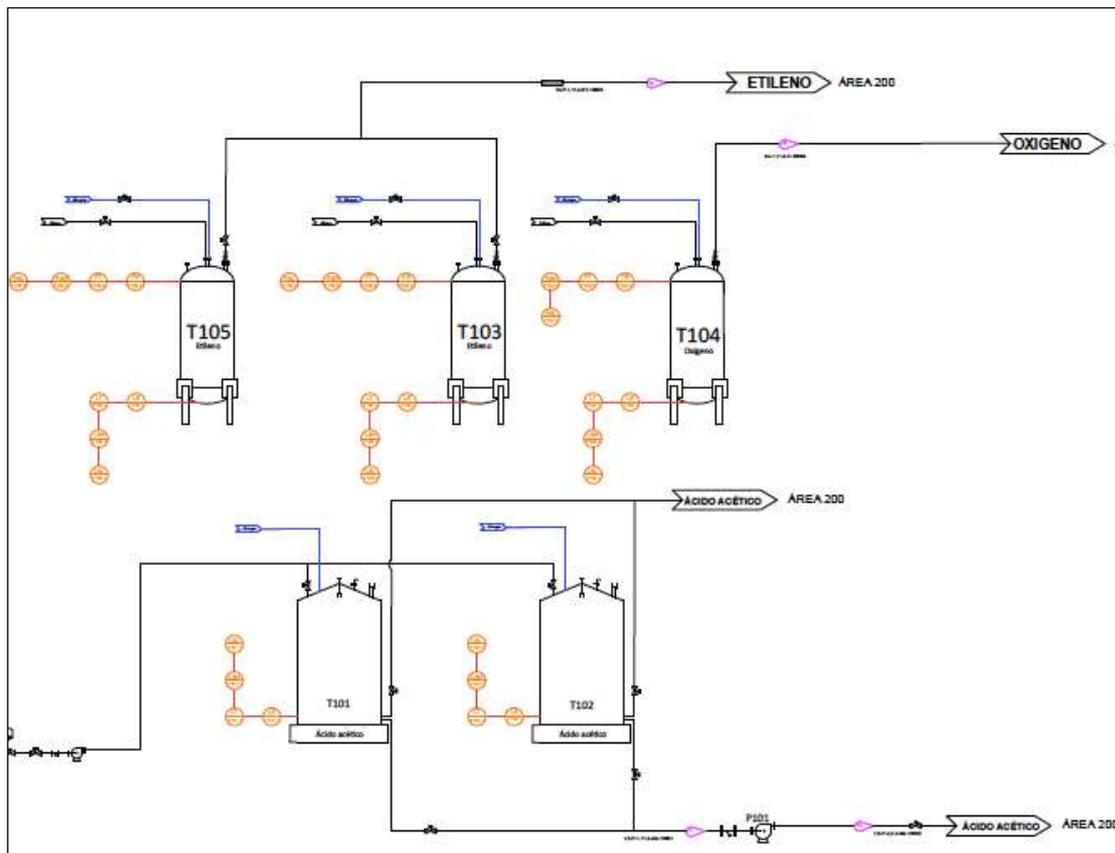


Figura 9.1. Diagrama del proceso del área 100

9.2. ÁREA 200: REACCIÓN

En esta zona se lleva a cabo la preparación de los reactivos para posteriormente entrar en el reactor multitubular donde se produce la reacción para la obtención del VAM.

Debido a que los reactivos presentan diversas condiciones que difieren a las de operación en el reactor ($T=150^{\circ}\text{C}$ y $P=10$ bar), se necesitará de un tratamiento previo para dotarlos de condiciones óptimas para la reacción.

En un inicio, el ácido acético del tanque de almacenamiento se mezcla de manera homogénea con el ácido acético recirculado del proceso procedente de la columna C-402 en un mezclador M-201. Hay que tener en cuenta que la corriente recirculada

tendrá una temperatura de 123°C y la corriente que sale del tanque se encuentra a 20°C (temperatura ambiente del municipio de Martorell), por lo que será necesario introducir la corriente de salida del mezclador a un intercambiador de calor (evaporador) por el cual circulará Therminol 66 en contracorriente para aumentar la temperatura del ácido acético y así se produzca el cambio de fase, ya que todos los reactivos han de estar en fase gas. Seguidamente, mediante el uso de un compresor, se aumenta la presión hasta un valor de 10 bar y prosigue el proceso hasta su llegada al mezclador M-202.

Al mismo tiempo saldrá una corriente de oxígeno y una de etileno de sus respectivos tanques de almacenamiento. Estas dos corrientes serán introducidos en compresores distintos para aumentar la presión de los correspondientes corrientes hasta 10 bar y como consecuencia, las respectivas temperaturas aumentarán.

Una vez se obtiene la presión de 10 bar de cada corriente, la mezcla de ácido acético, oxígeno, etileno y la que proviene de la recirculación de la Black Box B-501, se mezclan en el equipo M-202, para obtener una mezcla homogénea a unas condiciones de presión y temperatura de 10.1 bar y 144.5 °C .

Posteriormente la mezcla reactiva será introducida a un intercambiador de calor que también trabajará con aceite térmico para asegurar que la temperatura a la entrada del reactor sea de 150°C y con una presión de salida de 10 bar.

Una vez la corriente tiene las condiciones óptimas, inmediatamente entra en el reactor multitubular (R-201) donde se lleva a cabo las reacciones descritas en el apartado de “especificaciones del proyecto”, es decir, la reacción de formación de VAM, así como también la segunda reacción en la que se obtiene como subproducto CO₂.

Como se ha mencionado, el reactor es multitubular, catalítico de lecho fijo y cuenta con un sistema de refrigeración debido a las reacciones altamente exotérmicas para poder mantener la temperatura de la mezcla constante a la entrada y salida del reactor, ya que un aumento de ésta podría suponer un peligro de explosión. El fluido refrigerante utilizado para extraer esta calor es agua, la cual cede su calor latente y cambia de fase a la salida del reactor, de esta manera el sistema continúa isoterma para ambos fluidos en circulación.

El volumen del reactor es de 30.73 m^3 . Además está constituido por 3430 tubos con un diámetro de 3.55 m y una longitud de 9.20 m. Por la carcasa que conforma el reactor circula un caudal de agua de 13284 kg/h para la correcta refrigeración.

Como medida de aprovechamiento energético se dispone del equipo SG-201, es un generador de vapor por el cual entra el vapor de salida del reactor y sale en fase líquida; a su vez, circula en contracorriente agua líquida de servicio que también cede calor latente, por lo tanto las condiciones de presión y temperatura se mantienen en la entrada y salida, sufriendo ambos fluidos un cambio de fase. El agua líquida que sale del equipo SG-201 continúa el proceso de refrigeración al reactor, de esta manera se consigue un proceso continuo de generación de vapor.

Para optimizar la producción de VAM se emplea como catalizador el Paladio al 1% en peso, y con presencia de oro (Au) sobre sílice. Se presentan en forma de partículas esféricas de 5 mm de diámetro. La densidad del catalizador es de 1000 kg cat/m^3 . Tiene una vida útil de 1 año y se necesita 30.73 toneladas de dicho catalizador.

En el reactor un factor restrictivo ha sido la composición del O_2 , ya que el límite se establecía en 8% en peso, por lo tanto, como medida de seguridad se ha hecho servir nitrógeno para controlar esta composición en caso de que pudiera haber cualquier imprevisto.

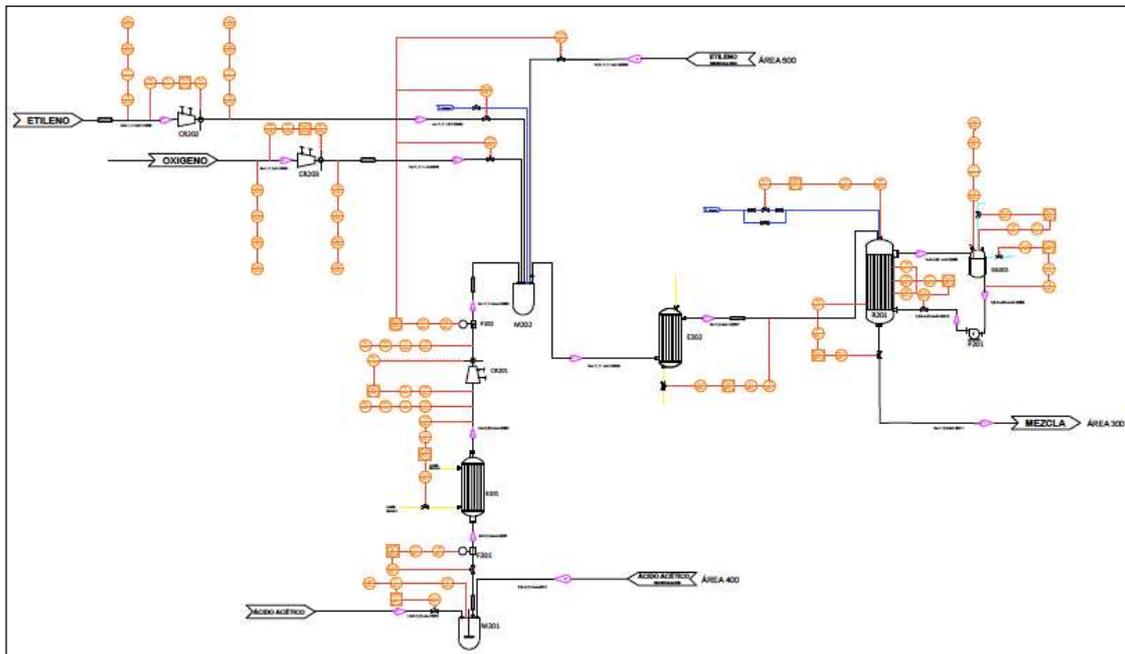


Figura 9.2. Diagrama del proceso del área 200

9.3. ÁREA 300: PRIMERA ETAPA DE SEPARACIÓN

El área 300 está compuesta también por la zona de recuperación energética donde a su vez se lleva a cabo una fase de separación.

Una vez la mezcla sale del reactor a 150°C i 10 bar, es introducida en un intercambiador de calor para disminuir la temperatura de la mezcla a la temperatura de rocío, 144.6°C, ya que es la temperatura óptima de entrada en la columna de absorción C-301.

A continuación se produce la separación, recuperándose mayoritariamente ácido acético por fondos de la columna y por la parte superior la mezcla de gases como VAM, etileno, CO₂, O₂ y H₂O. Seguidamente, la corriente de salida por la parte superior de la columna pasa por una válvula y un intercambiador de calor para ajustar las condiciones de entrada al decantador trifásico D-301. En dicho equipo se produce la separación de las tres fases: gaseosa, orgánica y acuosa. La primera de ellas esta compuesta básicamente por gases como etileno, oxígeno y CO₂; la fase orgánica compuesta por VAM, el cual se recircula a la parte superior de la columna de absorción C-301 para trabajar en contracorriente el alimento y de esta manera

producirse el contacto líquido-vapor y la transferencia de materia; la fase acuosa está compuesta por agua. El proceso de eliminación del agua es conocido como “deshidratación de gas”.

La corriente de gases de salida del decantador trifásico pasa por un compresor y un intercambiador de calor para seguidamente entrar como alimento a la columna de absorción C-401 a la temperatura y presión óptimas.

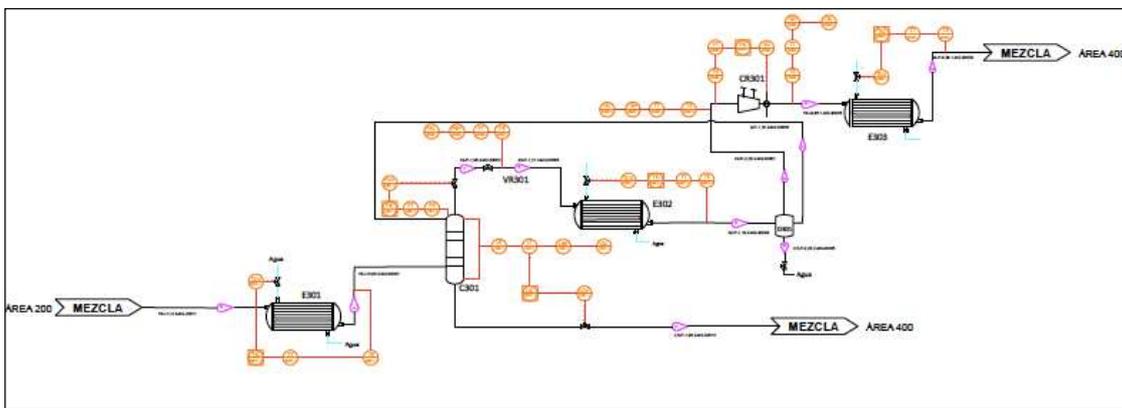


Figura9.3. Diagrama del proceso del área 300

9.4. ÁREA 400: SEGUNDA ETAPA DE SEPARACIÓN

El área 400 está dedicada a las principales etapas de separación del proceso. Está compuesta por una columna de absorción, una de destilación, un mezclador y un intercambiador de calor.

En la columna de absorción de platos C-401 se lleva a cabo la separación de gases, de los cuales una parte serán recirculados posteriormente al mezclador M-202. La columna contiene como alimento por la parte inferior la corriente gaseosa que proviene del decantador trifásico D-301 y que pasa por un compresor y un intercambiador obteniéndose a una temperatura de 54°C y una presión de 8.03 bar; el disolvente circula en contracorriente, que en este caso es ácido acético ya que por las propiedades de éste es el más adecuado para la transferencia de materia entre los fluidos en operación.

De la columna C-301 se obtendrán dos corrientes de salida. La corriente de fondos se introducirá al tanque de mezcla (M-401) juntamente con la corriente de salida de la

columna de absorción C-401 a fin de obtener un corriente homogénea. Ambas corrientes no disponen de condiciones de presión adecuadas, por ello se necesita una bomba para aumentar la presión de la corriente 31 y una válvula para disminuir la presión y evitar peligros en la entrada al mezclador.

A la salida del mezclador M-401, la mezcla se introduce en un intercambiador de calor para disminuir la temperatura de 74.92°C a 56°C, temperatura regida por la diferencia de volatilidades de los componentes a separar en la columna C-402.

La temperatura necesaria para la operación en la columna de destilación (C-402) es de fondos 120.8°C y de cabeza de 88.28°C. La columna de platos opera a una presión de 1.3 bar.

Se obtiene una corriente de destilado a una temperatura de -142.4°C y por el residuo a 123.1°C. La primera corriente que contiene básicamente VAM junto a una mezcla de otros gases que no han sido separados en el proceso de absorción, se introducen en un intercambiador de calor para aumentar la temperatura (10°C) y posteriormente introducirlo a otro decantador trifásico. La segunda corriente se introduce en la Black-Box B-401, donde se realizan determinadas operaciones de purificación del ácido acético para que pueda ser recirculado de forma líquida al proceso. Cabe mencionar que este apartado de purificación no ha sido diseñado en el proceso por eso se hace referencia con una Black Box.

La corriente que entra al decantador D-401 lo hace a unas condiciones de presión y temperatura de 1.29 bar y 10°C. Se lleva a cabo la separación de las tres fases; gaseosa, orgánica y acuosa. La corriente que contiene fase orgánica continua el proceso de purificación.

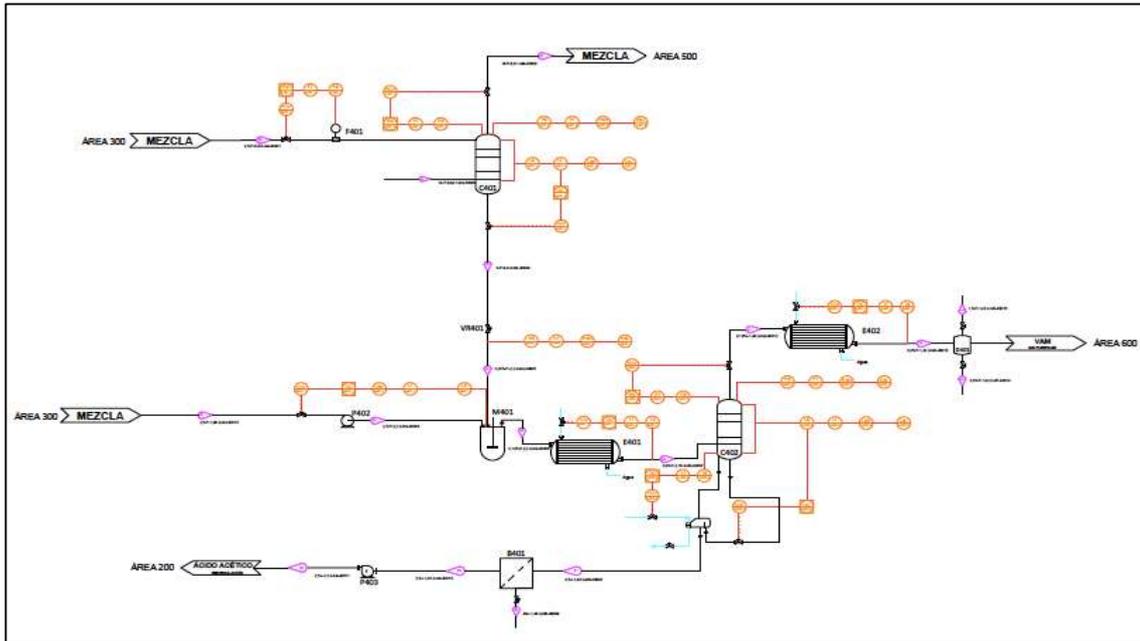


Figura 9.4. Diagrama del proceso del área 400

9.5. ÁREA 500:SEPARACION DEL GAS

En este proyecto, se define esta zona como Black- Box 501 (B-501). Debido a la gran envergadura del proyecto, esta área se trata solo de forma teórica para que el proceso sea continuo, según el documento *Vinyl acetate monomer process* (consultar bibliografía).

En esta área se purifican los gases obtenidos de la columna de absorción ya que una parte importante de ácido acético sale por la parte superior de la columna de absorción. Seguidamente la corriente entra como alimento a una pequeña columna de absorción que trabaja en contracorriente con agua como solvente, el líquido resultante se enviaría como reflujo a la columna C-401. Una parte de los gases que continuaron el proceso sin reaccionar, como el etileno, el oxígeno y el CO₂ se recicla al proceso en el área de reacción. Sin embargo, es necesaria la eliminación del exceso de CO₂, previamente se procede con un proceso de lavado con aminas o soluciones de carbonato de potasio.

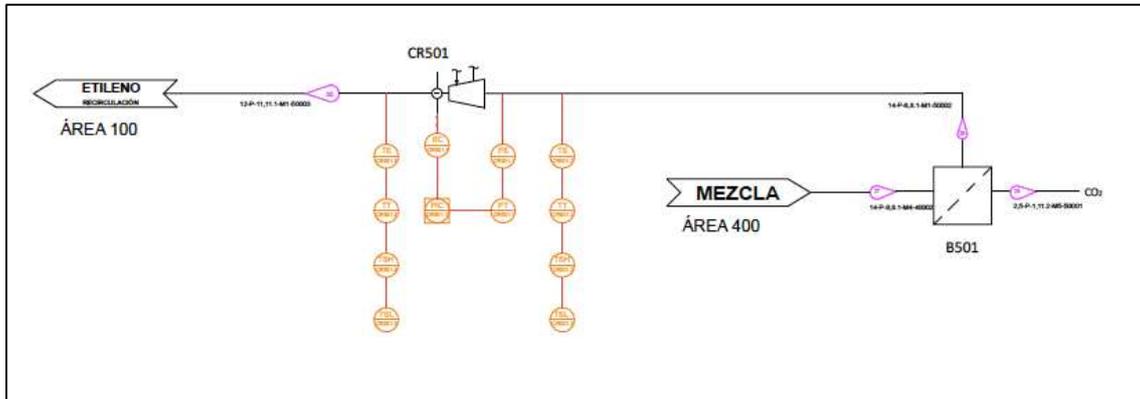


Figura 9.5.. Diagrama del proceso del área 500

9.6. ÁREA 600: PURIFICACIÓN DEL VAM

En este proyecto se define la zona 600 como Black-Box B-601. Debido a la gran envergadura del proyecto, esta área se trata también solo de forma teórica haciendo referencia al documento *Vinyl acetate monomer process* (consultar bibliografía).

En este apartado se lleva a cabo la purificación del VAM mediante dos columnas de separación. La primera de ellas se trata de una columna de destilación que tiene como alimento la corriente de la fase orgánica del decantador, produciéndose dos corrientes de salida, por la parte superior salen los componentes “ligeros” y por la parte inferior los “pesados”, como pesados se entiende el VAM con ciertas impurezas. A continuación, dicha corriente entra como alimento a otra columna de destilación en la cual se produce la separación de los componentes “pesados” y por la parte superior el producto VAM puro.

Como para este proyecto no se ha tenido en cuenta estos equipos, la producción de VAM corresponde a la corriente de salida del decantador, no asumiendo pérdidas, por lo tanto, se obtiene una producción de VAM de 9647 kg/h.

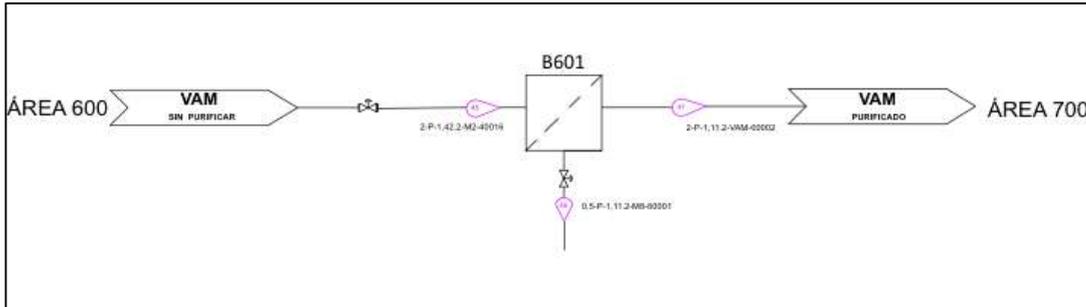


Figura 9.6. Diagrama del proceso del área 600

9.7. ÁREA 700: PRODUCTO FINAL

El área 700 tiene como objetivo el almacenamiento del producto final VAM.

Se dispondrá de 3 tanques de almacenamiento colocados en posición vertical con un diámetro de 5.2 m, altura 9.1 m y capacidad 193.3 m³. Es un tanque con forma cilíndrica y con el fondo superior cónico. El producto será almacenado a una temperatura de 20°C y una presión de 2.7 bar. Se dispondrá de control de nivel y de presión para el tanque.

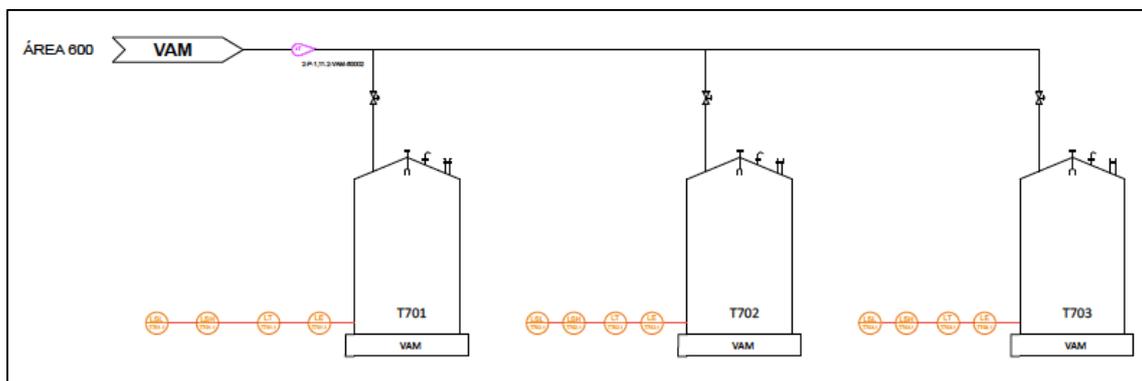


Figura 9.7. Diagrama del proceso del área 700

9.8. ÀREA 800: SOCIAL

La función principal de esta área es cubrir todas las necesidades sociales de las personas que trabajan en la empresa.

Esta área consta de sala de reuniones, WC, vestuarios, dirección de la empresas, sala de control, oficinas de los distintos departamentos de la empresas, recepción, salón de actos y del laboratorio donde se realizaran todos los controles de calidad tanto del producto final como de las recepciones de primeras materias.

Dentro de la zona social también se incluye el parquin, que constan de 16 plazas donde puedan estacionar los trabajadores de la planta y los visitantes. También consta de 3 plazas reservadas para personas con movilidad reducida.

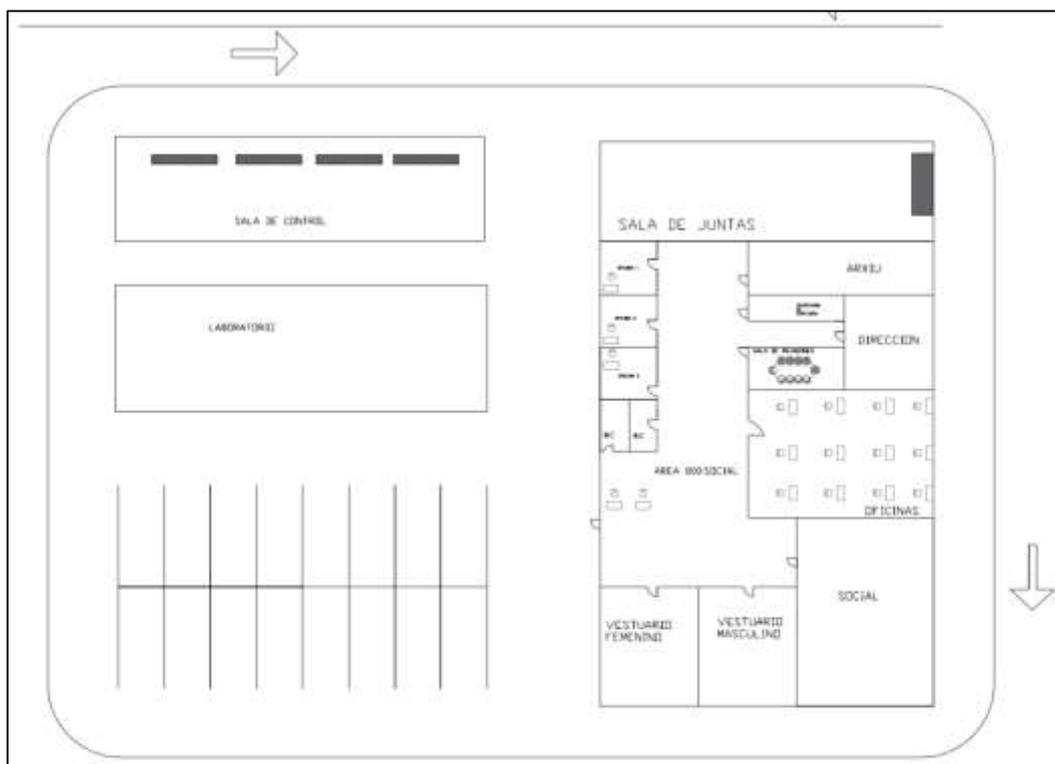


Figura 9.8. Plano de la distribución del área 800 y del área 1200

9.9. ÁREA 900: TALLER Y ALMACÉN

La planta también dispone de un pequeño taller donde se llevarán a cabo todas las reparaciones y mantenimiento necesario.

El almacén contiguo servirá para guardar todo tipo de recambios necesarios para el correcto funcionamiento de la planta.

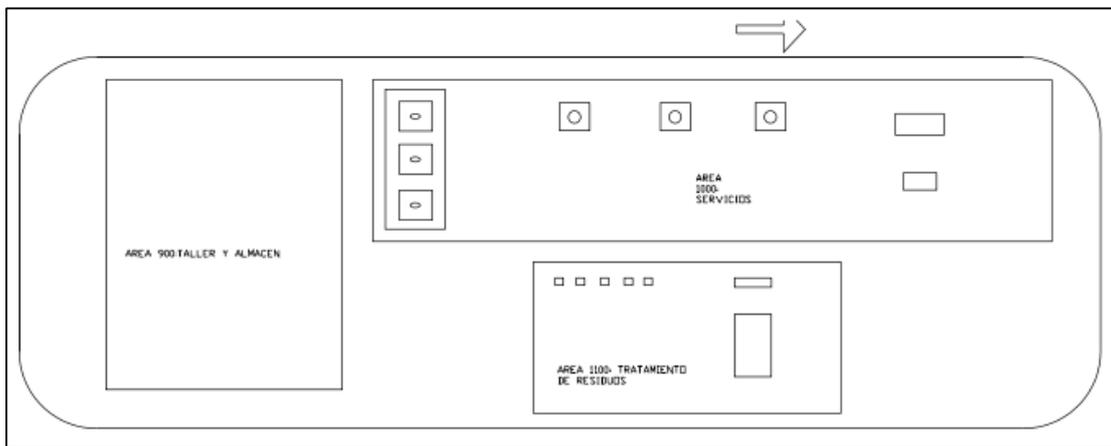


Figura 9.9. Plano de la distribución del área 900, del área 1000 y de área 1100

9.10. ÁREA 1000: SERVICIOS

El área 1000 está destinada a los servicios requeridos por la planta, tales como, aceite térmico, fluido refrigerante, gas natural y electricidad.

Esta zona dispone de 3 torres de refrigeración, TR-1001, TR-1002, TR-1003 para satisfacer las necesidades de agua a una temperatura de 20°C en el proceso, concretamente para los diferentes intercambiadores de calor de los que consta la planta.

Previamente a la entrada en los equipos el agua será tratada en un descalcificadora para evitar posibles riesgos de incrustaciones en los equipos.

También se dispone de 3 calderas, CO-1001, CO-1002, CO-1003 las cuales son utilizadas para calentar el aceite térmico Therminol 66 a diferentes temperaturas y así satisfacer las necesidades de calor de los intercambiadores.

La planta dispone de un grupo electrógeno para asegurar el suministro de energía eléctrica a la planta en caso de cualquier avería en la red eléctrica u otras causas, así como también, de una estación transformadora.

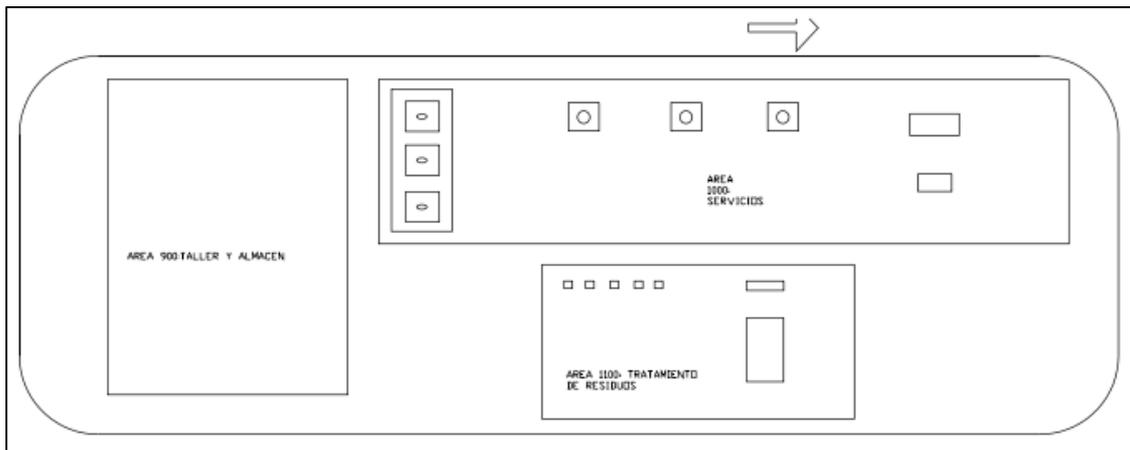


Figura 9.10. Plano de la distribución del área 900, del área 1000 y de área 1100

9.11. ÁREA 1100: RESIDUOS

El área 1100 está destinada al tratamiento de residuos gaseosos o líquidos que no necesiten de un tratamiento especial.

Para el tratamiento de gases que contenga CO_2 se utilizarán técnicas estandarizadas como el lavado con aminas o soluciones de carbonato de potasio, el exceso de este se verterá a la atmosfera dentro de los límites establecidos. En el caso de que los gases contengan etileno, debido a que es un hidrocarburo ligero y está catalogado como residuo especial, será gestionado externamente por Trabede.

Las corrientes líquidas que contengan agua en su totalidad podrán ser tratadas en la planta, sin embargo las que contengan VAM deberán hacerlo en una institución debidamente autorizada.

Las corrientes que contengan ácido acético no serán enviadas al tratamiento de aguas residuales por su poder corrosivo que podría dañar las instalaciones.

Con respecto a los residuos sólidos; los asimilables a urbanos generados en la planta se les dispondrán contenedores para cada tipo de residuo.

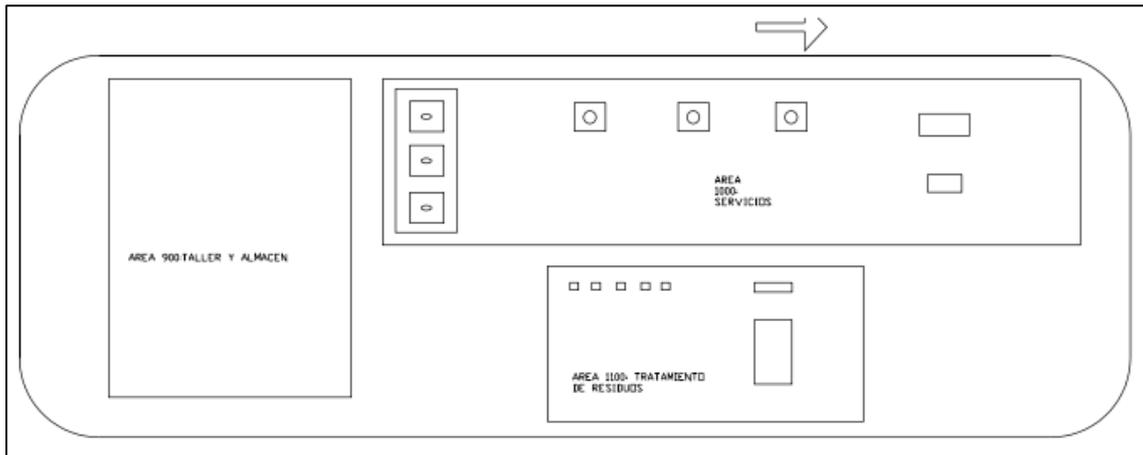


Figura 9.11 . Plano de la distribución del área 900, del área 1000 y de área 1100

9.12. ÁREA 1200: SALA DE CONTROL

El área 1200 está destinada al control de la planta, en ella se pueden encontrar todos los equipos necesarios en el que se centralizan todas las entradas y salidas de la planta. De esta manera se puede monitorizar el proceso y tener un control instantáneo que permita detectar cualquier tipo de anomalía que se pueda producir.

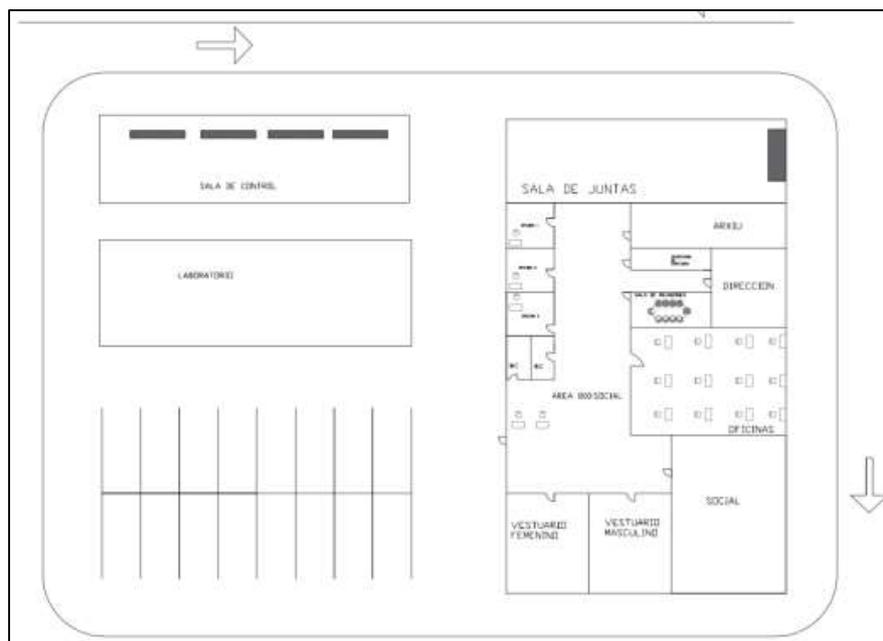


Figura 9.12. Plano de la distribución del área 800 y del área 1200

9.13. ÀREA 1300 : AMPLIACIÓ

Esta zona está reservada para posibles mejoras de la planta, disponiéndose de espacio suficiente para nuevas alternativas de diseño de la planta o ampliación de esta.

En caso de querer profundizar en las posibles ampliaciones planteadas en este trabajo, ir al apartado de futuras mejoras.