



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA



Licenciatura en Ingeniería Química

TESIS

Título de Tesis:

**“SIMULACIÓN DE UN SISTEMA TÍPICO DE ALMACENAMIENTO DE Cl_2 GAS
COMO PRECURSOR QUÍMICO Y PRODUCTOS EN LA SECCIÓN DE
PROCESO EN ASPEN HYSYS V.8.8.”**

que presenta:

ANDREA CASTILLO ROMERO

Para obtener el registro de tema de tesis de la:

LICENCIATURA EN INGENIERÍA QUÍMICA

Asesor de tesis:

DR. FRANCISCO MANUEL PACHECO AGUIRRE

H. Puebla de Z. a 13 de octubre de 2022

Contenido

Resumen.....	3
Introducción.....	4
Antecedentes y marco teórico.....	5
Planteamiento del problema.....	19
Justificación.....	20
Objetivos generales y específicos.....	20
Objetivo general.....	20
Objetivos específicos.....	21
Metodología.....	21
Metodología para el objetivo 1.....	21
Metodología para el objetivo 2 y 3.....	22
Metodología para el objetivo 4.....	29
Resultados y discusión.....	31
Conclusiones.....	58
Bibliografía.....	60
Anexos.....	64
Anexo I: Tabla de propiedades fisicoquímicas del cloro gas. (Mexichem, 2020).....	64
Anexo II: Proceso de creación del diagrama de flujo de proceso y el diagrama de tubería e instrumentación.....	66
Anexo III: Reportes de simulación del sistema de almacenamiento de cloro gas en estado estacionario.....	71
Anexo IV: Reportes de simulación del sistema de almacenamiento estado dinámico.....	83

Resumen.

El presente trabajo aborda el desarrollo de un sistema típico de almacenamiento para cloro gas (Cl_2) uno de los compuestos químicos más utilizados a nivel industrial como precursor químico, basado en simulación de procesos en estado dinámico en Aspen Hysys V.8.8., el enfoque parte de los parámetros básicos de diseño de los tanques de almacenamiento tales como: capacidad, espesor, material, disposición, corrosión permisible, entre otros, asociados a las principales propiedades fisicoquímicas del cloro como los son: temperatura y presión de almacenamiento, datos de equilibrio líquido-vapor, densidad relativa, entre otros. El diseño propone el diagrama de flujo de proceso (DFP) para un recipiente y la instalación en batería serie y paralelo propuestos a través de reglas heurísticas, así como también la propuesta y diseño para los sistemas de instrumentación y control basado en los típicos del sistema. Cuyo resultado permite considerar a la simulación obtenida como una herramienta para conocer y valorar el comportamiento de estos sistemas de almacenamiento.

Introducción.

El cloro es uno de los productos químicos más abundantes producidos por la industria y tiene una amplia variedad de usos industriales, incluida la fabricación de materiales a granel como productos de papel blanqueado; plásticos, el PVC ($[CH_2 - CHCl]_n$) y los disolventes tetraclorometano (CCL_4), cloroformo ($CHCl_3$) y diclorometano (CH_2Cl_2). También se utiliza para fabricar tintes, textiles, medicinas, antisépticos, insecticidas y pinturas. Otro uso importante del cloro es en química orgánica. (Report, 2021). En 2019 los principales exportadores de cloro fueron Canadá, Estados Unidos, Francia, Japón, y Colombia. Mientras que los países principales importadores de cloro fueron Estados Unidos, México, Alemania y China. (OEC, 2019) Lo que pone a México en una situación complicada, debido a que es necesario que el país importe un producto que debería figurar dentro de los compuestos producidos de mayor auge. A pesar de las muchas aplicaciones que posee el cloro a nivel industrial como precursor químico y como producto, es considerado como un compuesto altamente peligroso para el medio ambiente. (Semarnat, 2013) Dependiendo de cuál es la demanda dominante, se puede ver al otro como un subproducto de menor valor y es difícil que la demanda de ambas coincida con la producción de ambos. Por tal motivo, los precios de estos productos pueden tener variaciones muy fuertes, por ejemplo, en casos de sobre oferta, la industria química de la sosa cáustica puede bajar a un intervalo de precios de 20 a 30 USD por tonelada, mientras que, en el caso contrario, puede haber precios de hasta 300 USD por tonelada. (EuroChlor, 2019). La simulación es un punto muy importante para la obtención y visualización de proyecciones tanto estructurales como de procesos en cuanto al comportamiento de las variables involucradas en el procesamiento y almacenamiento para el cloro gas (licuado) conocidas, a partir de conocer la base de cálculo establecida de flujo de entrada a los tanques de almacenamiento, también para poder darle un estado dinámico al proceso, volviéndolo mucho más eficiente. Por lo que Aspen Hysys V.8.8., proporciona los recursos necesarios para que un sistema típico de almacenamiento sea visualizado de una manera sintetizada.

Antecedentes y marco teórico.

El cloro generalmente se almacena en forma líquida en cilindros de los que su capacidad varía de 100, 500 y 1000 kg. (Dash, Pradhan, & Singh, 2018). O en tanques especiales de 10, 15, 20 o más toneladas. (Arboleda, 1992)

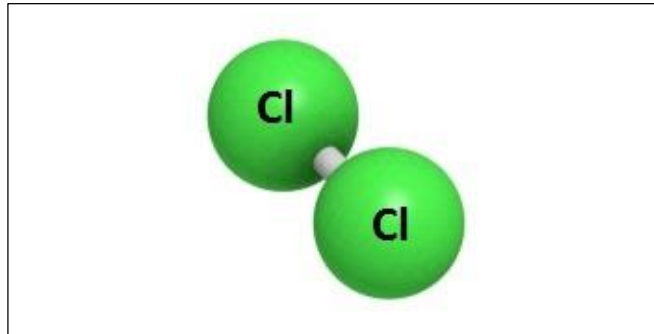


Figura 1. Estructura de una molécula de cloro gas.

El cloro es un elemento químico situado en el grupo de los halógenos (grupo VII A) y el 17vo de la tabla periódica de los elementos. Su símbolo es Cl y es unas 2,5 veces más pesado que el aire. En condiciones normales y en estado puro es un gas amarillo-verdoso formado por moléculas diatómicas, Cl₂, (Lumitos, 1997-2022) como se muestra la estructura en la Figura 1. No se encuentra en la naturaleza como elemento químico; siempre aparece combinado con otros elementos, principalmente como sal común, en algunos sólidos o en el agua. Es un oxidante energético, extremadamente reactivo, e irritante por lo que debe ser manipulado por personal experto. (Novel & Pérez, 2017). En la Tabla 1 que se muestra a continuación se observan algunas de las principales propiedades fisicoquímicas del cloro gas.

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas del cloro. (Mexichem, 2020)

Propiedades fisicoquímicas.	
Nombre químico	Cloro
Formula molecular	Cl ₂
Estado físico	Gas/Líquido
Calor de vaporización	68.8 cal/g / 123.7572 Btu/lb (-34.05°C /-29.20°F,

	1 atm / 14.6959 psi)
Calor de fusión	22.8 cal/g / 41.01255 Btu/lb
Capacidad calorífica	0.473 kJ/kg °C / 0.113 Btu/lb °F
Densidad de vapor (aire=1)	2.482 (0°C / 32°F, 1 atm / 14.6959 psi)
Densidad relativa (agua=1)	1.468 (0°C / 32°F)
Densidad del gas seco	3.209 g/cm ³ / 0.00020033 lb/ft ³ (0°C / 32°F, 1 atm / 14.6959 psi)
Densidad del liquido	1.468 g/cm ³ / 9.164425e ⁻⁵ lb/ft ³ (0°C / 32°F, 1 atm / 14.6959 psi)
Densidad critica	565.00 kg/m ³ / 35.2718 lb/ft ³
Relación gas-liquido	0.4638 m ³ / 16.37894 ft ³ (0°C / 32°F, 1 atm / 14.6959 psi)
Entalpia de fusión (ΔH_f)	90.33 kJ/kg / 38.83491 Btu/lb
Entalpia de vaporización (ΔH_g)	287.1 kJ/kg / 123.43078 Btu/lb

El cloro se produce naturalmente pero no en su forma elemental en estado gaseoso (Cl₂). El cloro y la soda cáustica/hidróxido de sodio se producen al pasar una corriente eléctrica a través de salmuera (sal común disuelta en agua). Este proceso se llama cloro-álcali. (Report, 2021)

Proceso el cual se divide en varias partes, el sistema de reacción, el de separación, y el almacenamiento, que no solo representa el final del proceso de producción del cloro gas, también presenta el inicio en todos aquellos procesos de producción en los que el cloro funja como precursor químico.

El instituto del cloro recomienda que para la transportación del cloro gas se utilicen vagones cisterna de 90 ton / 198,416 lb, carro tanques que tengan una capacidad de entre 55 y 85 ton / 121,254 y 187,393 lb, y camiones cisterna con una capacidad más pequeña de entre 16 a 22 ton / 35,274 a 48,501.7 lb. La decisión de utilizar cualquiera de estos transportes depende de la capacidad y las características del sistema de almacenamiento, y de los tanques utilizados, que se determinan a partir del conocimiento

del cloro gas y sus propiedades, por lo que se presenta la información debida para el correcto almacenamiento, como que la densidad del cloro líquido disminuye con el aumento de la temperatura por lo que el tanque de almacenamiento debe proporcionar un espacio adecuado para su expansión. (Institute, 2011)

Además, especifica que el volumen del tanque de almacenamiento de cloro debe ser de al menos 192.2 galones estadounidenses por cada tonelada de cloro almacenada, y debe estar equipado con un dispositivo de alivio que se establece en 225 psig / 15.5132 bar y una temperatura de 50 °C / 122 °F, con un llenado máximo del 95% del tanque. Mientras que la presión de diseño del recipiente debe ser del 120% del funcionamiento máximo del tanque. (Institute, 2011)

La enciclopedia Kirk-Othmer presenta las principales características que se requieren para el almacenamiento del cloro, entre ellas, que el almacenaje debe ser a temperatura ambiente (25°C) o temperaturas más bajas, asegurando de esta manera que la presión en el sistema de almacenamiento corresponda a la presión de vapor del cloro licuado a la temperatura en el tanque, además no es recomendable el almacenamiento permanente debido a su alta peligrosidad, por lo que se almacena en cantidades moderadas que no excedan las 450 ton / 992,080 lb. Las mayores capacidades de almacenamiento se emplean en sistemas de baja presión que funcionan a una temperatura del cloro menor a 34°C, lo que hace que se requiera de un sistema de enfriamiento o recompresión para licuar el gas del cloro que se recircula durante el proceso de producción. (Othmer & Kirk, 1998)

El sistema de almacenamiento debe mantener una relación de llenado que nunca debe exceder el 95% del volumen total del recipiente, lo que corresponde para los tanques de almacenamiento a presión de 1.25 kg / 2.755778 lb de cloro líquido por litro de capacidad del recipiente a 50°C / 122°F. (Othmer & Kirk, 1998)

Mientras que la enciclopedia Ullmann describe que el almacenamiento del cloro debe ser almacenado licuado y a temperatura ambiente o más baja, para que el sistema se

mantenga a presión. Asimismo, la proporción del tanque jamás debe exceder el 95% del volumen total del tanque, esto para aquellos tanques a presión que corresponde a 1.25 kg / 2.755778 lb de cloro líquido por litro de capacidad del recipiente a 50°C / 122°F. (Ullmann, 2007). Como se muestra en la Figura 2 en donde se observa el comportamiento creciente del volumen ocupado mientras la temperatura aumenta.

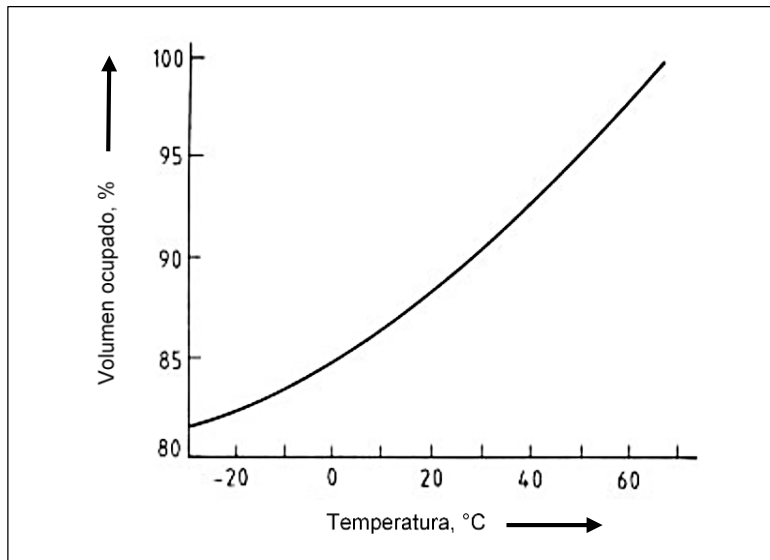


Figura 2. Proporción (%) de un recipiente de un litro ocupado por 1,25 kg de cloro líquido en función de la temperatura. (Ullmann, 2007)

Euro Chlor recomienda que la capacidad máxima para tanques individuales a baja presión sea de 300 a 400 toneladas que funcione a temperaturas de cloro menores de 34°C. (EuroChlor, 2019) (Ullmann, 2007)

El almacenamiento del cloro se ve presente en diferentes procesos de producción de diferentes compuestos, como ejemplo el proceso de producción de clorobenceno que presenta el grupo Grall, en el que trabaja a partir de un parque formado por 12 tanques semi-móviles, debido a que la planta de producción tendrá una futura expansión, por lo que este tipo de tanques facilitarían su movimiento, de los cuales 9 tanques se usan en periodo de operación normal y tres funcionan solo por seguridad. Además, el área de carga y descarga se encuentra dentro del área de almacenamiento para que los camiones

cisterna de 20 ton / 44,092.5 lb que proveen de cloro no se muevan en la planta y de esta manera evitar posibles accidentes.

El cloro se almacena licuado a 15 bar / 217.557 psi y temperatura ambiente, y debido a estas condiciones se necesita de un intercambiador para producir el cambio de estado y también se requiere de válvulas reductoras ubicadas a la salida de los tanques de almacenamiento. Las principales características de los tanques de almacenamiento y del evaporador de cloro se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Características de los tanques y evaporador de cloro en el sistema de almacenamiento. (Grall, 2017)

Tanques de almacenamiento	
Volumen	42 m ³ / 1483.22ft ³
Orientación	Horizontal
Temperatura de operación	20°C / 68°F
Presión de operación	15 bar / 217.557 psi
Densidad	1380 kg/m ³ / 86.15059 lb/ft ³
Calor latente de vaporización	287.73 kJ/kg / 123.701634 Btu/lb
Porcentaje de ocupación	82%
Evaporador de cloro	
Tipo	Tubos y carcasa
Q _{interc}	431.9 kW

El fluido térmico que se usa es vapor a 3 bar / 43.5113 psi, realizando un salto térmico de 25°C a 55°C / 77°F a 131°F. Y el cloro pasa después por una válvula reductora de presión, pasando de 15 a 2.8 bar / 217.557 a 40.6106 psi, que es la presión a la que entra al reactor. Todas estas características se presentan para una capacidad de producción de 60,000 ton / 1.32277e⁸ lb anuales. (Grall, 2017)

Mientras que el grupo MBC para el proceso de producción de cloro bencenos utiliza solo 2 tanques de almacenamiento, a una presión de 10 bar / 145.038 psi y una temperatura

de 25°C / 77°F, por esto es necesario un intercambiador de calor para producir un cambio de estado, pasando de cloro licuado a cloro gas.

Las principales características de los tanques de almacenamiento se presentan en la Tabla 3 que se muestra a continuación.

Tabla 3. Características de los tanques de almacenamiento propuestas para el sistema de producción de cloro bencenos. (MCB, 2017)

Tanques de almacenamiento	
Volumen	400 m ³ / 14,125.9 ft ³
Orientación	Vertical
Temperatura de operación	25°C / 77°F
Presión de operación	10 bar / 145.038 psi
Densidad	1378 kg/m ³ / 86.02573 lb/ft ³
Porcentaje de ocupación	67%

Es importante que su almacenamiento se realice bajo estas consideraciones de presión y temperatura, ya que a 25°C / 77°F el cloro se gasifica a 7 bar / 101.526 psi. Debido a estas características los tanques requieren de un sistema de inertización con N₂, además, con este sistema se evita que el cloro entre en contacto con el aire reaccionando para formar dióxido de cloro, que es una sustancia sumamente inflamable y reactiva y presenta un grave peligro de incendio y explosión. Todo esto para una producción de 60,000 ton / 1.32277e⁸ lb anuales. (MCB, 2017)

El almacenamiento del cloro se da licuándolo a temperatura ambiente o baja, y debido a su toxicidad el área de almacenamiento debe ser monitoreada cuidadosamente, y se debe tener especial cuidado durante las operaciones de carga.

El cloro no solo se usa en la producción de cloro bencenos, también de fosgeno, que a su vez se utiliza para la producción de disocianato de difenilmetano (MDI), por lo que es necesario un sistema de almacenamiento. Iván Sánchez trabaja el cloro a una

temperatura de -35°C / -31°F y presión de 15 bar / 217.557 psi, lo que significa que se encuentra en estado gaseoso, en un parque de almacenamiento para tres días, en tres tanques de almacenamiento que después envían el cloro a un intercambiador de calor que utiliza vapor de agua a 300°C / 572°F y 7 bar / 101.526 psi. Las características de los tanques de almacenamiento se muestran en la Tabla 4. (Sánchez, 2016)

Tabla 4. Características de tanques de almacenamiento propuestas para la producción de fosgeno. (Sánchez, 2016)

Tanques de almacenamiento	
Volumen	200 m ³ / 7062.93 ft ³
Orientación	Vertical
Temperatura de operación	-35°C / -31°F
Presión de operación	15 bar / 217.557 psi

Por lo que ciertas empresas que se dedican a la producción de cloro gas plantean ciertas condiciones, y número de tanques dependiendo de la cantidad de producción, por ejemplo:

- a) General Electric Plastics que se encuentra en Países Bajos donde se utiliza cloro para la síntesis de fosgeno realiza el almacenamiento criogénico de cloro, que incluye: 1 tanque lleno de 58 ton / 127,868 lb y 1 tanque de emergencia, bajo condiciones de temperatura y presión que se mantienen a -34°C / -29.2°F y presión atmosférica dentro de un edificio de 8000 m³ / 282,517.3 ft³.
- b) ICI en Wilhelmshaven (Alemania), un almacenamiento de cloro de gran cantidad: que consta de 2 tanques de 1600 ton / 3,527,396 lb cada uno y 1 tanque de emergencia. El cloro se almacena en tanques de acero cerrados dentro de una carcasa construida con un material sándwich de acero/poliuretano/aluminio. Cabe mencionar que hoy en día el almacenamiento para estas cantidades de cloro no sería posible, debido a los altos riesgos que representa. (Bref, 2000)

El récord de producción de cloro de los Estados Unidos se produjo en 1979 con 11,2 millones de toneladas, seguido de una disminución resultante en gran parte de las

recesiones de 1980 y 1981-1982, que llevaron a una producción de cloro mínima de 8,3 millones de toneladas en 1982. El cloro disfrutó de un crecimiento relativamente constante a lo largo de la década de 1980. La producción aumentó a 10 millones de toneladas en 1987, luego nuevamente a 10,5 millones de toneladas en 1988. Sin embargo, a pesar de la fuerte economía de los últimos años, la producción de cloro-álcali en los Estados Unidos todavía está por debajo de los niveles de 1979 debido a la relativa madurez de las industrias de uso de cloro y las presiones ambientales desde principios de la década de 1980 se manifestaron en la reducción del uso. (Othmer & Kirk, 1998) A partir del decrecimiento de la producción de cloro gas, se vio un aumento en la renuencia por su uso, debido a las afectaciones medioambientales, sin embargo, hoy en día es muy difícil encontrar algún proceso químico en el que el cloro no se vea involucrado.

Según cifras de Cefic, 9.416 kilo ton de cloro fueron producidos en 2019, que es casi igual al nivel de producción de 2018. Mientras tanto, la producción general en el sector químico de la UE disminuyó en un 1,1% en 2019, lo que significa que la producción de cloro se realizó mejor.

Sin embargo, las ampliaciones de capacidad implementadas durante el último año (162 kilo ton o 1,4%) no se materializó, lo que provocó una caída en la tasa de utilización del 82,3% en 2018 al 81,0% en 2019. (EuroChlor, 2019)

En el año 2000, México produjo 340.000 ton de cloro y Brasil produjo 1.196.000 ton. Se estimó que la demanda de cloro y sosa cáustica aumentaría alrededor de un 2,5 % anual hasta 2010. (O'Brien, Bommaraj, & Hine, 2005)

La mayor parte de la producción de cloro se basa en la llamada electrólisis de cloro-álcali, donde las soluciones de cloruro de sodio se electrolizan para convertir los iones de cloruro en cloro elemental en el ánodo. Al mismo tiempo, la solución de hidróxido de sodio e hidrógeno se forman en el cátodo, dando como resultado la estequiometría general que se muestra en la Ecuación 1: (Moussallem, Jörissen, Kunz, Pinnow, & Turek, 2008)



La producción conjunta de álcalis y cloro representa un problema en la industria, ya que ambos productos tienen dinámicas de mercado muy diferentes y, además, estas son cambiantes. Generalmente, antes de utilizar el cloro como insumo o materia prima, necesita ser enfriado, limpiado, secado, comprimido y licuado, en algunas aplicaciones se puede utilizar simplemente como gas seco. El gas cloro se obtiene a una temperatura de entre 80 a 90°C / 176 a 194°F saturado con vapor de agua, con gotas de salmuera (niebla), con impurezas gaseosas como N_2 , H_2 , O_2 , CO_2 y trazas de hidrocarburos clorados. (Semarnat, 2013)

La producción industrial de cloro (Cl_2) y compuestos alcalinos ($NaOH$, KOH), se lleva a cabo actualmente mediante la electrólisis de una solución de sales ($NaCl$ y KCl). Las principales tecnologías utilizadas son la de electrólisis de celda de diafragma, de celda de membrana y de celda de mercurio (BREF, 2014) El cloro gaseoso se seca, se enfría y se presuriza o se convierte en líquido para su almacenamiento o envío. (OXY, 2020)

Actualmente se utilizan los tres procesos electrolíticos mencionados para la producción de cloro y sosa cáustica: (a) el diafragma proceso celular (célula de Griesheim) introducido en 1885, (b) el proceso de celda de mercurio (celda de Castner-Kellner) utilizado industrialmente desde 1892 y (c) el proceso de células de membrana desarrollado a principios de los años setenta del siglo pasado. Los procesos principalmente difieren en el método por el cual los productos del ánodo se mantienen separados de los productos del cátodo. En todos los procesos, los iones de cloruro se oxidan en el ánodo formando cloro gaseoso como se muestra en la Ecuación 2: (Moussallem, Jörissen, Kunz, Pinnow, & Turek, 2008)



El cloro y el hidróxido de sodio producidos en este proceso son ampliamente utilizados en la industria química. En la producción de cloro, las tres materias primas utilizadas son

la sal, el agua y la electricidad. Pueden salir tres productos: cloro, sosa cáustica e hidrógeno. (Report, 2021) Los dos mayores mercados mundiales de cloro constituyen el 39% de su demanda. La fabricación de monómero de cloruro de vinilo representa el 26% de la demanda mundial de cloro y es el mayor uso de cloro. (Othmer & Kirk, 1998)

Según la naturaleza tóxica, oxidante y su acción corrosiva del cloro gaseoso en la presencia de humedad, además de su disposición a atacar casi todas las sustancias conocidas y a unirse con casi todos los gases excepto los más raros, hacen que su fabricación, manipular y utilizar sea una cuestión muy técnica. Sin embargo, su fabricación, manipulación y uso en las artes industriales han estado notablemente libres de accidentes graves. El cloro es indispensable hoy en día, y la medida de su uso es un índice de la civilización comparativa de un país. (T. Baldwin, 1927) El cloro es el segundo químico industrial tóxico (TIC) más transportado en Estados Unidos. (Kolesnikov, Kumchev, Howell, O'Neill, & Tiger, 2012)

El cloro es un componente importante que se utiliza para fabricar miles de productos cotidianos en muchas industrias, incluidas la automotriz, la construcción, la defensa, la electrónica, la alimentación, la atención médica y la producción de metales. El cloro juega un papel vital en mantener seguros los suministros de agua del mundo al controlar bacterias y virus dañinos. (OXY, 2020)

El cloro se utiliza en grandes cantidades en la producción de vinilo. Varios productos químicos aguas abajo se producen utilizando cloro que luego se utiliza para fabricar cloruro de polivinilo. El PVC es el tercer polímero usado más grande del mundo. Se utiliza principalmente en la industria de la construcción para fabricar tuberías, marcos de ventanas y otros productos. Además, las aplicaciones de PVC en varias industrias de uso final están aumentando constantemente, lo que se espera genere lucrativas oportunidades de crecimiento en los próximos años. (Markets, 2021)

El cloro es uno de los diez principales productos químicos producidos (por peso bruto) y se utiliza para los siguientes propósitos: (B. Evans, 2004)

- I. 28% para la producción de plásticos, con la mayoría yendo a PVC (producción de cloruro de polivinilo).
- II. 14% para la producción de pulpa y papel, tanto como agente blanqueador como biocida.
- III. 18% para la producción de solventes clorados que se utilizan en la metalurgia, tintorería y electrónica.
- IV. 5% para purificación de agua, incluidos sistemas de agua municipales, piscinas y parques acuáticos.
- V. 35% para otra producción química, incluidos los productos farmacéuticos.

La aplicación del cloro y los álcalis es tan variada que apenas hay un producto de consumo que no dependa de uno o ambos en alguna etapa de fabricación. El cloro no se puede almacenar económicamente ni mover largas distancias. Los movimientos internacionales de cloro a granel están más o menos limitados a los movimientos entre Canadá y los Estados Unidos. El cloro se produce como un gas que se usa de forma cautiva, se transfiere a los clientes a través de tuberías o se licua. El cloro líquido, de mayor pureza que el cloro gaseoso, es utilizado internamente por los productores o comercializado. El porcentaje de la producción de cloro gaseoso de EE. UU. posteriormente licuado ha aumentado en los últimos diez años, lo que refleja una mayor demanda de cloro de alta pureza. Este porcentaje era del 60,7% en 1978 y del 81,1% en 1987. (Othmer & Kirk, 1998)

Las estaciones de cloración merecen mucha atención desde la etapa de diseño, por la importancia que este proceso tiene en la producción de agua segura y por los riesgos que involucran la operación y mantenimiento de las estaciones. En el proceso de diseño de las estaciones de cloración, podemos considerar cuatro etapas: (MID, 2017)

- almacenamiento del cloro
- sistemas de medición y control
- sistemas de inyección
- sistemas de seguridad.

Es necesario conocer el consumo del producto de acuerdo con la capacidad de la planta. La información necesaria es la siguiente: (MID, 2017)

- a) caudal del proyecto (Q en L/s) ;
- b) dosificación esperada (dosis mínima y máxima en mg/L) ;
- c) tiempo de almacenamiento seleccionado.

El primer paso en el proceso del gas es el enfriamiento. La exposición directa o indirecta a un medio refrigerante lleva el gas a una temperatura más baja. Esto, por cierto, condensa la mayor parte del vapor de agua. El condensado debe tratarse para eliminar el cloro disuelto antes de desecharlo o devolverlo al proceso de electrólisis. (O'Brien, Bommaraju, & Hine, 2005)

La simulación del cloro gas, no solo se puede llevar a cabo a partir del proceso completo, hay otros tipos de simulación, entre estos tipos de modelación se encuentra la CFD, que nos proporciona una perspectiva diferente a partir de la representación del flujo y como interactúa en el proceso, mediante una visualización en 2D o 3D.

Rauen y colaboradores nos presentan una visión histórica de diferentes modeladores CFD para el cloro, a partir de aspectos de diseño hidráulicos, mencionando que el diseño hidráulico de los CCT se ha basado tradicionalmente en la suposición de que el tiempo de contacto para todos los elementos fluidos corresponde al tiempo teórico de residencia hidráulica (T) de un tanque dado. Además, se reportan diferentes modelados de la cinética del cloro a partir de simuladores de CFD, por ejemplo, se utilizó una versión modificada de DIVAST para simular la cinética del cloro y estimar la distribución de DBPs en el tanque modelo CCT de Teixeira en 1993, mientras que, avances recientes en el estudio de la descomposición del cloro, inactivación bacteriana y la formación de DBP aún no se han incorporado a los modelos CFD de los procesos CCT. (Rauen, Angeloudis, & Falconer, 2012)

Para Muslim y colaboradores para controlar la concentración del tanque de contacto con cloro (CCT), los controles adaptativos y predictivos que se han propuesto en la última

década se basaron en las estrategias de control del cloro a partir de la concentración de cloro de entrada/salida como variable manipulada (MV) y variable controlada (CV). Las comparaciones del LMPC y un rendimiento Integral Proporcional (PI) se han llevado a cabo en este estudio. Matlab Simulink™ se utiliza en estos estudios y también se utilizó un software CFD comercial, Fluent™, para simular la distribución FCR en el CCT basado en el resultado de LMPC. En el desarrollo del modelo de LMPC, la geometría del tanque CCT se supone que es una tubería lineal y es imperativo adquirir el conocimiento del patrón de flujo de fluido en un tanque desconcertado y, por lo tanto, la consecuencia de la geometría en la distribución FCR. (Muslim, Li, & Tadé, 2009)

Parte fundamental del proceso de que el proceso de almacenamiento sea más seguro, es necesario un sistema de instrumentación y control, por lo que, es importante identificar cuál es el mejor sistema para que el proceso del cloro gas funcione más eficientemente. Yan y colaboradores utilizan la caja de herramientas MATLAB Fuzzy y Simulink como simulador en el estudio de simulación de un controlador PID adaptativo, y puede mostrar suficientemente que el controlador PID tradicional combinado con control difuso la teoría es superior a un solo controlador. (Yan, Liu, Song, Song, & Zhang, 2013) Presentando una alternativa respecto a la simulación de instrumentación y control para el flujo del cloro gas.

El criterio principal para elegir el tipo de controlador PID depende completamente del proceso y el compuesto con el que se esté trabajando, por lo que se propone la siguiente afirmación, el control PID tradicional es el método de control más común utilizado en la teoría clásica del control, y su principio es simple, fácil de usar, de fuerte adaptabilidad; pero cuando la función del sistema de control es compleja y tiene altos requisitos en tiempo real, sus debilidades son más obvias, por lo que se recomienda un control difuso.

En la Tabla 5 se muestran los principales tipos de control para las operaciones unitarias utilizadas en el proceso de almacenamiento de cloro gas.

Tabla 5. Síntesis de los típicos de control de las operaciones unitarias del sistema de almacenamiento de cloro gas. (Sinnott & Towler, 2012) (Walas, Fair, Penney, & Couper, 2012)

Sistema de almacenamiento			
	Operación Unitaria	Modelo	Típico
1	Bomba	$N_s = nQ^{0.5} / (gH)^{0.75}$	
2	Intercambiador de calor	$Q = UAF(\Delta T)_{ln}$	

3	Tanque de almacenamiento	$t = \frac{PD}{2SE - 0.2P}$	

Planteamiento del problema

En la actualidad la cantidad de información disponible acerca del cloro gas (Cl_2), su proceso de producción, aplicaciones industriales y de su evolución económica es muy extensa y variada, sin embargo, la información que se puede encontrar acerca de la simulación del proceso de producción y mucho más del sistema típico de almacenamiento en particular es insuficiente, por lo que no hay una verdadera visualización del proceso en estado dinámico, y tampoco del sistema de instrumentación y control. Esta simulación resulta de vital importancia, ya que nos muestra los riesgos ambientales debido a sus emisiones y a la salud por su naturaleza tóxica, que posee el cloro si no es almacenado y manipulado de la manera correcta. Por lo tanto, el sistema de almacenamiento del cloro gas ofrece una herramienta para conocer cuál es la manipulación debida en todo ámbito industrial en los que se ocupe, tales como en el tratamiento de aguas residuales, en la

industria de los plásticos e incluso en la construcción, en donde el gas licuado permanece por cierto periodo de tiempo almacenado.

Justificación

La importancia de un buen sistema de almacenamiento y su correcto funcionamiento está dada por los riesgos de la manipulación del cloro gas que son minimizadas; tales como, fugas a través de las tuberías que provocarían riesgos a la salud, como dificultad total o parcial para respirar, aparición de ulceraciones en la piel, y dependiendo de la concentración se presenta ardor en la piel y distintos órganos del cuerpo así como, un edema pulmonar para los trabajadores que estén expuestos de manera directa, y riesgos al medio ambiente, como la disminución del PH en el agua, la descomposición de la capa de ozono al incorporarse en el aire, además de que puede reaccionar explosivamente o formar parte de compuestos explosivos, así como facilitar la combustión de otras sustancias químicas. (Mexichem, 2020)

Estas características son consideradas para la propuesta del sistema de almacenamiento dentro de la simulación, de manera que este sea lo más seguro si la manipulación es adecuada. No solo en estas características radica la importancia de este proceso, también, en todas aquellas aplicaciones que posee a nivel industrial, en donde el almacenamiento es más que necesario, ya que el cloro se utiliza de manera constante y es necesario que exista una reserva que se debe mantener en un mismo sitio, esto debido a que la transportación de este compuesto es muy complicada y peligrosa.

Objetivos generales y específicos

Objetivo general

1. Simulación de un sistema de almacenamiento de Cl_2 gas como precursor químico y producto en la sección de proceso de diversas plantas químicas en aspen hysysV.8.8

Objetivos específicos

1. Sintetizar las operaciones unitarias involucradas en el proceso de almacenamiento de cloro gas (Cl_2) a partir de referencias bibliográficas y artículos de investigación de calidad reconocida.
2. Desarrollar un diagrama DFP del proceso propuesto para el almacenamiento de cloro gas (Cl_2).
3. Proponer el diseño de los sistemas de instrumentación y control basado en los antecedentes de proceso y típicos.
4. Simular en conjunto la propuesta de diseño en el software Aspen HYSYS V.8.8.

Metodología

Metodología para el objetivo 1.

La selección de operaciones unitarias para el sistema de almacenamiento del cloro gas se realizó a partir de la recolección de información de diferentes plantas de producción del producto, por lo que se realizó primero fue la obtención de las principales propiedades fisicoquímicas del cloro que determinan las características necesarias que deben poseer los equipos e instrumentos que se utilizaran en el proceso, después se llevó a cabo la identificación de todas las operaciones unitarias involucradas en un proceso típico de almacenamiento y se decidió cuáles serían los equipos seleccionados así como su disposición, posterior a esto se buscaron referentes acerca de la instrumentación y control necesarios específicos y funcionales para integrarlos al almacenamiento, y por último se decidieron las operaciones unitarias utilizadas, que constan de dos tanques de almacenamiento que se conectarían tanto en serie como en paralelo para la comparación de ambos arreglos, una bomba de alimentación y un intercambiador de calor. En el Diagrama 1 se muestra el procedimiento que se siguió para determinar las operaciones unitarias.

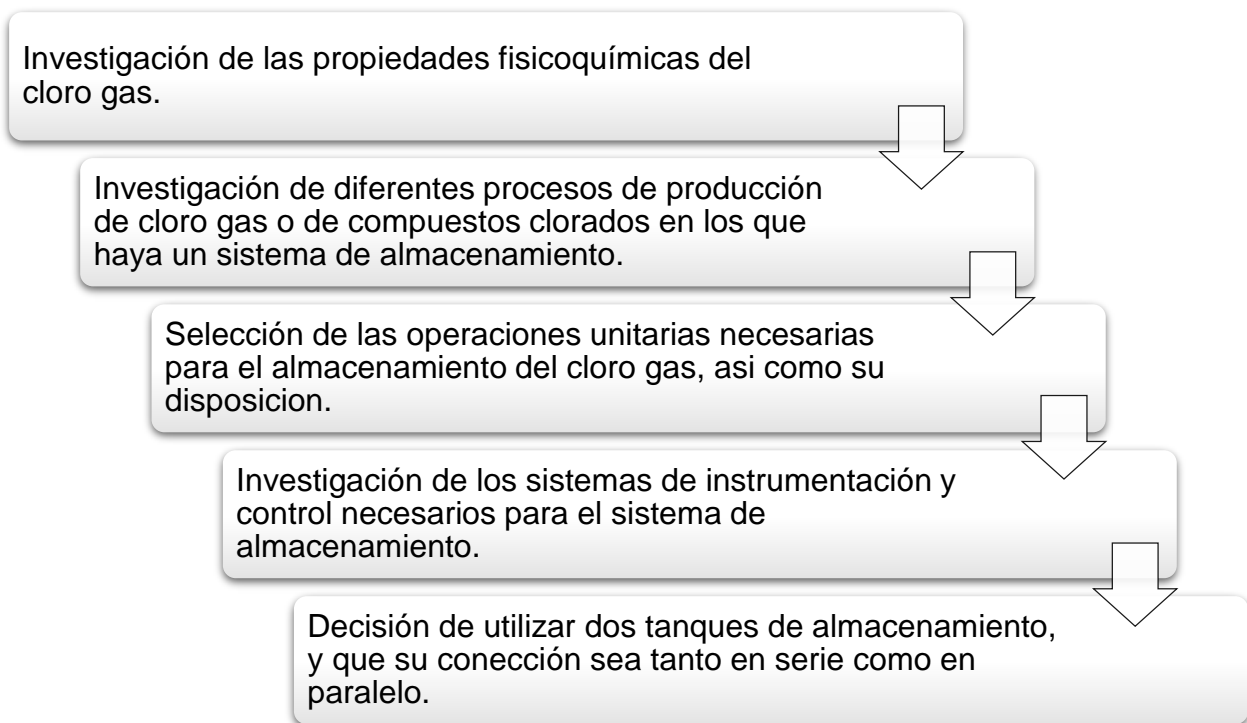


Diagrama 1. Metodología de selección de las operaciones unitarias para el sistema de almacenamiento de cloro gas.

Metodología para el objetivo 2 y 3.

Los diagramas de flujo de proceso y los diagramas de instrumentación y control se realizarán bajo las siguientes especificaciones:

1. La primera consideración para la realización del diagrama de flujo de proceso fue el tamaño de la hoja del plano para lo que se adoptará la clasificación ASA, eligiendo el tamaño más pequeño de hoja, debido a la cantidad de información que se integró.

Tipo A, de medidas 8.5'×11' (215 mm×280 mm), con un margen de rótulo de 5 mm. Estas especificaciones se eligieron, ya que son las medidas más cercanas al formato A4 en el que se realizan normalmente los planos para diagramas.

- Posteriormente se determinó la posición y tamaño del cajetín de rotulación: se coloca en la parte inferior derecha y se registra la información referente al nombre de la institución, el nombre del dibujante, la fecha de realización, la escala, etc., como se muestra en la Figura 3.

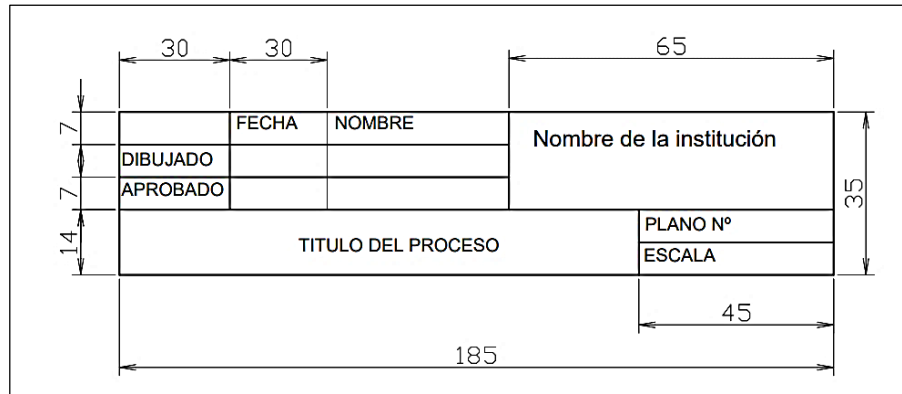


Figura 3. Cajetín de información de un DFP con medidas (mm).

- Se seleccionó el tipo de escritura que debía colocarse de manera uniforme en el diagrama, por lo que se utilizaron las normas DIN para la escritura que habrá dentro del DFP, específicamente la caligrafía DIN 17 y DIN 16 que es la letra vertical normalizada más utilizada y recomendada para rotular dibujos y dimensiones. Se utiliza este tipo de letra para escribir letreros, ficheros, rotulo de planos, etc. Hay tres tipos de letras dentro de la norma letras corrientes: presentan dimensiones de altura y ancho directamente proporcionales; letras estrechas: su alto no es proporcional a su ancho; letras anchas: el ancho de las letras es mayor a su altura.
- Subsecuente a esto, se determina la escala: los diagramas de flujo de procesos se llevan a cabo a partir de escalas que determinan la proporción a partir de la que están representados todos los elementos de un proceso, hay diferentes tamaños de escala y se determina a partir del tamaño de papel y una relación directa con el tamaño real de los equipos utilizados. Que indican que una porción de papel es igual a tantas porciones del dibujo, de las que se seleccionaron:

- 1:5
- 1:8

O por el contrario que indican que tantas porciones de papel son equivalentes a una porción del dibujo.

5. Después se detallan las zonas delimitadas dentro del DFP y se seleccionan aquellas que estarán integradas y la posición en la que se encontrarán:

- Zona de información/características de los equipos: se encuentra en la parte superior del diagrama y contiene el nombre, código de los equipos y ciertas características específicas.
- Zona del diagrama de flujo de proceso: Es la zona central y es donde se traza el diagrama.
- Zona de notas y bloque de identificación del plano: área ubicada en el margen derecho del plano. En dicha zona se indican la leyenda, las notas y cualquier detalle para el diseñador. Las notas se deben escribir de arriba hacia abajo.
- Zona de tabulación de los balances de masa y energía: área ubicada en la zona inferior del plano.

6. Posteriormente se detalló el sistema de codificación de los equipos: para esto se definió un sistema para identificar y numerarlos equipos de proceso como se muestra en la Figura 4.

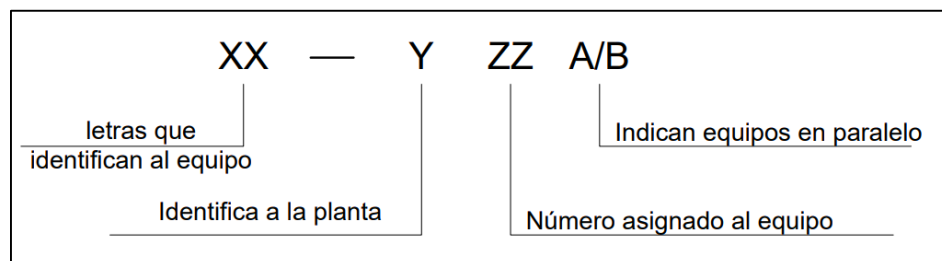


Figura 4. Codificación de los equipos.

Donde:

- a. XX: Se asignan 1, 2 o 3 letras que indican el nombre del equipo
 - b. Y: Es el dígito de identificación de la planta
 - c. ZZ: Número consecutivo del equipo, puede ir del 01 al 99
 - d. A/B: Indican equipos en paralelo que cumplen la misma función
7. Se escogió la normativa que PEMEX presenta para la simbología de equipos de proceso: cada equipo se representa con un dibujo específico que determina su función (Pemex, Simbología de equipo de proceso, 1999). En la Figura 5 se observa la simbología de los principales equipos de proceso.

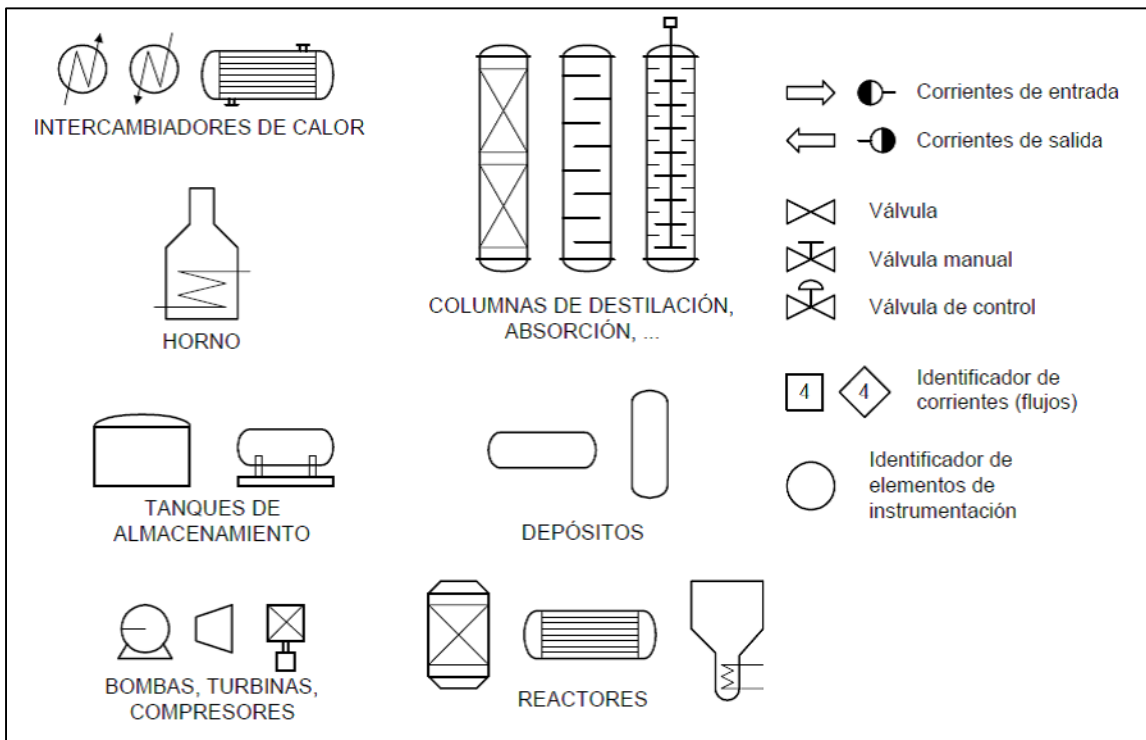


Figura 5. Simbología de los principales equipos de un DFP.

8. Posteriormente, se determinan las características de las líneas de proceso: cada línea de proceso desde y hacia los equipos se identifica con un número dentro de un rombo que identifica la corriente en los balances de materia y energía; por lo

que se asignan los números a las corrientes de proceso en orden creciente de acuerdo al recorrido del flujo principal a través de la unidad de proceso.

Se utilizarán dos líneas base:

- Línea de trazo grueso para representar la línea principal de proceso, y
 - Línea de trazo fino para representar la línea secundaria de servicio.
9. Para la simbología de instrumentación se estableció que la normativa a utilizar sería la propuesta por PEMEX: todo proceso industrial debe tener instrumentos que sean capaces de medir variables tales como: presión, caudal, nivel, temperatura, etc. (Pemex, 2005). Las representaciones gráficas de las líneas de proceso se muestran en la Figura 5, y en la Figura 6 se observa la simbología de los principales instrumentos de un DFP.
- a. Simbología respecto de las líneas:

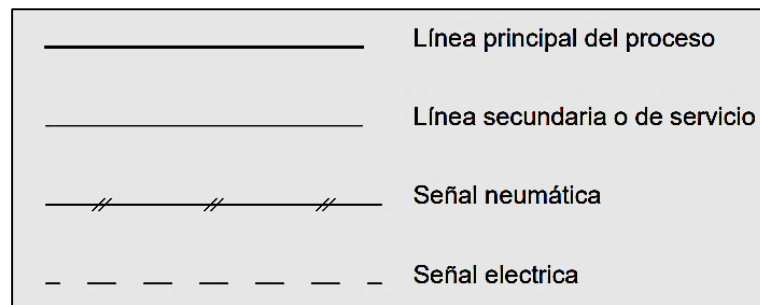


Figura 6. Simbología de las líneas en los DFP.

- b. Simbología de los instrumentos: su representación depende del lugar en el que se encuentren instalados, ya sea en la línea de proceso, o en un panel de control.













LOCALIZACION TIPO	LOCALIZACION PRIMARIA NORMALMENTE ACCESIBLE AL OPERADOR ***	MONTADO EN EL CAMPO	LOCALIZACION AUXILIAR NORMALMENTE ACCESIBLE AL OPERADOR ***
INSTRUMENTACION DISCRETA	1 	2 	3 
INSTRUMENTACION CON FUNCIONES O PANTALLA COMPARTIDA	4 	5 	6 
COMPUTADOR	7 	8 	9 
CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE	10 	11 	12 

Figura 7. Simbología de los instrumentos en un DFP.

- c. En la Tabla 5 se señalan las abreviaturas de los instrumentos según la norma ISA

Tabla 5. Abreviaciones de los instrumentos más comunes según la norma ISA.

Abreviación	Clasificación	Abreviación	Clasificación
CS	Sensor de conductividad	PV	Válvula de control de presión
CC	Controlador de conductividad	PC	Controlador de presión
CV	Válvula de control de conductividad	PS	Sensor de presión
CT	Transmisor de conductividad	PI	Indicador de presión
FC	Controlador de caudal	PSV	Válvula de liberación de presión
FS	Sensor de caudal	PT	Transmisor de presión
FQ	Caudalímetro	PCV	Válvula auto-regulación de presión
FT	Transmisor de caudal	PZ	Disco de ruptura
FV	Válvula de regulación de caudal	SC	Variador de frecuencia
K	Contactora bomba	TAH	Alarma de temperatura máxima
LAH	Alarma de nivel máximo	TAL	Alarma de temperatura mínima
LAL	Alarma de nivel mínimo	TC	Controlador de temperatura
LC	Controlador de nivel	TS	Sensor de temperatura
LS	Sensor de nivel	TI	Indicador de temperatura
LT	Transmisor de nivel	TT	Transmisor de temperatura
LV	Válvula de regulación de nivel	TV	Válvula de regulación de temperatura
PAH	Alarma de presión máxima	ZS	Final de carrera
PAL	Alarma de presión mínima		

10. Además, se establece la geometría de la planta: hay diferentes disposiciones en las que se encuentran distribuidos los equipos que forman las operaciones unitarias de una planta, ya sea en forma de estrella, de forma lineal, por regiones, en espiral, entre otras. Para el caso específico del sistema de almacenamiento de cloro gas se colocan los equipos principales en el centro y a partir de estos se distribuyen los demás alrededor.

11. Por último, se establece el software con el que se trabajará para la realización de los diagramas de acuerdo con la facilidad de manejo, el conocimiento de sus herramientas y la facilidad de visualización que proporciona, por lo cual, se seleccionó AutoCAD para representar los diagramas establecidos.

Metodología para el objetivo 4.

La simulación como representación gráfica de un proceso de producción o en una sola parte del proceso es fundamental para comprobar y garantizar que los resultados teóricos sean correctos y coherentes respecto del diseño del proceso o las operaciones unitarias seleccionadas. Por lo tanto, el primer paso para realizar una simulación es la elección del simulador que se utilizará, por las diferentes características que presenta cada uno y por lo tanto las ventajas que poseen al usarlo bajo ciertos criterios específicos proporcionando de esta manera resultados confiables.

La selección del simulador se basó principalmente en la facilidad de uso, el conocimiento de sus características y la afinidad con el proceso de almacenamiento del cloro, por lo que se escogió Aspen HYSYS v.8.8., que también ofrece la opción de realizar la simulación en estado dinámico, algo que no todos los simuladores permiten.

El siguiente paso que se realizó fue la elección del modelo termodinámico que mejor acople sus características con el cloro gas, para esto se buscó en diferentes fuentes de información un modelo de selección para modelos termodinámicos y la selección se basó en el artículo “Don’t gamble with physical properties for simulation” (Carlson, 1996)

haciendo uso del primer árbol de elección presentado, a partir del cual se seleccionó Redlich-Kwong-Soave SRK como la mejor opción para el cloro gas.

Después, se colocaron los compuestos con los que se trabajó, en este caso cloro gas y agua para los servicios auxiliares del intercambiador de calor y el sistema de unidades. Para posteriormente colocar las operaciones unitarias y las corrientes de entrada y salida de cada equipo, por separado y como sistema de almacenamiento de un solo tanque o con dos tanques en serie y en paralelo y por último el sistema de almacenamiento proporcionado por el grupo Grall que se tomó como referencia para la comparación entre los resultados teóricos y la simulación realizada.

Por último, se corre el simulador para revisar que haya convergencia en el sistema y que los resultados sean coherentes.

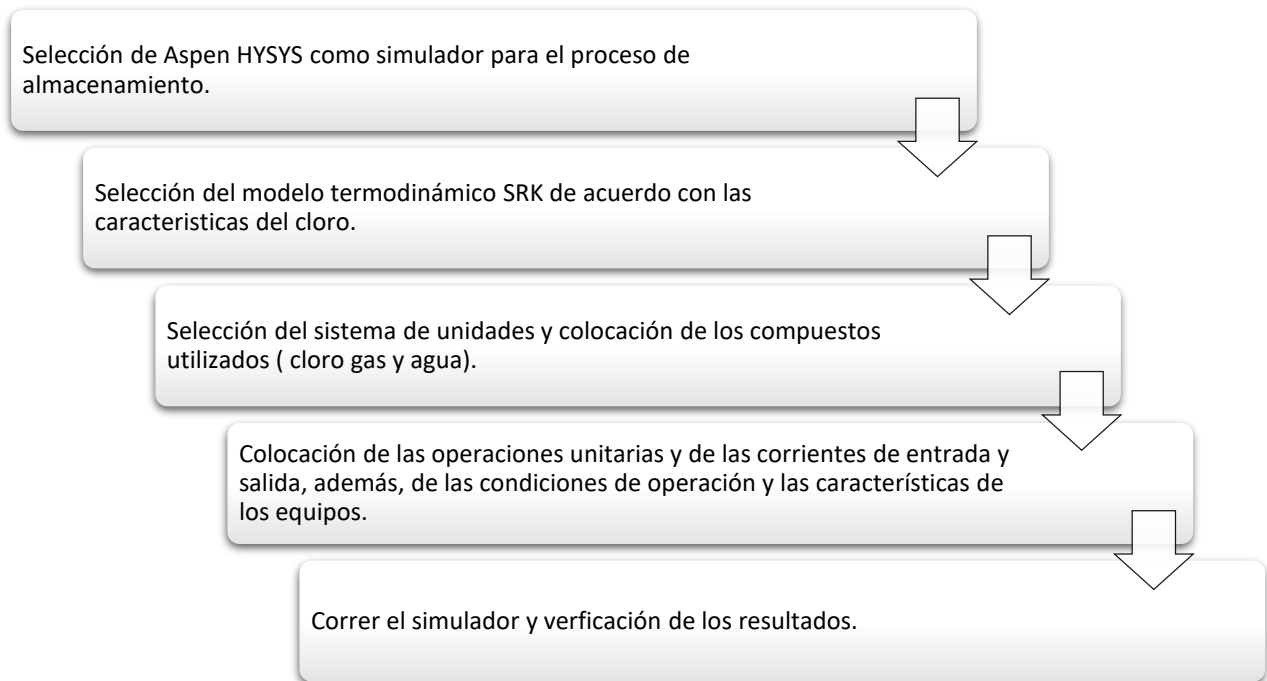


Diagrama 2. Metodología de la simulación en conjunto del sistema de almacenamiento de cloro gas.

Resultados y discusión

A partir de una investigación exhaustiva en alrededor de 40 fuentes de información, entre las que se encuentran artículos científicos, libros, reportes, tesis, y proyectos de industrias ya establecidas que trabajan con cloro gas, ya sea como producto o como materia prima, se seleccionaron las operaciones unitarias que formarían parte del proceso de almacenamiento y las condiciones de operación necesarias. El proceso de almacenamiento se conforma de dos tanques de almacenamiento tanto en serie como en paralelo, una bomba de alimentación que dirige el cloro desde el camión cisterna a los tanques de almacenamiento y un intercambiador de calor que propiciara el cambio de estado del cloro que se alimenta licuado y sale en estado gaseoso. Y las condiciones de operación se establecieron a partir de heurísticas presentadas en el libro de Walas y Tourton y las condiciones establecidas en el proyecto del Grupo Grall que se tomó como referencia principal. En la Tabla 6 se muestran las operaciones unitarias y las condiciones de operación del cloro.

Tabla 6. Operaciones unitarias y condiciones de operación de un sistema de almacenamiento de cloro gas.

Operación Unitaria	Condiciones de operación		Referencias
Tanques de almacenamiento	Flujo	6000 kg/h	Grupo Grall
	Temperatura	25°C	
	Presión	15 bar	
	Orientación	Horizontal	Walas Tourton
	Capacidad	21 m ³	
	% Llenado	85%	
Bomba (Centrífuga)	Flujo	6000 kg/h	Grupo Grall
	Temperatura	15°C	
	Presión	18 bar	
Intercambiador de calor (Tubos y coraza)	Flujo	6000 kg/h	Grupo Grall
	Temperatura	55°C	
	Presión	14.45 bar	
	Coefficiente de transferencia	60 W/m ² °C	Walas Tourton
	Área de transferencia	60.32 m ²	

Además, se compararon los diferentes procesos en los que se almacena el cloro, respecto al número de tanques utilizados y las condiciones de entrada y salida del cloro, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Diferentes procesos de almacenamiento de cloro gas.

Año	Autor	Diseño	Resultados
2020	Electroquímica Hernani	Plan de emergencia exterior (Planta de productos químicos)	4 tanques de almacenamiento, 2 de 40m ³ y 2 de 42.5m ³ , a condiciones de temperatura de -10°C y presión de 1 bar.
2017	Grupo Grall	Planta de producción de clorobenceno	Parque de almacenamiento de cloro gas de 12 tanques de 42m ³ de capacidad, a condiciones de entrada del cloro de 15 bar y 25°C y condiciones de salida de 2.8 bar y 55°C.
2017	MBC Industries	Planta de producción de MCB	Parque de almacenamiento de cloro de dos tanques de 400m ³ de capacidad a condiciones de entrada del cloro de 10 bar y 25°C y condiciones de salida de 2.8 bar y 55°C.
2016	Universidad de Sevilla	Ingeniería básica de una planta de producción de disocianato de difenilmetano (MDI) para la fabricación de poliuretanos	Parque de almacenamiento de cloro que consta de tres tanques de 200m ³ , con condiciones del cloro de temperatura de -35°C y presión de 15 bar.
1999	Lapsolite	Planta de producción de cloro-soda	Se produce cloro gas en celdas electrolíticas a partir de salmuera en dos fases, en la primera se producen 12 ton por día y en la segunda 24.5 ton por día, a condiciones de salida de 85°C y 0.21 bar g, que después pasa por dos intercambiadores de calor para disminuir la temperatura hasta los 40°C.

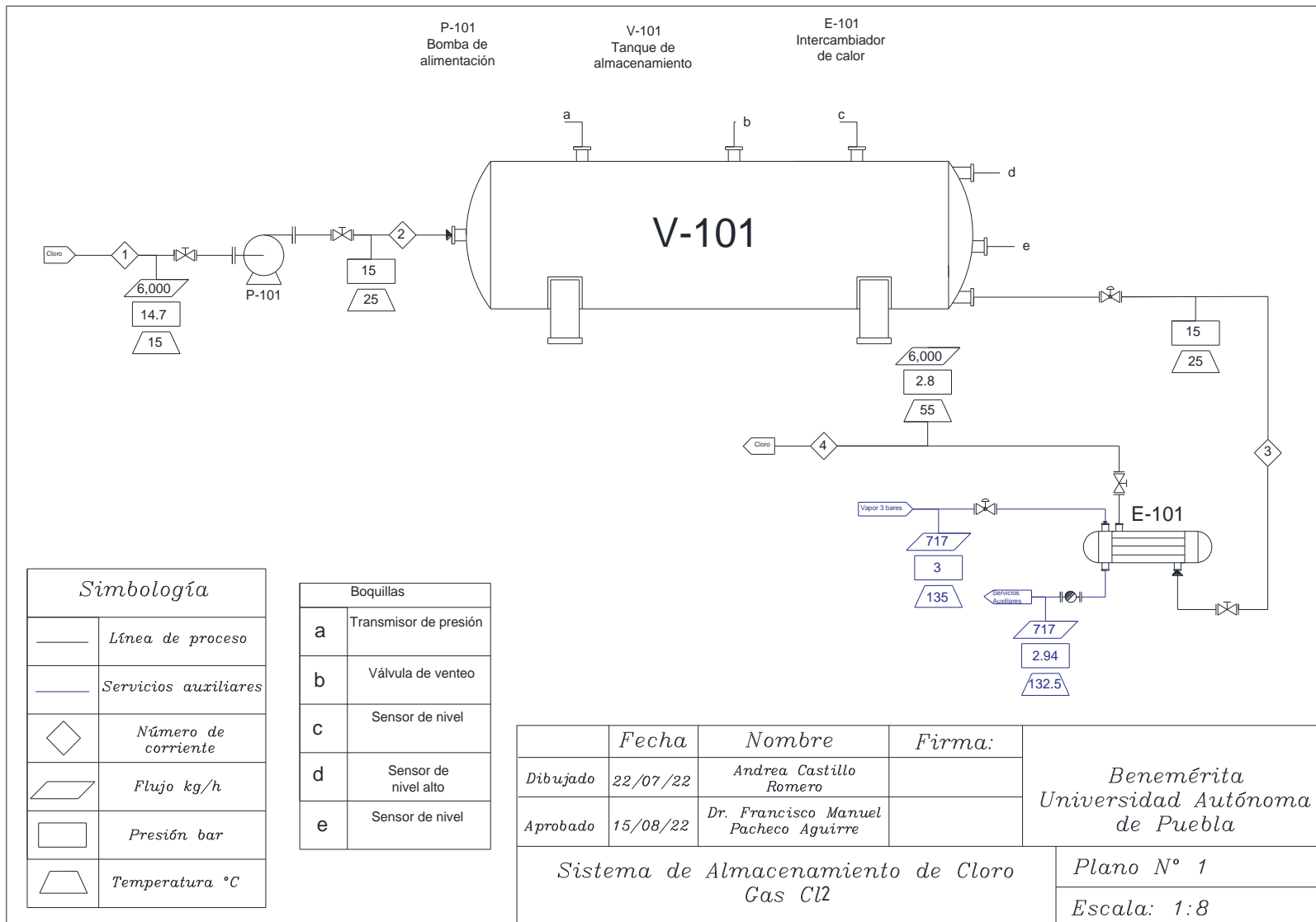
Los diagramas mostrados a continuación son los diagramas de flujo de proceso de un tanque de almacenamiento, y dos tanques conectados en serie y en paralelo. En donde se presentan las operaciones unitarias seleccionadas para el almacenamiento con su respectivo código identificativo y la disposición que se adapta mejor al tamaño de la hoja a partir de las normas de diseño previamente mencionadas.

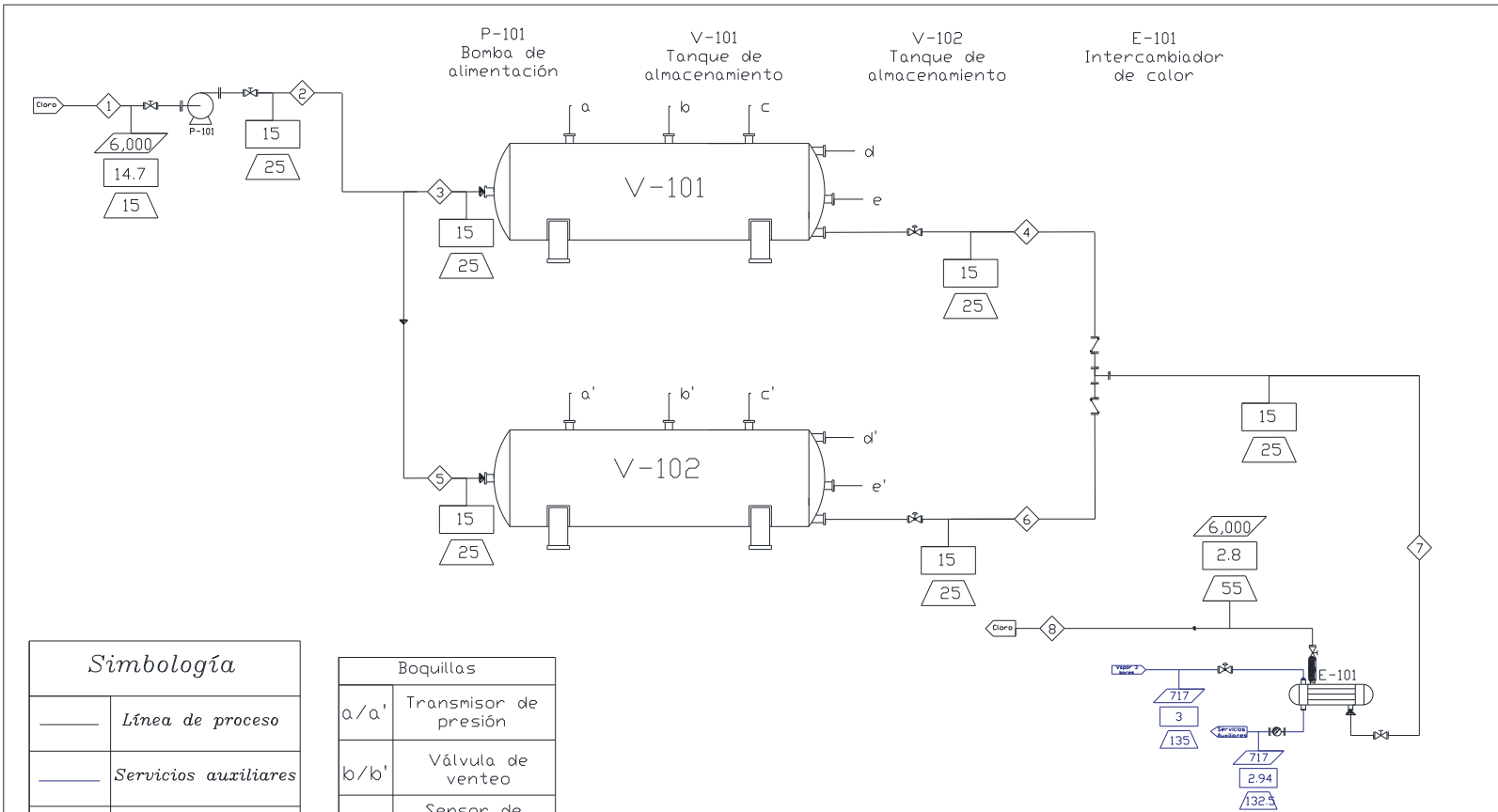
En el diagrama de flujo de proceso 1, se muestra el sistema de almacenamiento de cloro gas, con un solo tanque conectado a una bomba que proporciona la alimentación desde el carro tanque, y a un intercambiador de calor que propiciará el cambio de fase de cloro licuado a cloro gas. La corriente 1 representa la alimentación del cloro gas licuado desde el carro tanque a la bomba de alimentación P-101. La corriente 2 va desde la bomba hacia el tanque de almacenamiento V-101. La corriente 3 va desde la salida del tanque de almacenamiento en la parte inferior hacia el intercambiador de calor de tubos y coraza E-101. Y, por último, la corriente 4 va desde la salida del intercambiador de calor hacia el proceso de producción con el que se vaya a trabajar. Además, en el diagrama se representan los servicios auxiliares utilizados por el intercambiador de calor con líneas azules para diferenciarlos del proceso principal. Todas las corrientes muestran las condiciones de operación del cloro y del vapor de agua usado en los servicios auxiliares. En la parte inferior izquierda se encuentra la simbología utilizada, mientras que en la parte inferior derecha se encuentra el cajetín de identificación. Por último en la parte superior se encuentra el código de identificación de cada operación unitaria con su respectivo nombre. Asimismo, se señalan las diferentes boquillas del tanque de almacenamiento que no están conectadas, para su identificación se usaron letras de la a “a” la “e”, la boquilla a representa un transmisor de presión, la b una válvula de venteo para seguridad, la c un sensor de nivel conectado a otro sensor de nivel que está en la boquilla e, y la d es un sensor de nivel alto.

El diagrama de flujo de proceso 2, presenta un arreglo en paralelo del sistema de almacenamiento de cloro gas, con dos tanques, la bomba de alimentación y el intercambiador de calor que se muestran en el diagrama anterior, en donde se utilizó una escala de 1:5 para que se viera proporcionado el tamaño de las operaciones unitarias

respecto del tamaño de la hoja. En este diagrama se presentan las mismas características que en el primero, la simbología se encuentra situada en la parte inferior izquierda, el cajetín de identificación en la parte inferior derecha, y la identificación de cada equipo en la parte superior, B-101 para la bomba de alimentación, V-101 para el primer tanque de almacenamiento, V-102 para el segundo tanque de almacenamiento y E-101 para el intercambiador de calor. La línea del proceso principal esta presentada en color negro y las líneas de servicios auxiliares de color azul, además, también se muestran las condiciones de operación del cloro y del vapor de agua en cada corriente. La corriente 2 se divide igual que la alimentación para cada uno de los tanques y en la salida se junta con un mezclador para llevar la alimentación de ambos al intercambiador. Asimismo, se señalan las diferentes boquillas de los tanques de almacenamiento que no están conectadas, para su identificación se usaron letras de la a “a” la “e” para el primer tanque y de la a’ a la e’ para el segundo tanque, las boquillas a/a’ representan un transmisor de presión, la b/b’ una válvula de venteo para seguridad, la c/c’ un sensor de nivel conectado a otro sensor de nivel que está en las boquillas e/e’, y la d/d’ es un sensor de nivel alto.

El diagrama de flujo de proceso 3, presenta el sistema de almacenamiento de cloro gas en serie con dos tanques de almacenamiento V-101 y V-102, la bomba de alimentación B-101, y el intercambiador de calor E-101. En este diagrama también se presentan las mismas características, se usó una escala de 1:5, ya que la cantidad de información presentada es aproximadamente la misma que en el diagrama anterior, también se colocó la simbología en la parte inferior izquierda, el cajetín de identificación en la parte inferior derecha, y la identificación de los equipos en la parte superior. Y las líneas de proceso también son de color negro, mientras que las de servicios auxiliares son de color azul. También, se señalan las diferentes boquillas de los tanques de almacenamiento que no están conectadas, para su identificación se usaron letras de la a “a” la “e” para el primer tanque y de la a’ a la e’ para el segundo tanque, las boquillas a/a’ representan un transmisor de presión, la b/b’ una válvula de venteo para seguridad, la c/c’ un sensor de nivel conectado a otro sensor de nivel que está en las boquillas e/e’, y la d/d’ es un sensor de nivel alto.

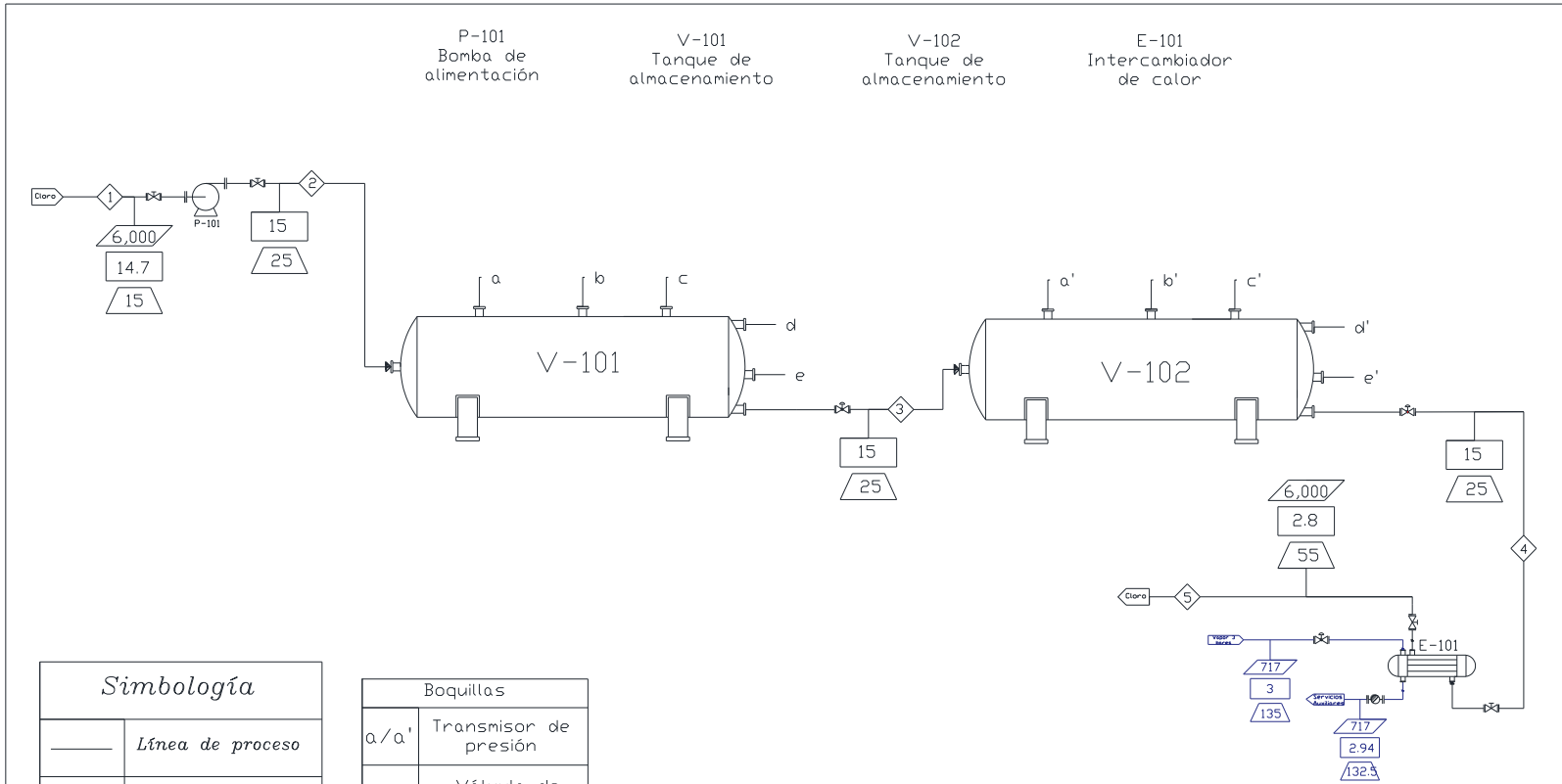




Simbología	
	Línea de proceso
	Servicios auxiliares
	Número de corriente
	Flujo kg/h
	Presión bar
	Temperatura °C

Boquillas	
a/a'	Transmisor de presión
b/b'	Válvula de venteo
c/c'	Sensor de nivel
d/d'	Sensor de nivel alto
e/e'	Sensor de nivel

	Fecha	Nombre	Firma:	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Dibujado	22/07/22	Andrea Castillo Romero		
Aprobado	15/08/22	Dr. Francisco Manuel Pacheco Aguirre		
Sistema de Almacenamiento de Cloro Gas Cl ₂ en paralelo				Plano N° 2
				Escala: 1:5



Simbología	
	Línea de proceso
	Servicios auxiliares
	Número de corriente
	Flujo kg/h
	Presión bar
	Temperatura °C

Boquillas	
a/a'	Transmisor de presión
b/b'	Válvula de venteo
c/c'	Sensor de nivel
d/d'	Sensor de nivel alto
e/e'	Sensor de nivel

	Fecha	Nombre	Firma:
Dibujado	22/07/22	Andrea Castillo Romero	
Aprobado	15/08/22	Dr. Francisco Manuel Pacheco Aguirre	

Benemérita
Universidad Autónoma
de Puebla

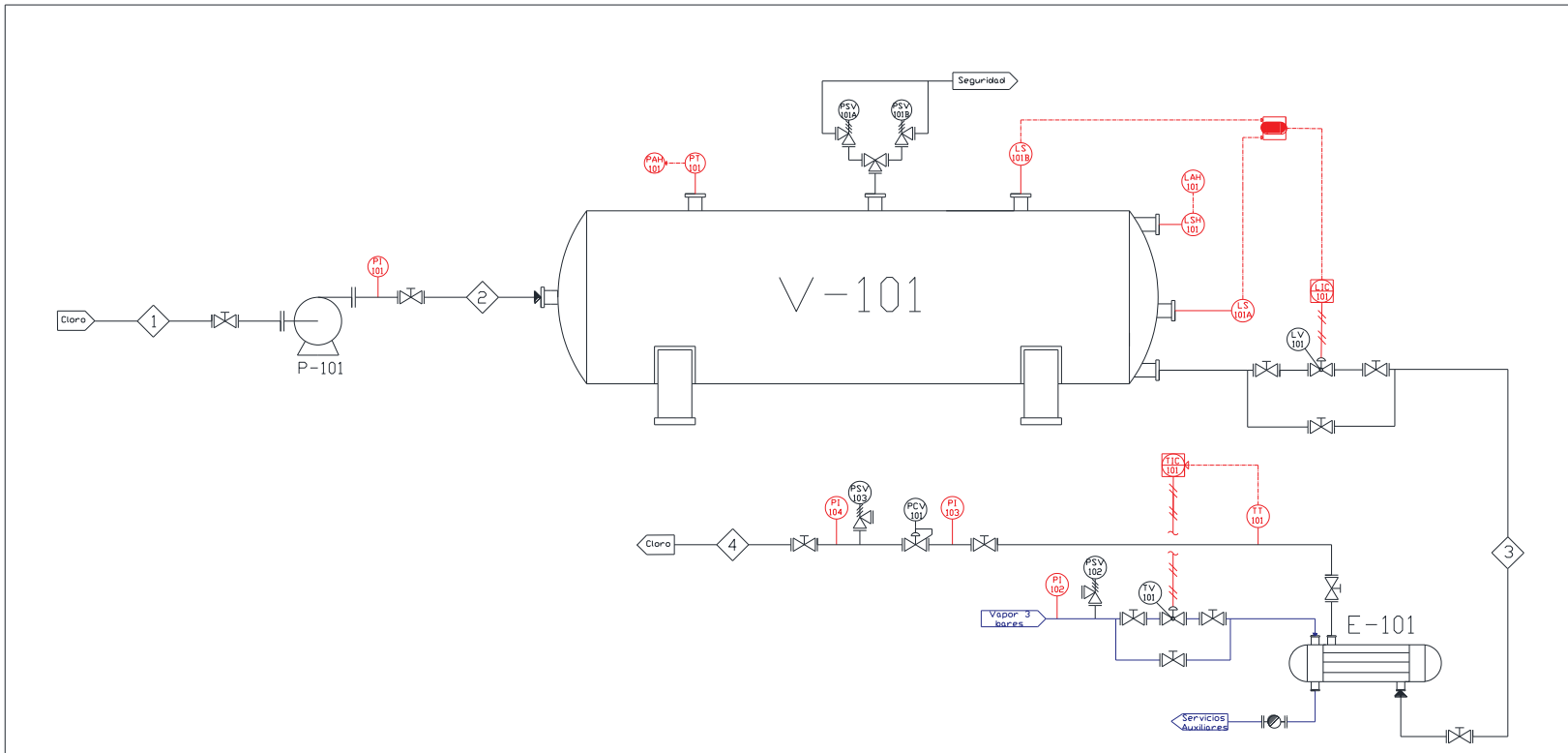
Sistema de Almacenamiento de Cloro
Gas Cl₂ en serie

Plano N° 3
Escala: 1:5

En el diagrama de instrumentación y control 4, se muestra la disposición de un sistema de almacenamiento de cloro gas de un solo tanque conectado a una bomba de alimentación y un intercambiador de calor. En este diagrama se muestra la línea de proceso de color negro, los servicios auxiliares de cloro azul y el sistema de control de color rojo. Cada corriente y operación unitaria cuentan con su sistema de control y sus respectivas válvulas, ya sea manuales o de control, la corriente 1 después de la bomba se muestra un indicador de presión, que sirve para verificar que el cloro se encuentre en la presión adecuada para mantenerse licuado, después se muestra un transmisor de presión en la primera boquilla superior del tanque de almacenamiento que envía la señal a una alarma de presión alta, la siguiente boquilla está ocupada por una válvula de venteo de seguridad, en la boquilla superior que se encuentra en el costado derecho del tanque se encuentra un sensor de nivel que envía señal a una alarma de nivel alto, en la corriente 3 a la salida del tanque se encuentra un arreglo de válvulas de control en el que se presenta un indicador de control de nivel conectado a dos sensores de nivel que se ubican en las dos boquillas restantes del tanque, a la salida del intercambiador de calor se encuentra un transmisor de temperatura en la corriente 4 conectado a un indicador de control de temperatura que se ubica en la corriente de entrada de vapor de agua en el arreglo del válvulas de control que monitorean la temperatura, sobre la misma corriente 4 se encuentran posteriormente un indicador de presión, una válvula de control de presión, una válvula con un sensor de presión y un indicador de presión final, debido a que la válvula a la salida del intercambiador reduce de manera drástica la presión del cloro gas, en la corriente de entrada de vapor de agua del intercambiador de calor primero se encuentra un indicador de presión, posteriormente una válvula con sensor de presión, un arreglo de válvulas de temperatura de donde se conecta el indicador de control de temperatura de la corriente de proceso 4 y a la salida del vapor que agua que conduce a los servicios auxiliares se colocó una trampa de temperatura. En el diagrama además se colocó la simbología utilizada en la parte inferior izquierda y el cajetín de identificación en la parte inferior derecha y se utilizó una escala 1:8 por el tamaño del diagrama respecto de la hoja.

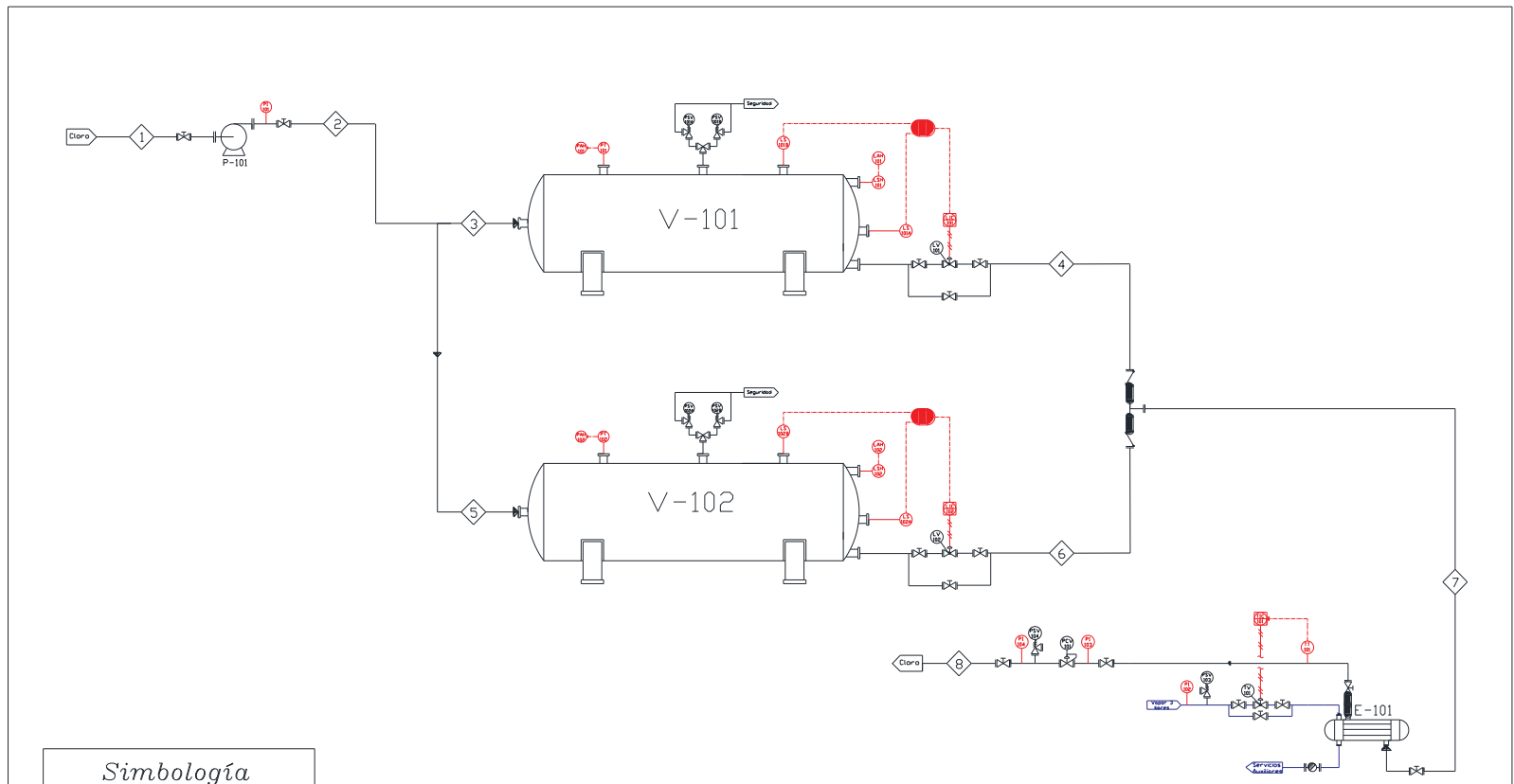
En el diagrama de instrumentación y control 5, se presenta el arreglo para dos tanques de almacenamiento en paralelo con su respectivo sistema de control, en este diagrama se colocó la simbología y el cajetín de identificación en la parte inferior a ambos lados como en el diagrama anterior. Las líneas de proceso también fueron representadas por sus respectivos colores, la línea de proceso principal de color negro, la línea de servicios auxiliares que se encuentra en el intercambiador de calor de color azul y las líneas del sistema de control de color rojo, además, la escala utilizada fue 1:5. El sistema de control utilizado es el mismo que para un solo tanque, a la entrada en la corriente 1 se encuentra un indicador presión, colocado justo después de la bomba de alimentación, los tanque cuentan con el mismo arreglo, un indicador de presión, un sensor de nivel alto, válvulas de venteo de seguridad y un par de sensores de nivel conectados a un arreglo típico de válvulas de control que se encuentra a la salida del tanque con un indicador de control de nivel, el sistema de control del intercambiador se encuentra en la corriente 8 y los servicios auxiliares son exactamente igual que en el arreglo con un solo tanque, ya que las especificaciones del intercambiador no cambian con el aumento de tanques.

En el diagrama de instrumentación y control 6, se presenta el arreglo para dos tanques de almacenamiento en paralelo con su respectivo sistema de control, en este diagrama se colocó la simbología y el cajetín de identificación en la parte inferior a ambos lados como en el diagrama anterior. Las líneas de proceso también fueron representadas por sus respectivos colores, la línea de proceso principal de color negro, la línea de servicios auxiliares que se encuentra en el intercambiador de calor de color azul y las líneas del sistema de control de color rojo, además, la escala utilizada fue 1:5. El sistema de control utilizado es el mismo que para un solo tanque, a la entrada en la corriente 1 se encuentra un indicador presión, colocado justo después de la bomba de alimentación, los tanque cuentan con el mismo arreglo, un indicador de presión, un sensor de nivel alto, válvulas de venteo de seguridad y un par de sensores de nivel conectados a un arreglo típico de válvulas de control que se encuentra a la salida del tanque con un indicador de control de nivel, el sistema de control del intercambiador se encuentra en la corriente 5 y los servicios auxiliares son exactamente igual que en el arreglo con un solo tanque, ya que las especificaciones del intercambiador no cambian con el aumento de tanques.



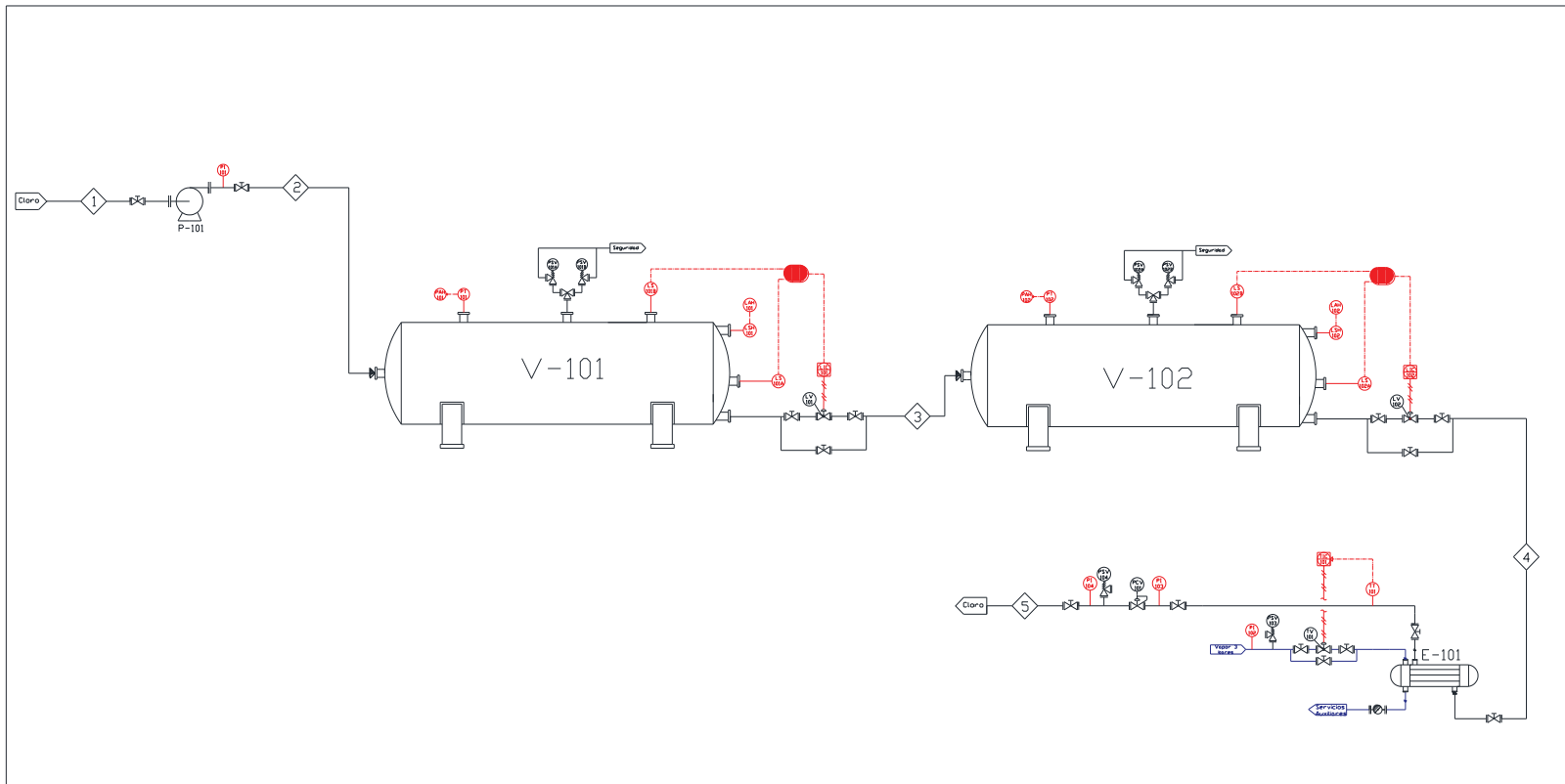
Simbología	
	Línea de proceso
	Servicios auxiliares
	Control
	Número de corriente

	Fecha	Nombre	Firma:	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Dibujado	22/07/22	Andrea Castillo Romero		
Aprobado	15/08/22	Dr. Francisco Manuel Pacheco Aguirre		
Sistema de Almacenamiento de Cloro Gas Cl ₂ con instrumentación y control				Plano N° 4
				Escala: 1:8



Simbología	
	Línea de proceso
	Servicios auxiliares
	Control
	Número de corriente

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	<i>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla</i>
<i>Dibujado</i>	22/07/22	Andrea Castillo Romero		
<i>Aprobado</i>	15/08/22	Dr. Francisco Manuel Pacheco Aguirre		
<i>Sistema de Almacenamiento de Cloro Gas Cl2 con instrumentación y control en paralelo</i>				<i>Plano N° 5</i>
				<i>Escala: 1:5</i>



<i>Simbología</i>	
	<i>Línea de proceso</i>
	<i>Servicios auxiliares</i>
	<i>Control</i>
	<i>Número de corriente</i>

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	<i>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla</i>
<i>Dibujado</i>	22/07/22	Andrea Castillo Romero		
<i>Aprobado</i>	15/08/22	Dr. Francisco Manuel Pacheco Aguirre		
<i>Sistema de Almacenamiento de Cloro Gas Cl2 con instrumentación y control en serie</i>				<i>Plano N° 6</i>
				<i>Escala: 1:5</i>

Simulaciones en estado estacionario.

Tanque de almacenamiento.

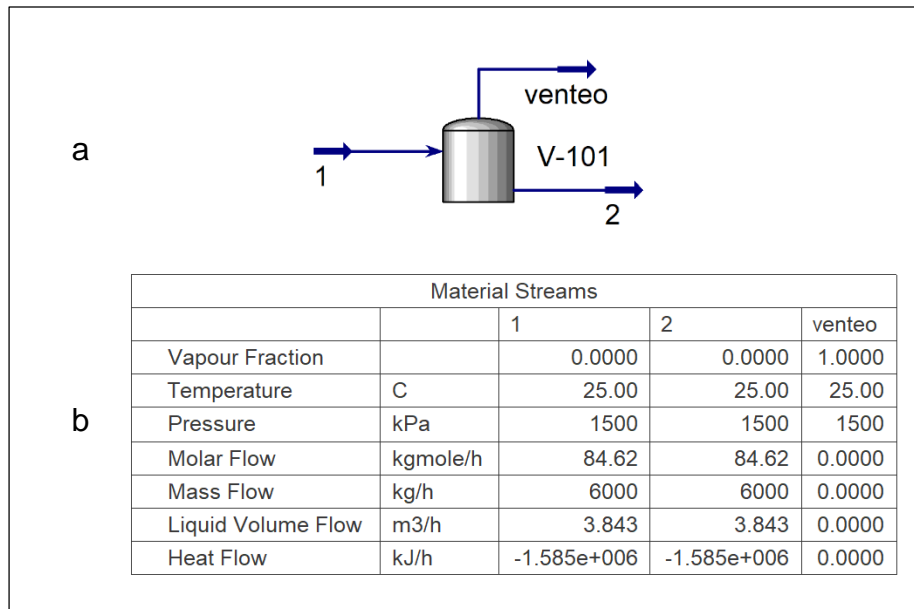


Figura 8. Simulación de un tanque de almacenamiento de cloro gas. (a) Diagrama de Aspen Hysys para un tanque de almacenamiento. (b) Tabla de resultados de la simulación.

En la figura 8 se muestran los resultados obtenidos de la simulación en estado estacionario de un tanque de almacenamiento de cloro gas.

Se utilizó un tanque de almacenamiento de 21 m³, en orientación horizontal seleccionado por heurísticas, en la corriente 1 que es la corriente de entrada las propiedades utilizadas para el cloro son 25°C y 15 bar para mantenerlo licuado, con un flujo de 6000 kg/h y como se puede observar en la corriente 2 las condiciones de operación se mantienen.

Bomba

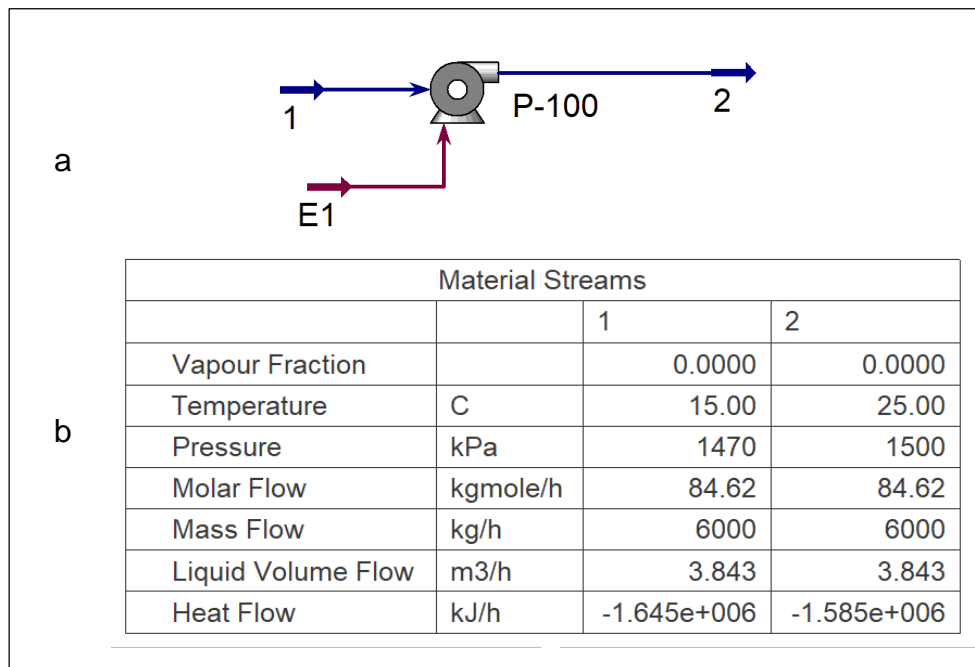


Figura 9. Simulación de un tanque de una bomba que transporta cloro gas. (a) Diagrama de Aspen Hysys para un tanque de una bomba centrífuga. (b) Tabla de resultados de la simulación.

En la Figura 9 se muestran los resultados obtenidos de la simulación en estado estacionario de una bomba que transporta cloro gas. Se utilizó una bomba centrífuga, en la que el cloro entra en la corriente 1 a 15°C, 14.7 bar que mantiene el cloro gas licuado y el mismo flujo que el tanque de almacenamiento 6,000 kg/h. Como se puede observar en la corriente de salida 2 la temperatura aumenta a 25°C y la presión a 15 bar mientras que el flujo e mantiene constante.

Intercambiador de calor.

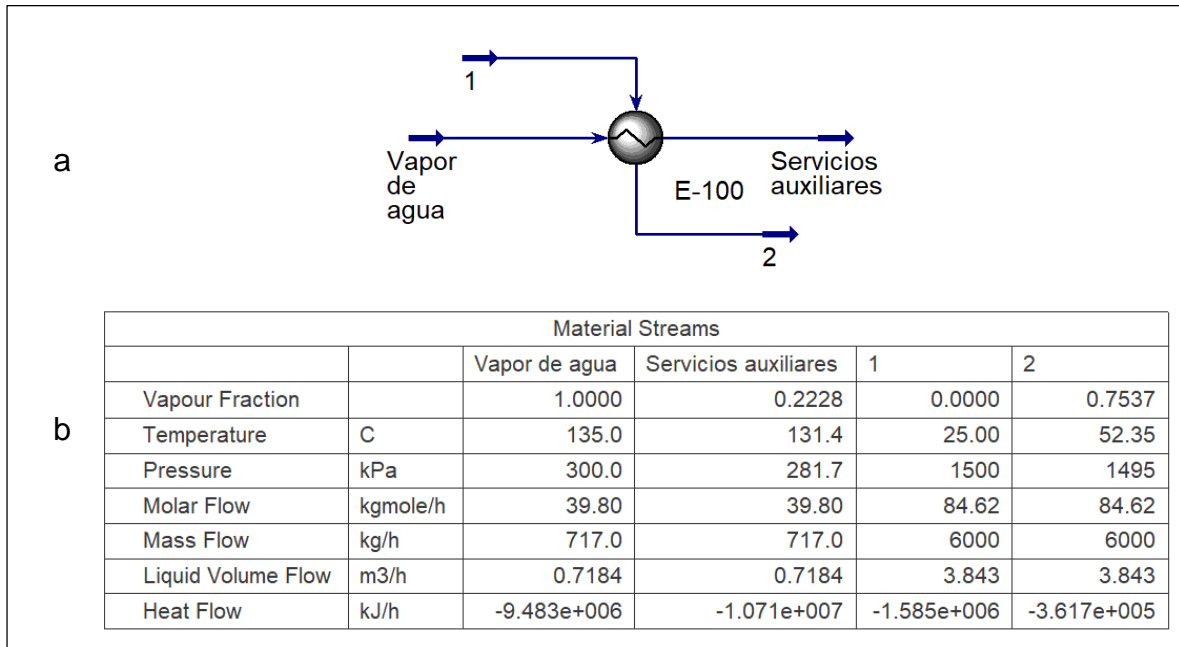


Figura 10. Simulación de un tanque de almacenamiento de cloro gas. (a) Diagrama de Aspen Hysys para un tanque de almacenamiento. (b) Tabla de resultados de la simulación.

En la Figura 10 se detallan los resultados de la simulación en estado estacionario de un intercambiador de calor que tienen por función calentar cloro gas. El intercambiador de calor usado es de tubos y coraza, el cloro gas entra por la coraza debido a su naturaleza corrosiva y entra a 25°C y 15 bar, con un flujo de 6,000 kg/h en la corriente 1, y sale en la corriente 2 con 52.35°C y 14.95 bar propiciado un cambio de estado del cloro, para el aumento de la temperatura se utilizó un coeficiente de transferencia de calor de 60 W/m² °C.

Mientras que para el vapor de agua se utiliza vapor de media a 3bar de presión y temperatura de 135°C, con un flujo de 7171 kg/h, para la salida a los servicios auxiliares hay una caída de presión de 18.3 bar quedando en 2.81 bar y 131.4°C.

Sistema de almacenamiento de cloro gas.

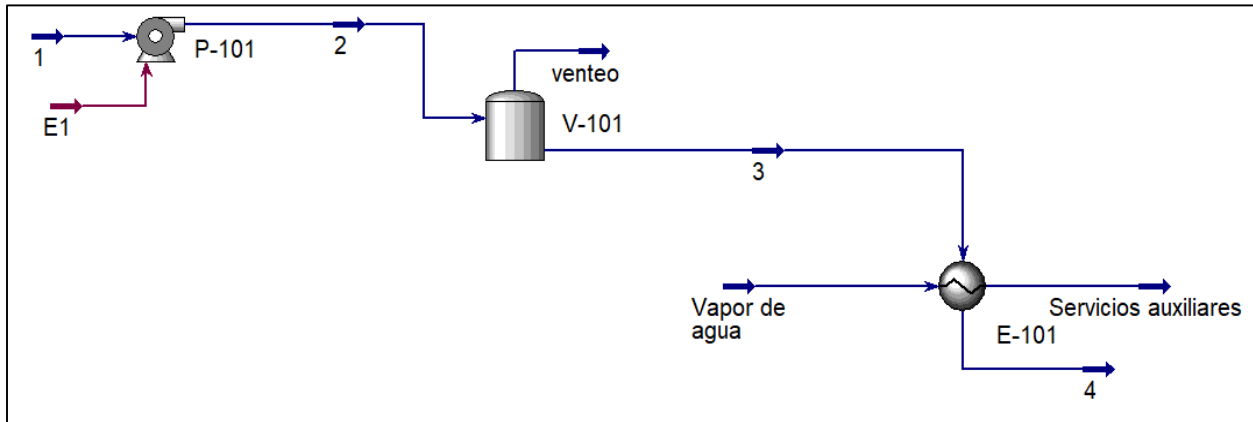


Figura 11. Simulación de un sistema de almacenamiento de cloro gas de un solo tanque.

Tabla 6. Resultados de la simulación en Aspen Hysys de un sistema de almacenamiento de cloro gas de un solo tanque.

		Material Streams							
		3	venteo	1	2	Vapor de agua	Servicios auxiliares	4	
Vapour Fraction		0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.2228	0.7537	
Temperature	C	25.00	25.00	15.00	25.00	135.0	131.4	52.35	
Pressure	kPa	1500	1500	1470	1500	300.0	281.7	1495	
Molar Flow	kgmole/h	84.62	0.0000	84.62	84.62	39.80	39.80	84.62	
Mass Flow	kg/h	6000	0.0000	6000	6000	717.0	717.0	6000	
Liquid Volume Flow	m3/h	3.843	0.0000	3.843	3.843	0.7184	0.7184	3.843	
Heat Flow	kJ/h	-1.585e+006	-0.0000	-1.645e+006	-1.585e+006	-9.483e+006	-1.071e+007	-3.617e+005	

En la Figura 11 se muestra el diagrama del sistema de almacenamiento, mientras que en la Tabla 6 se muestran los resultados de la simulación. El sistema de almacenamiento de cloro gas se compone de una bomba, un tanque de almacenamiento y un intercambiador de calor, al proceso de se alimentan 6,000 kg/h, la corriente 1 entra el cloro gas a la bomba a 15°C y 14.7 bar, para salir en la corriente 2 a 25°C y 15 bar, estas condiciones se mantienen en la corriente 3 que es la salida del tanque de almacenamiento y en la corriente 4 la temperatura aumenta a 52.35°C y la presión disminuyó a 14.95 bar. Además, se muestra la corriente de vapor de agua perteneciente al intercambiador de calor que posee un flujo de 717 kg/h, una temperatura de entrada de 135°C y una presión de 3 bar, y una temperatura de salida de 131.4°C y una presión de 2.61 bar.

Sistema de almacenamiento de cloro gas en paralelo.

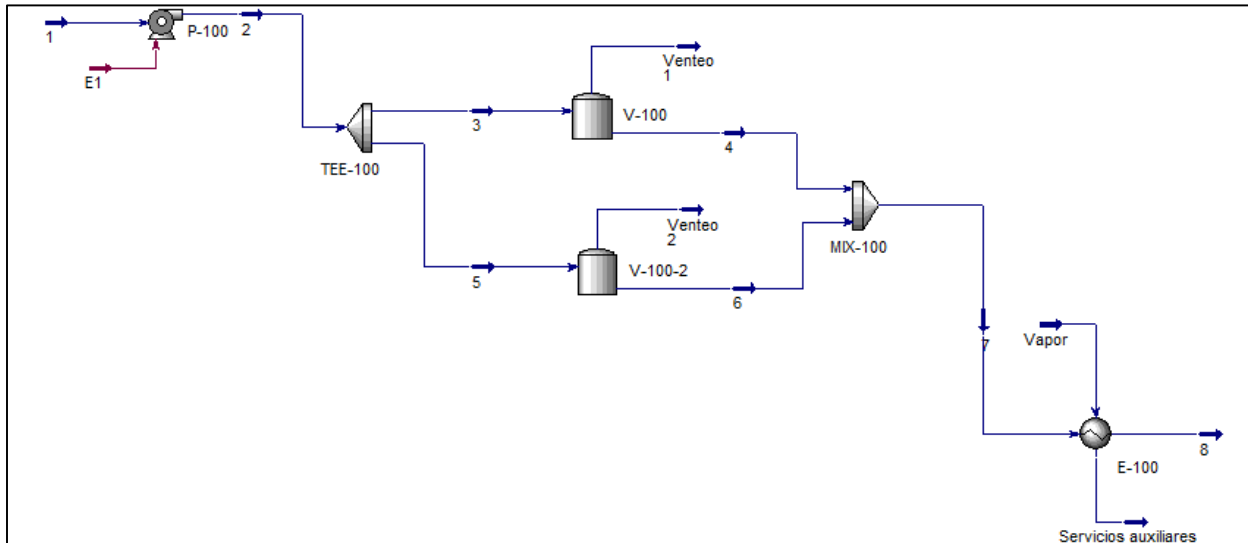


Figura 12. Simulación de un sistema de almacenamiento de cloro gas en paralelo.

Tabla 7. Resultados de la simulación de un sistema de almacenamiento en paralelo.

Material Streams							
		1	2	3	5	Venteo 1	4
Vapour Fraction		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
Temperature	C	15.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Pressure	kPa	1470	1500	1500	1500	1500	1500
Molar Flow	kgmole/h	84.62	84.62	42.31	42.31	0.0000	42.31
Mass Flow	kg/h	6000	6000	3000	3000	0.0000	3000
Liquid Volume Flow	m3/h	3.843	3.843	1.921	1.921	0.0000	1.921
Heat Flow	kJ/h	-1.645e+006	-1.585e+006	-7.924e+005	-7.924e+005	0.0000	-7.924e+005
		6	Venteo 2	7	8	Vapor	Servicios auxiliares
Vapour Fraction		0.0000	1.0000	0.0000	0.1472	1.0000	0.7612
Temperature	C	25.00	25.00	25.00	51.97	135.0	132.9
Pressure	kPa	1500	1500	1500	1482	300.0	294.5
Molar Flow	kgmole/h	42.31	0.0000	84.62	84.62	39.80	39.80
Mass Flow	kg/h	3000	0.0000	6000	6000	717.0	717.0
Liquid Volume Flow	m3/h	1.921	0.0000	3.843	3.843	0.7184	0.7184
Heat Flow	kJ/h	-7.924e+005	0.0000	-1.585e+006	-1.208e+006	-9.483e+006	-9.859e+006

El sistema de almacenamiento de cloro se simuló en estado estacionario a partir de condiciones de entrada ya establecidas se muestra en la Figura 12, un flujo de 6,000 kg/h, una temperatura de 15°C y una presión de 14.7 bar en la corriente 1, en la corriente

2 la temperatura aumenta a 25°C y la presión a 15 bar, después se colocó un divisor que manda el flujo a los dos tanques al mismo tiempo, por lo que cada tanque tiene un flujo de 3,000 kg/h, las condiciones de operación en los tanques se mantienen constantes y en la salida se coloca un mezclador que une el flujo de ambos tanques volviendo así al flujo original, por último en la corriente 8 la temperatura aumenta a 51.97°C propiciado de esta manera un cambio de estado del cloro. También, se encuentra la corriente de vapor de agua bajo las mismas condiciones que en la simulación anterior. Los resultados se muestran en la Tabla 7.

Sistema de almacenamiento de cloro gas en serie.

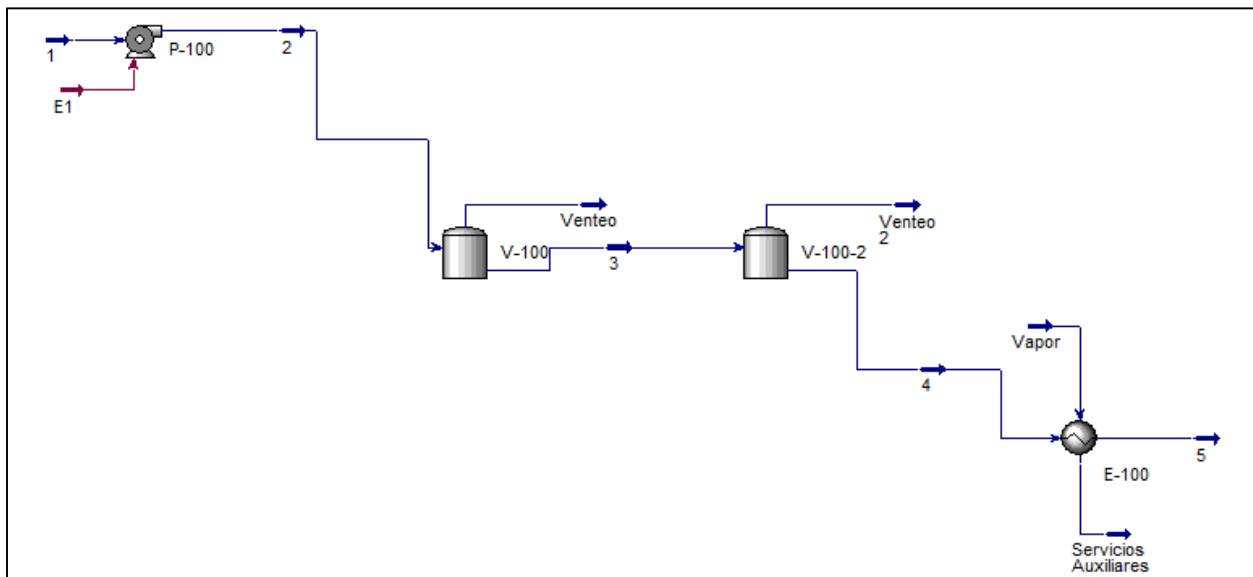


Figura 13. Simulación de un sistema de almacenamiento de cloro gas en serie.

Tabla 8. Resultados de la simulación de un sistema de almacenamiento de cloro gas en serie.

Material Streams						
		1	2	Venteo	3	Venteo 2
Vapour Fraction		0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000
Temperature	C	15.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Pressure	kPa	1470	1500	1500	1500	1500
Molar Flow	kgmole/h	84.62	84.62	0.0000	84.62	0.0000
Mass Flow	kg/h	6000	6000	0.0000	6000	0.0000
Liquid Volume Flow	m3/h	3.843	3.843	0.0000	3.843	0.0000
Heat Flow	kJ/h	-1.645e+006	-1.585e+006	0.0000	-1.585e+006	0.0000
		4	5	Servicios Auxiliares	Vapor	
Vapour Fraction		0.0000	0.7633	0.2121	1.0000	
Temperature	C	25.00	51.97	132.9	135.0	
Pressure	kPa	1500	1482	294.5	300.0	
Molar Flow	kgmole/h	84.62	84.62	39.80	39.80	
Mass Flow	kg/h	6000	6000	717.0	717.0	
Liquid Volume Flow	m3/h	3.843	3.843	0.7184	0.7184	
Heat Flow	kJ/h	-1.585e+006	-3.492e+005	-1.072e+007	-9.483e+006	

La simulación del proceso de almacenamiento en serie detallado en la Figura 13 se realiza bajo las mismas condiciones de operación en las operaciones unitarias, se utilizó un flujo de 6,000 kg/h, en la corriente 1 la temperatura de entrada es de 15°C y la presión de 14.7 bar, a la salida de la bomba en la corriente 2 la temperatura aumenta a 25°C y la presión a 15 bar, estas condiciones se mantienen constantes hasta la salida de ambos tanques en la corriente 4, y para la corriente de salida del intercambiador de calor la temperatura aumenta a 51.97°C y la presión disminuye a 14.82 bar. Asimismo, se muestra la corriente de vapor de agua de entrada y salida, que se detallan en la Tabla 8.

Sistema de almacenamiento de cloro de grupo Grall.

El sistema de almacenamiento de Grupo Grall se realizó como referencia de las condiciones de operación del cloro y el vapor de agua, además de algunos datos de diseño de las operaciones unitarias utilizadas. Se reprodujeron los 12 tanques de almacenamiento que utilizan, en la misma disposición y con las mismas conexiones.

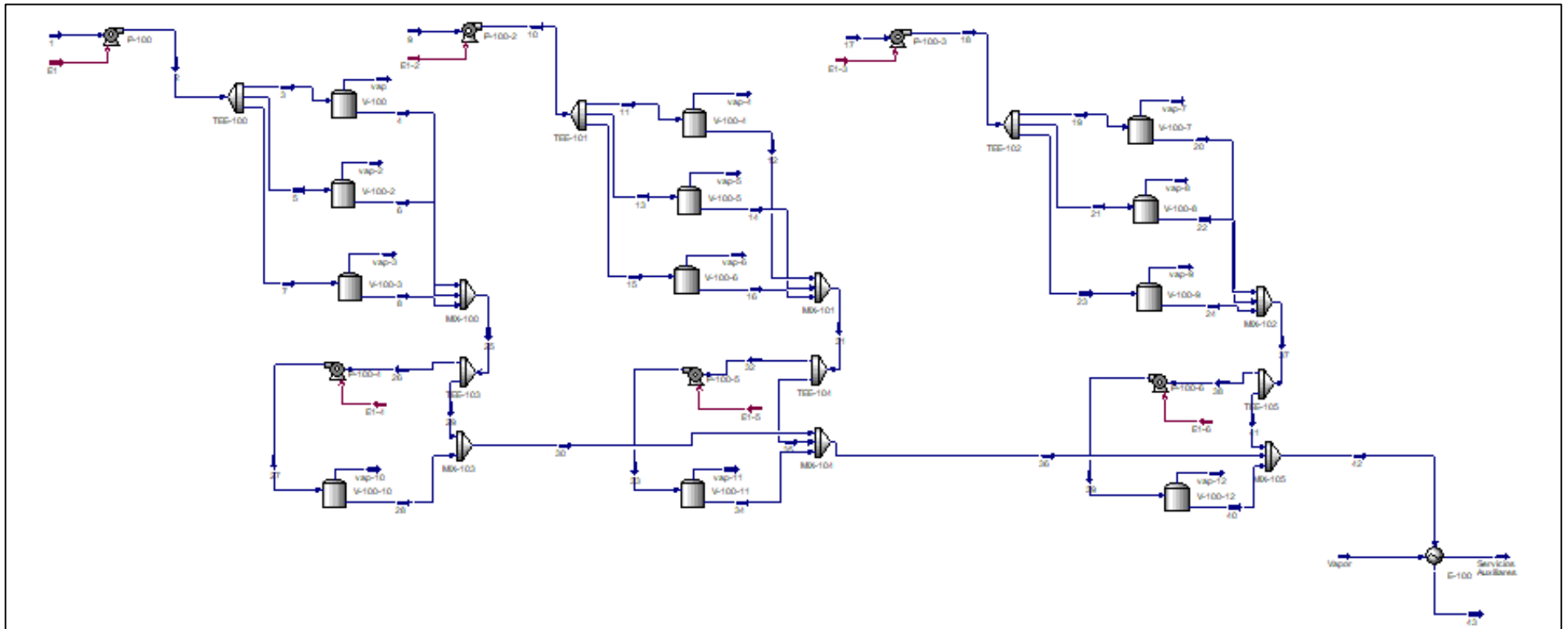


Figura 14. Simulación del sistema de almacenamiento de cloro gas de Grupo Grall.

Tabla 9. Resultados de la simulación en estado estacionario del sistema de almacenamiento del Grupo Grall.

Material Streams												
	1	2	9	10	17	18	25	29	30	31		
Vapour Fraction	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Temperature C	15.00	25.00	15.00	25.00	15.00	25.00	25.00	25.00	25.00	26.01	25.00	
Pressure kPa	1470	1500	1470	1500	1470	1500	1500	1500	1500	1500	1500	
Molar Flow kgmole/h	84.62	84.62	84.62	84.62	84.62	84.62	84.62	84.62	-2510	84.62	84.62	
Mass Flow kg/h	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	-1.780e+005	6000	6000	
Liquid Volume Flow m ³ /h	3.843	3.843	3.843	3.843	3.843	3.843	3.843	3.843	-114.0	3.843	3.843	
Heat Flow kJ/h	-1.645e+006	-1.585e+006	-1.645e+006	-1.585e+006	-1.645e+006	-1.585e+006	-1.585e+006	-1.585e+006	4.700e+007	-1.579e+006	-1.585e+006	
	35	36	37	41	42	43	Vapor	Servicios Auxiliares	vap	3		
Vapour Fraction	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1710	1.0000	0.2267	1.0000	0.0000		
Temperature C	25.00	26.01	25.00	25.00	26.01	52.35	135.0	131.4	281.7	1500		
Pressure kPa	1500	1500	1500	1500	1500	1495	300.0	281.7	1500	1500		
Molar Flow kgmole/h	-2510	169.2	84.62	-2510	253.9	253.9	39.80	39.80	0.0000	26.18		
Mass Flow kg/h	-1.780e+005	1.200e+004	6000	-1.780e+005	1.800e+004	1.800e+004	717.0	717.0	0.0000	1998		
Liquid Volume Flow m ³ /h	-114.0	7.686	3.843	-114.0	11.53	11.53	0.7184	0.7184	0.0000	1.280		
Heat Flow kJ/h	4.700e+007	-3.157e+006	-1.585e+006	4.700e+007	-4.736e+006	-3.519e+006	-9.483e+006	-1.070e+007	0.0000	-5.277e+005		
	4	vap-2	5	6	vap-3	7	8	vap-4	11	12		
Vapour Fraction	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000		
Temperature C	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00		
Pressure kPa	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500		
Molar Flow kgmole/h	28.18	0.0000	28.18	28.18	0.0000	28.26	28.26	0.0000	28.18	28.18		
Mass Flow kg/h	1998	0.0000	1998	1998	0.0000	2004	2004	0.0000	1998	1998		
Liquid Volume Flow m ³ /h	1.280	0.0000	1.280	1.280	0.0000	1.284	1.284	0.0000	1.280	1.280		
Heat Flow kJ/h	-5.277e+005	0.0000	-5.277e+005	-5.277e+005	0.0000	-5.293e+005	-5.293e+005	0.0000	0.0000	-5.277e+005		
	vap-5	13	14	vap-6	15	16	vap-7	19	20	vap-8		
Vapour Fraction	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000		
Temperature C	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00		
Pressure kPa	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500		
Molar Flow kgmole/h	0.0000	28.18	28.18	0.0000	28.26	28.26	0.0000	28.18	28.18	0.0000		
Mass Flow kg/h	0.0000	1998	1998	0.0000	2004	2004	0.0000	1998	1998	0.0000		
Liquid Volume Flow m ³ /h	0.0000	1.280	1.280	0.0000	1.284	1.284	0.0000	1.280	1.280	0.0000		
Heat Flow kJ/h	0.0000	-5.277e+005	-5.277e+005	0.0000	-5.293e+005	-5.293e+005	0.0000	-5.277e+005	-5.277e+005	0.0000		
	21	22	vap-9	23	24	26	32	38	vap-10	27		
Vapour Fraction	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000		
Temperature C	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	25.03	25.03		
Pressure kPa	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1531	1531		
Molar Flow kgmole/h	28.18	28.18	0.0000	28.26	28.26	2595	2595	2595	0.0000	2595		
Mass Flow kg/h	1998	1998	0.0000	2004	2004	1.840e+005	1.840e+005	1.840e+005	0.0000	1.840e+005		
Liquid Volume Flow m ³ /h	1.280	1.280	0.0000	1.284	1.284	117.8	117.8	117.8	0.0000	117.8		
Heat Flow kJ/h	-5.277e+005	-5.277e+005	0.0000	-5.293e+005	-5.293e+005	-4.859e+007	-4.859e+007	-4.859e+007	0.0000	-4.859e+007		
	28	vap-11	33	34	vap-12	39	40					
Vapour Fraction	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000					
Temperature C	25.03	25.03	25.03	25.03	25.03	25.03	25.03					
Pressure kPa	1531	1531	1531	1531	1531	1531	1531					
Molar Flow kgmole/h	2595	0.0000	2595	2595	0.0000	2595	2595					
Mass Flow kg/h	1.840e+005	0.0000	1.840e+005	1.840e+005	0.0000	1.840e+005	1.840e+005					
Liquid Volume Flow m ³ /h	117.8	0.0000	117.8	117.8	0.0000	117.8	117.8					
Heat Flow kJ/h	-4.859e+007	0.0000	-4.859e+007	-4.859e+007	0.0000	-4.859e+007	-4.859e+007					

Simulación del proceso de almacenamiento de cloro gas en estado dinámico.

La simulación dinámica se realizó para todo el proceso de almacenamiento, pero no para el sistema establecido por el Grupo Grall, esto debido a que la simulación es demasiado grande para correr en el simulador. A continuación, se presentan los resultados.

Tanque de almacenamiento.

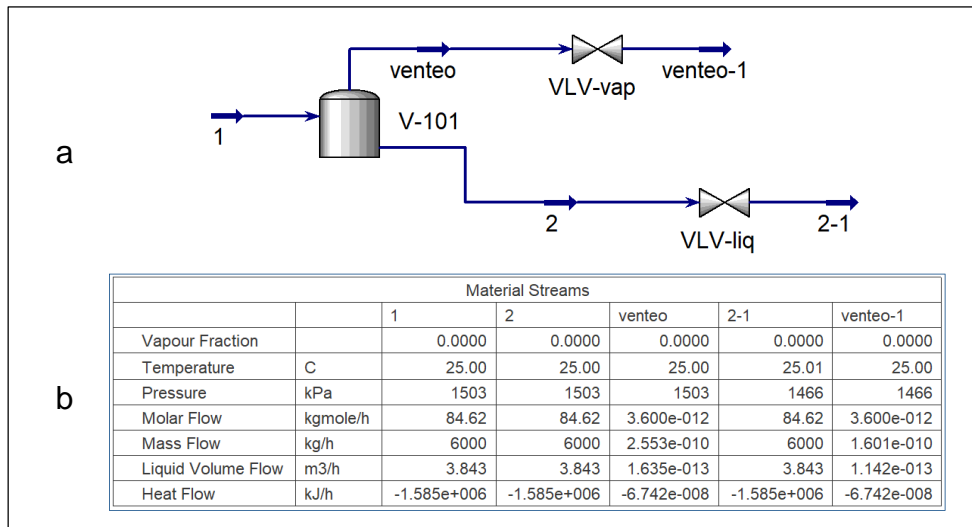


Figura 15. Simulación de un tanque de almacenamiento de cloro gas en estado dinámico. (a) Diagrama de Aspen Hysys para un tanque de almacenamiento. (b) Tabla de resultados de la simulación.

El diagrama de la simulación del tanque de almacenamiento se observa en la Figura 15a, mientras que los resultados se observan en la tabla de la Figura 15b. La simulación se llevó a cabo bajo las mismas condiciones de entrada del cloro al tanque de almacenamiento, y a partir de esta información se observó que las principales variaciones se dieron en el flujo a través del tanque, sobre todo, aumentando el flujo considerablemente a pesar de que el tanque de almacenamiento es más pequeño, otra de las propiedades que se vieron afectadas por la simulación dinámica fue la presión que disminuyó notablemente, aunque no provocó grandes cambios.

Bomba

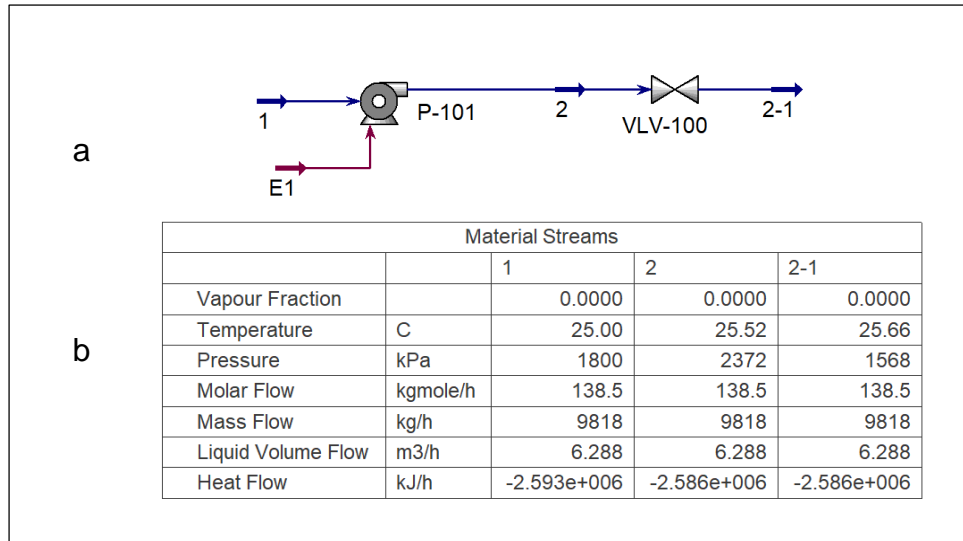


Figura 16. Simulación en estado dinámico de una bomba por la que pasa cloro gas. (a) Diagrama de Aspen Hysys para una bomba. (b) Tabla de resultados de la simulación.

El diagrama y la tabla de resultados de la simulación de la bomba de alimentación en estado dinámico se presentan en la Figura 16 a y b respectivamente. La simulación dinámica para la bomba sola también presento cambios considerables en el flujo, aumentándolo hasta 9,000 kg/h, mientras que en la presión hay un aumento drástico al salir de la bomba y una disminución al salir de la válvula que regula la presión para que llegue en el valor correcto al entrar al tanque de almacenamiento, el caso de la temperatura los cambios son poco notorios, ya que el aumento no llega a un grado centígrado.

Intercambiador de calor

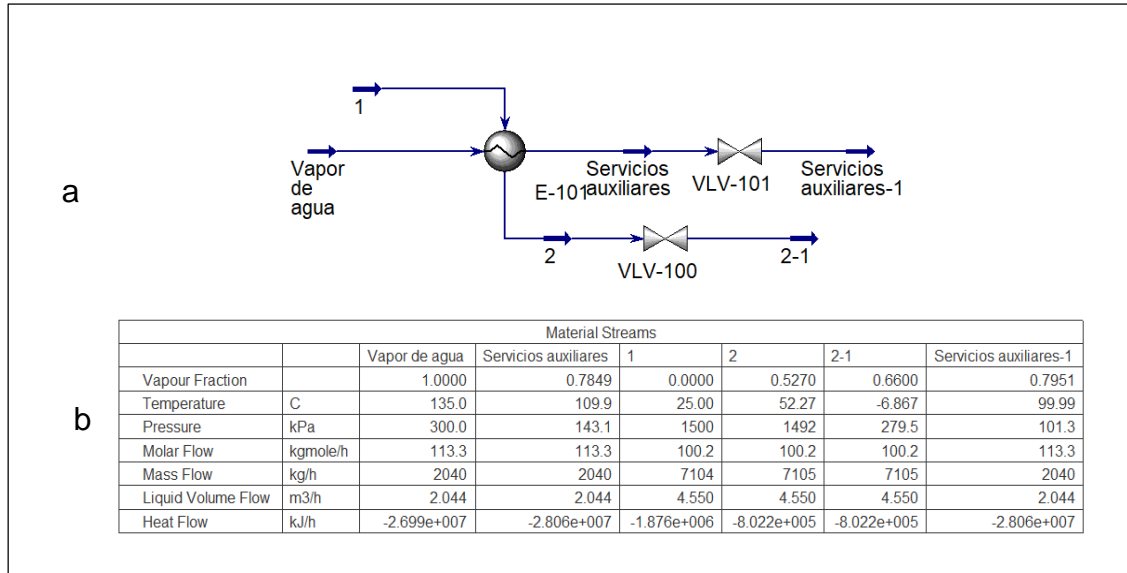


Figura 17. Simulación en estado dinámico de un intercambiador de calor por el que pasa cloro gas. (a) Diagrama de Aspen Hysys para el intercambiador de calor. (b) Tabla de resultados de la simulación.

En la Figura 17 incisos a y b respectivamente se observan los el diagrama y los resultados de la simulación en estado dinámico del intercambiador de calor utilizado para el sistema de almacenamiento. El intercambiador de calor tiene una función muy importante que es generar el cambio de estado del cloro, los cambios más notorios se dieron en el flujo que aumento siendo el aumento coherente con el aumento de las otras operaciones unitarias separadas, además también aumento el flujo del vapor de agua duplicándolo, la presión que es otro factor importante disminuyo lo suficiente para garantizar el cambio de estado, mientras que la temperatura aumento casi a los 55°C y más del 60% del cloro licuado cambio a cloro gas después de la válvula reductora.

Sistema de almacenamiento de cloro gas

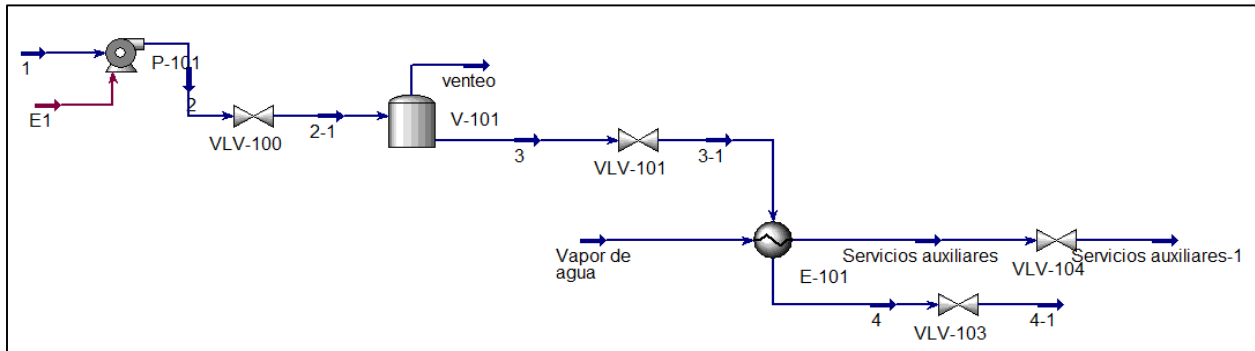


Figura 18. Simulación de un sistema de almacenamiento de cloro gas con un solo tanque, en estado dinámico.

Tabla 10. Resultados de la simulación dinámica del sistema de almacenamiento de cloro gas.

Material Streams							
		venteo	1	Vapor de agua	Servicios auxiliares	4	2
Vapour Fraction		0.0000	0.0000	1.0000	0.1694	0.6984	0.0000
Temperature	C	25.35	25.00	135.0	131.4	52.31	25.30
Pressure	kPa	1500	1470	300.0	281.1	1493	1801
Molar Flow	kgmole/h	148.6	238.9	37.23	37.78	90.68	238.9
Mass Flow	kg/h	1.054e+004	1.694e+004	670.8	680.5	6430	1.694e+004
Liquid Volume Flow	m3/h	6.748	10.85	0.6721	0.6819	4.118	10.85
Heat Flow	kJ/h	-2.892e+006	-4.474e+006	-8.552e+006	-9.583e+006	-4.350e+005	-4.468e+006
		2-1	3	3-1	Servicios auxiliares-1	4-1	
Vapour Fraction		0.0000	0.0000	0.0000	0.1712	0.6986	
Temperature	C	25.35	25.35	25.35	131.4	52.31	
Pressure	kPa	1500	1500	1500	281.5	1493	
Molar Flow	kgmole/h	238.9	90.29	90.29	37.78	90.68	
Mass Flow	kg/h	1.694e+004	6402	6402	680.5	6430	
Liquid Volume Flow	m3/h	10.85	4.101	4.101	0.6819	4.118	
Heat Flow	kJ/h	-4.468e+006	-1.576e+006	-1.576e+006	-9.581e+006	-4.347e+005	

El diagrama de la simulación se presenta en la Figura 18. Los resultados para el sistema de almacenamiento de cloro gas con un solo tanque se muestran en la Tabla 10, donde se observa que hay cambios en el flujo en todas las etapas del proceso, el cambio se presenta desde la entrada del cloro licuado a la bomba hasta la válvula reductora, los principales cambios en la presión se notan a la salida de la bomba y la salida de la válvula reductora, mientras que los de temperatura se dan en el intercambiador de calor lo que

produce el cambio de estado llegando a 0.69 de fracción vapor, pasando de cloro licuado a cloro gas a una temperatura de 52.31°C.

Sistema de almacenamiento en paralelo

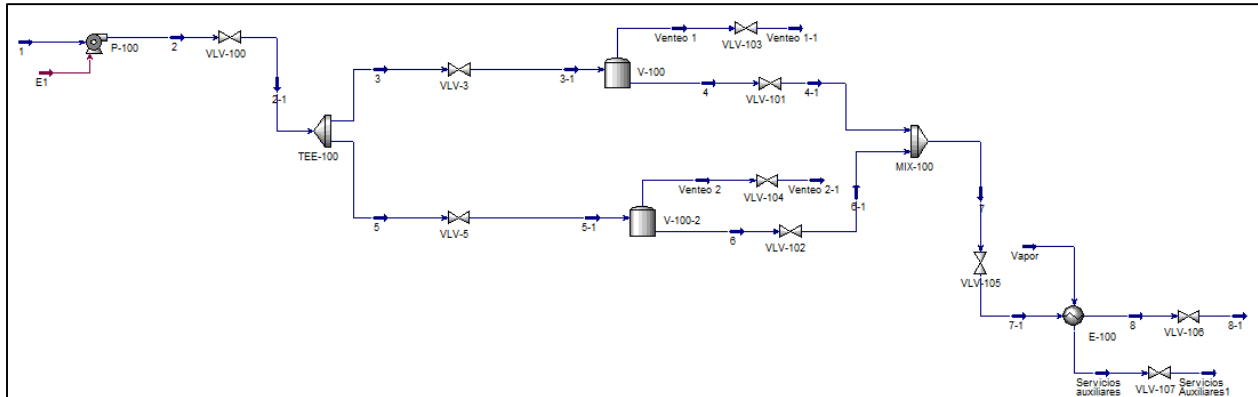


Figura 19. Simulación dinámica de un sistema de almacenamiento de cloro gas en paralelo.

Tabla 11. Resultados de la simulación dinámica del sistema de almacenamiento en paralelo.

Material Streams													
	3	5	1	2	2-1	Venteeo 1	4	3-1	4-1	Venteeo 1-1	6		
Vapour Fraction		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4366	0.0000	
Temperature	C	16.22	16.22	15.00	16.22	16.22	16.22	16.22	16.22	16.37	-140.4	16.22	
Pressure	kPa	2907	2907	1470	2907	2907	2891	2891	2891	2286	1.000e-002	2891	
Molar Flow	kgmole/h	28.09	28.11	56.20	56.20	56.20	3.600e-012	28.09	28.09	28.09	3.600e-012	28.11	
Mass Flow	kg/h	1991	1993	3985	3985	3985	2.553e-010	1991	1991	1991	2.553e-010	1993	
Liquid Volume Flow	m3/h	1.275	1.277	2.552	2.552	2.552	1.635e-013	1.275	1.275	1.275	1.635e-013	1.277	
Heat Flow	kJ/h	-5.428e+005	-5.433e+005	-1.092e+006	-1.086e+006	-1.086e+006	-6.957e-008	-5.428e+005	-5.428e+005	-5.428e+005	-6.790e-008	-5.433e+005	
		Venteeo 2	5-1	6-1	Venteeo 2-1	7	8	Vapor	Servicios auxiliares	7-1	Servicios Auxiliares1	8-1	
Vapour Fraction		0.0000	0.0000	0.0000	0.2197	0.0000	0.2673	1.0000	0.7319	0.0000	0.7676	0.4870	
Temperature	C	16.22	16.22	16.37	-140.4	16.37	51.35	135.0	132.9	16.56	99.99	-26.71	
Pressure	kPa	2891	2891	2286	1.000e-002	2286	1460	300.0	294.1	1469	101.3	131.0	
Molar Flow	kgmole/h	3.600e-012	28.11	28.11	3.600e-012	56.20	56.20	37.02	37.02	56.20	37.02	56.20	
Mass Flow	kg/h	2.553e-010	1993	1993	2.553e-010	3985	3985	666.8	666.8	3985	666.8	3985	
Liquid Volume Flow	m3/h	1.635e-013	1.277	1.277	1.635e-013	2.552	2.552	0.6682	0.6682	2.552	0.6682	2.552	
Heat Flow	kJ/h	-6.957e-008	-5.433e+005	-5.433e+005	-8.659e-008	-1.086e+006	-6.933e+005	-8.819e+006	-9.212e+006	-1.086e+006	-9.212e+006	-6.933e+005	

El diagrama de la simulación dinámica del sistema de almacenamiento en paralelo se muestra en la Figura 19. Los resultados de la simulación dinámica para el sistema de almacenamiento presentados en la Tabla 11 muestran cambios principalmente en el flujo, presión y temperatura. El flujo disminuyó casi a la mitad del flujo que inicialmente se definió, lo que resulta bastante coherente considerando que la capacidad del tanque de almacenamiento se redujo a la mitad, esta disminución se mantuvo hasta la salida del cloro después de la válvula reductora oscilando entre los 1700 y los 3500 kg/h, la presión

aumento hasta los 2000 kPa hasta la corriente 7 y después disminuyo para el cambio de estado y la temperatura se mantuvo entre los 15 y 16°C para aumentar en el intercambiador de calor y volver a disminuir después de la válvula, alcanzando una fracción de vapor de 0.48 que en realidad es muy bajo para lo esperado.

Sistema de almacenamiento en serie

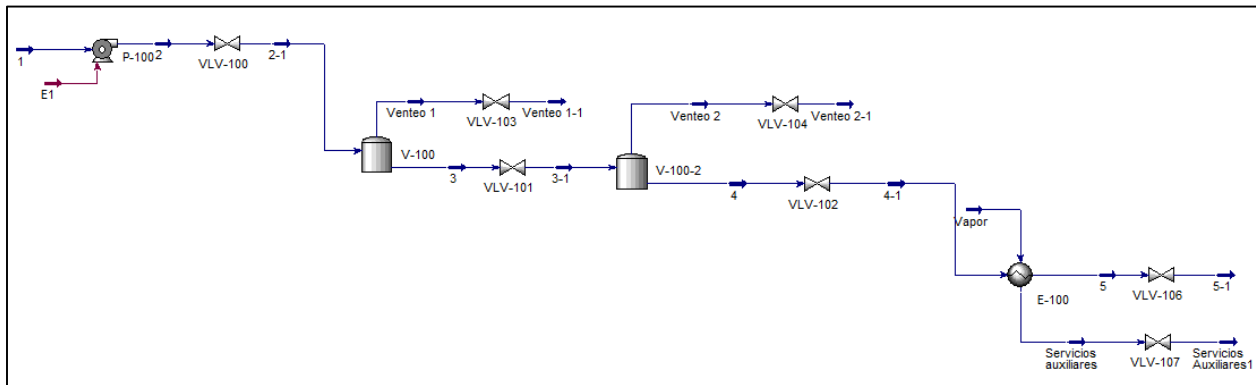


Figura 20. Simulación dinámica de un sistema de almacenamiento de cloro gas en serie.

Tabla 12. Resultados de la simulación dinámica del sistema de almacenamiento en serie.

		Material Streams									
		1	2	2-1	Venteeo 1	3	3-1	Venteeo 1-1	4		
Vapour Fraction		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4366	0.0000	
Temperature	C	15.00	16.79	16.79	16.79	16.79	17.07	-140.4	17.07		
Pressure	kPa	1470	3585	3585	3585	3585	2466	1.000e-002	2466		
Molar Flow	kgmole/h	38.19	38.19	38.19	3.600e-012	38.19	38.19	3.600e-012	38.19		
Mass Flow	kg/h	2708	2708	2708	2.553e-010	2708	2708	2.553e-010	2708		
Liquid Volume Flow	m3/h	1.734	1.734	1.734	1.635e-013	1.734	1.734	1.635e-013	1.734		
Heat Flow	kJ/h	-7.423e+005	-7.361e+005	-7.361e+005	-6.939e-008	-7.361e+005	-7.361e+005	-6.790e-008	-7.361e+005		
		Venteeo 2	4-1	Venteeo 2-1	5	Vapor	Servicios auxiliares	Servicios Auxiliares1	5-1		
Vapour Fraction		0.0000	0.0000	0.2197	0.4902	1.0000	0.7284	0.7643	0.6595		
Temperature	C	17.07	17.33	-140.4	47.77	135.0	132.9	99.99	-26.71		
Pressure	kPa	2466	1347	1.000e-002	1343	300.0	294.0	101.3	131.0		
Molar Flow	kgmole/h	3.600e-012	38.19	3.600e-012	38.19	37.16	37.16	37.16	38.19		
Mass Flow	kg/h	2.553e-010	2708	2.553e-010	2708	669.4	669.4	669.4	2708		
Liquid Volume Flow	m3/h	1.635e-013	1.734	1.635e-013	1.734	0.6708	0.6708	0.6708	1.734		
Heat Flow	kJ/h	-6.939e-008	-7.361e+005	-8.659e-008	-3.367e+005	-8.854e+006	-9.253e+006	-9.253e+006	-3.367e+005		

El diagrama de la simulación dinámica se detalla en la Figura 20. En el caso del sistema de almacenamiento en serie muestra se reportan los resultados en la Tabla 12 en donde se observan cambios considerables en el flujo, la presión y la temperatura, en este caso el flujo también se redujo a la mitad por lo que resulta coherente que en ambos casos

sucedan bajo la condición de la reducción de la capacidad del tanque de almacenamiento, la presión aumenta a más del doble en la mayoría de las corrientes, para disminuir a la salida del proceso, y la temperatura se mantuvo entre los 14 y los 17°C hasta llegar al intercambiador de calor donde aumentó hasta 47°C y volver a disminuir después de la válvula reductora, en donde se logra una fracción vapor de 0.65, que como se puede observar es mucho mejor que en el caso del sistema en paralelo.

Conclusiones

Luego de realizar la selección de operaciones unitarias que componen el sistema de almacenamiento de cloro gas, los diagramas de flujo de proceso (DFP) y los diagramas de instrumentación y control (DTI), se llegó a la conclusión de que el proceso funciona correctamente con dos tanques de almacenamiento conectados tanto en serie como en paralelo, y que el sistema de control utilizado es suficiente para mantener el proceso seguro y eficiente, lo que se visualiza mejor a partir de la representación gráfica del sistema de almacenamiento.

A partir de los resultados obtenidos mediante la simulación en comparación con otros diseños del proceso realizados y sus condiciones de operación, se puede concluir que este trabajo sirve como referencia para realizar un sistema de almacenamiento de cloro gas de manera práctica, ya sea como una réplica e incluso añadiendo modificaciones en cuanto al número de tanques y el flujo requerido, esto debido a que el diseño del sistema se realizó para partir de un tanque de almacenamiento y es funcional incluso hasta 12 tanques, y dependiendo del tamaño de los tanques el flujo puede aumentar o disminuir de manera proporcional con los tanques sin afectar su funcionamiento.

De manera paralela se realizó la simulación en estado dinámico que sirvió para mostrar los cambios más importantes en cuanto al flujo, la presión y la temperatura, y de esta manera tener un control mayor respecto del comportamiento del cloro en cada etapa del proceso. Todos estos resultados mostrados con anterioridad advierten la importancia del almacenamiento del cloro gas, como parte de un proceso de producción, y no solo por la relevancia de este compuesto en la industria como producto, o como precursor químico.

A partir de esta información se demostró que se puede realizar una reproducción de este sistema, además, en estado estacionario pueden añadirse hasta 12 tanques de almacenamiento de capacidad que vaya desde los 3.8m^3 a los 38m^3 , manteniendo las condiciones de presión y temperatura. A pesar de los resultados favorables en estado estacionario, en estado dinámico la simulación funciona de manera correcta para dos tanques de almacenamiento, pero mientras la cantidad aumenta el simulador no es capaz de hacer que los resultados converjan de manera coherente, por lo que no se llevó a cabo la reproducción del sistema del Grupo Grall, del que como se mencionó anteriormente se basaron ciertas características del sistema diseñado para este trabajo. Con la simulación se pudo demostrar que los arreglos tanto en serie como en paralelo funcionan correctamente, pero es recomendable realizarlo en serie en estado dinámico, ya que la fracción vapor obtenida después de la válvula reductora al final del sistema es mayor en comparación con la simulación en paralelo. Mientras que en estado estacionario es mejor realizarlo en paralelo ya que de esta manera el llenado de los tanques es más rápido.

Bibliografía

- Arboleda, J. (1992). Diseño de estaciones de cloración. Colombia: Acodal.
- B. Evans, R. (2004). Chlorine: State of the Art. Lung, 1-15.
- BREF. (2014). Reference Document for the Production of Chloro-Alkali. Best Available Techniques (BAT), 1-52.
- Bref, E. c. (2000). Best Available Techniques in the Chlor-Alkali Manufacturing industry. Sevilla: European IPPC Bureau.
- Carlson, E. C. (1996). Don't gamble with physical properties for simulations. Chemical Engineering Progress, 36-38.
- Dash, A. K., Pradhan, M. K., & Singh, R. (2018). Application of Computational Analysis for Risk Assessment of Chlorine Gas. Advances in Fire and Process Safety, 1-3.
- Dastagiri, R., & Anil, E. (2021). Chlorine and the Chemistry of Desinfectants. RESONANCE, 1-26.
- EuroChlor. (2019). Chlor-Alkali industry review. EuroChlor A sector group of Cefic, 10-11.
- Fisher, D. (2020). Chlor-Alkali: State of the Market. DIXON.
- Glassmeyer, S. T., & Shoemaker, J. A. (2005). Effects of Chlorination on the Persistence of Pharmaceuticals in the Environment. Environmental Contamination and Toxicology, 1-6.
- Grall. (2017). Planta de producción de clorobenceno. Bellaterra, Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Grall, G. (2017). Planta de producción de clorobenceno. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Han, F., Li, W., & Cui, Z. (2014). Industrial metabolism of chlorine: a case study of a chlor-alkali industrial chain. Environ Sci Pollut Res, 1-6.
- Institute, T. C. (2011). Bulk storage of liquid chlorine. A legacy of safety stewardship.
- Istmo, I. Q. (2010). Manual del Cloro. Coatzacoalcos, Ver.: Complejo Industrial Pajaritos.
- Jing, H. (2016). Beyond Chlorine Reagents: Organic Carbonate Chemistry. En H. Jing, Chemistry Beyond Chlorine (págs. 1-19).
- Kolesnikov, A., Kumchev, A., Howell, D., O'Neill, P., & Tiger, M. (2012). Estimation of the Commodity Flow of Chlorine from Storage Data. J Transp Secur, 1-15.

- Lakshmanan, S., & Murugesan, T. (2014). The chlor-alkali process: Work in Progress. *Chem Techn Environ Policy*, 1-8.
- Lumitos. (1997-2022). Quimica.es. Obtenido de Quimica.es: <https://www.quimica.es/enciclopedia/Cloro.html>
- Markets, R. a. (16 de Julio de 2021). Business Wire. Obtenido de Business Wire: <https://www.businesswire.com/news/home/20210716005301/en/Worldwide-Chlor-Alkali-Industry-to-2026---Chlorine-to-Drive-the-Market-Growth---ResearchAndMarkets.com>
- MCB. (2017). Planta de producción de MCB. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona .
- Mexichem. (2020). Hoja de datos de seguridad para materiales peligrosos. Ciudad de México.
- MID, R. T. (2017). Sala de Cloración. En R. T. MID, *Diseño de plantas de Tecnología Apropiaada* (pág. 49).
- Moussallem, I., Jörissen, J., Kunz, U., Pinnow, S., & Turek, T. (2008). Chlor-alkali electrolysis with oxygen depolarized cathodes: history status and future prospects. *J Appl Electrochem*, 1-10.
- Muslim, A., Li, Q., & Tadé, M. O. (2009). Modelling of Chlorine Contact Tank and the Combined Applications of Linear Model Predictive Control and Computational Fluid Dynamics. *Chemical Product and Process Modeling: Vol. 4*, 1-7.
- Novel, L., & Pérez, M. E. (2017). El cloro, producción e industria. Departamento de química orgánica y química técnica.
- O'Brien, T., Bommaraju, T., & Hine, F. (2005). Product Handling. En T. O'Brien, T. Bommaraju, & F. Hine, *Handbook of Chlor-Alkali Technology* (pág. 247).
- O'Brien, T., Bommaraj, T., & Hine, F. (2005). Overview of the Chlor-Alkali Industry. En T. O'Brien, T. Bommaraj, & F. Hine, *Handbook of Chlor-Alkali Technology* (págs. 1-35).
- O'Brien, T., Bommaraju, T., & Hine, F. (2005). Chemistry and Electrochemistry of the Chlor-Alkali Process. En T. O'Brien, T. Bommaraju, & F. Hine, *Handbook of Chlor-Alkali Technology* (págs. 1-312).

- O'Brien, T., Bommaraju, T., & Hine, F. (2005). History of the Chlor-Alkali . En T. O'Brien, T. Bommaraju, & F. Hine, Handbook of Chlor-Alkali Technology (págs. 1-18).
- O'Brien, T., Bommaraju, T., & Hine, F. (2005). Chemical Engineering Principles. En T. O'Brien, T. Bommaraju, & F. Hine, Handbook of Chlor-Alkali Technology (págs. 1-70).
- OEC. (2019). OEC World. Obtenido de Cloro: <https://oec.world/es/profile/hs92/chlorine>
- Othmer, D., & Kirk, R. (1998). A to Alkaloids. New York: John Wiley and Sons.
- OXY. (2020). Chlor-Alkali Products. Obtenido de Chlor-alkali products make everyday life safer, healthier and more convenient: <https://www.oxy.com/operations/essential-chemistry/chlor-alkali/>
- Pemex. (1999). Simbología de equipo de proceso. Unidad de normatividad técnica.
- Pemex. (2005). Simbología e identificación de instrumentos. Coordinación de normalización.
- Rauen, W., Angeloudis, A., & Falconer, R. (2012). Appraisal of Chlorine Contact Tank Modelling Practices. Elsevier, 2-18.
- Report, M. R. (Diciembre de 2021). Fortune Business Insights. Obtenido de Chlor-Alkali Market: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/chlor-alkali-market-101720>
- Sánchez, I. (2016). Ingeniería básica de una planta de producción de disocianato de difenilmetano (DMI) para la fabricación de poliuretanos. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Semarnat. (2013). Guía para la Elaboración de la Cédula de Operación Anual. Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Serrano, R., & Castro, A. (2017). Diseño y análisis de un recipiente a presión horizontal con una capacidad de 20 mil litros para almacenar cloro. Ciudad de México: Instituto Politécnico Nacional .
- Sinnott, R., & Towler, G. (2012). Diseño en ingeniería química. Barcelona: Reverté.
- T. Baldwin, R. (1927). History of the Chlorine Industry. Journal of Chemical Education, 1-7.
- Turton, R., C. Baille, R., B. Whiting, W., & A. Shaelwitz, J. (2009). Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes. New York: Prentice Hall.

- Ullmann, F. (2007). Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Michigan: Gustavo Gill.
- Valderrama, C. (2006). Membranes in Chlor-Alkali Industry. En C. Valderrama, Encyclopedia of Membranes (págs. 1279-1283).
- Walas, S., Fair, J., Penney, R., & Couper, J. (2012). Chemical Process Equipment: Selection and design. Oxford: Elsevier.
- Wang, W., Mou, D., Sun, B., Zhu, C., & Mi, H. (2021). Characteristics of Leakage and Diffusion for a Chlorine Storage Tank. ACS Chem. Health Saf, 1,3.
- Yan, Z., Liu, C., Song, X., Song, Z., & Zhang, Y. (2013). Application Of Fuzzy Adaptive PID Control In Chlorine Flow Control System. Proceedings of the 2013 Sixth International Symposium on Computational Intelligence and Design - Volume 02, 1-3.
- Zenin, G., & Sazonov, A. (2001). Modeling of Chlorine Production in a Static Electrolyzer. Journal of Applied Chemistry, 1-4.

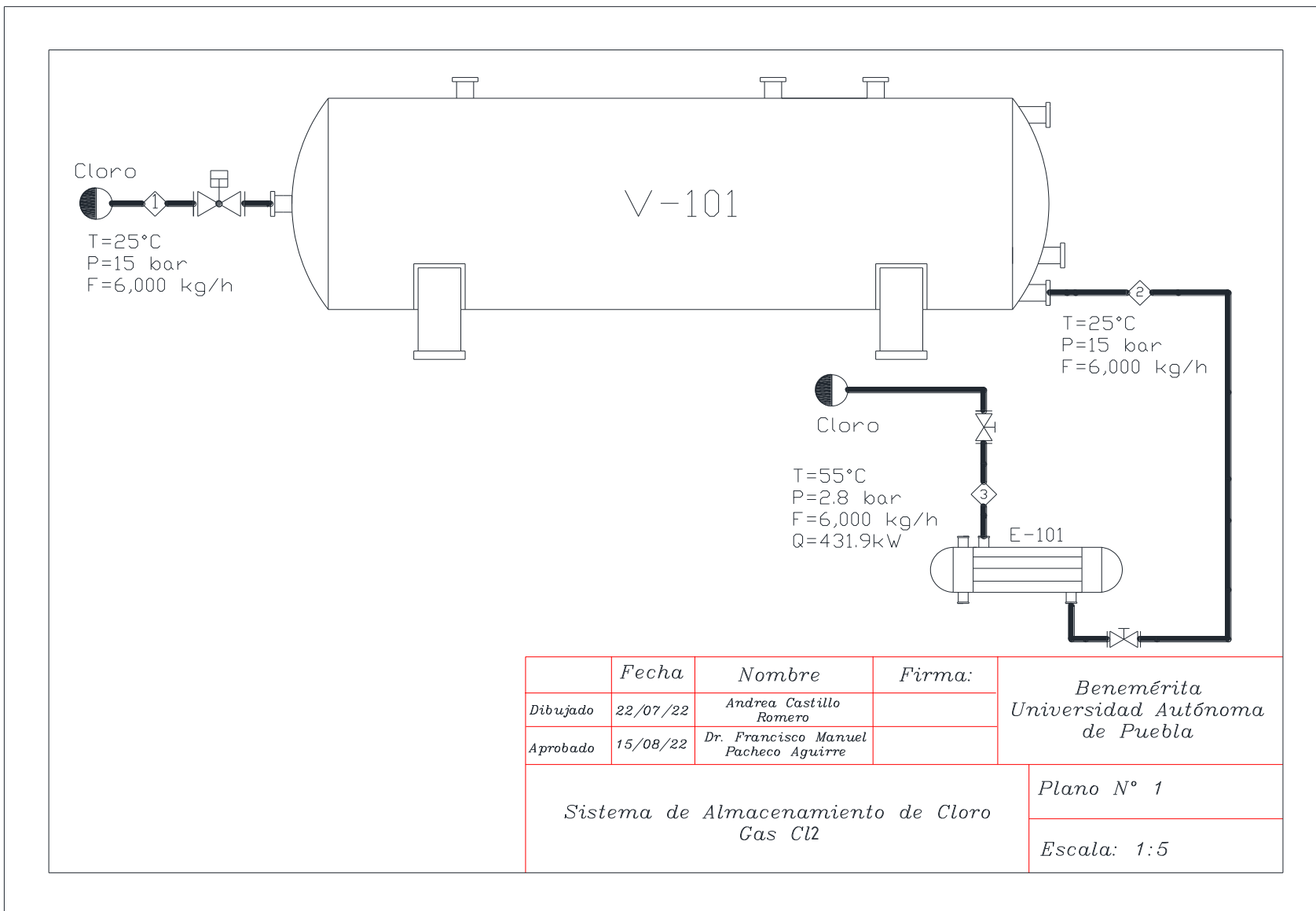
Anexos

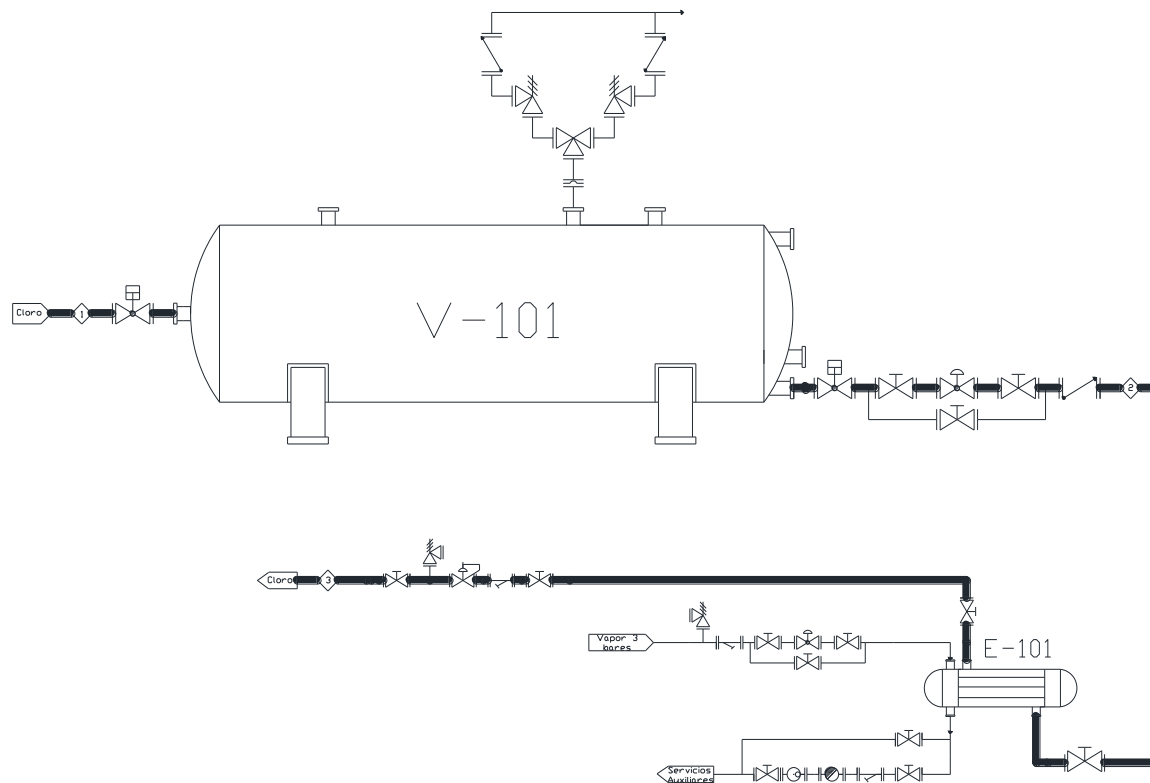
Anexo I: Tabla de propiedades fisicoquímicas del cloro gas. (Mexichem, 2020)

Propiedades fisicoquímicas.	
Nombre químico	Cloro
Formula molecular	Cl_2
Estado físico	Gas/Líquido
Color	Amarillo verdoso/Ámbar
Olor	Picante, irritante, sofocante
Temperatura de ebullición	-34.05°C a 1atm
Temperatura de fusión	-101.00°C a 1atm
Temperatura critica	417.15 K
Temperatura de inflamación	El cloro es un material no inflamable en el aire, pero mantiene la combustión. Forma mezclas explosivas con el hidrogeno y otros gases inflamables.
Temperatura de auto ignición	
L.S. Inflamabilidad-Explosividad	
L.I. Inflamabilidad-Explosividad	
Calor de combustión	
Calor de vaporización	68.8 cal/gr (-34.05°C, 1atm)
Calor de fusión	22.8 cal/gr
Capacidad calorífica	0.473 kJ/kg °C
Densidad de vapor(aire=1)	2.482 (0°C, 1atm)
Densidad relativa(agua=1)	1.468 (0°C)
Densidad del gas seco	3.209 gr/cc (0°C, 1atm)
Densidad del liquido	1.468 gr/cc (0°C, 1atm)
Densidad critica	565.00 kg/m ³
Relación gas-liquido	463.8 litros (0°C, 1atm)
Coeficiente de expansión	21.9%
Solubilidad en agua	7.1 gr/l (20°C, 1atm)
Presión de vapor	6.62 atm (25°C)
Presión critica	7.71083 MPa
% de Volatilidad(por volumen)	100%

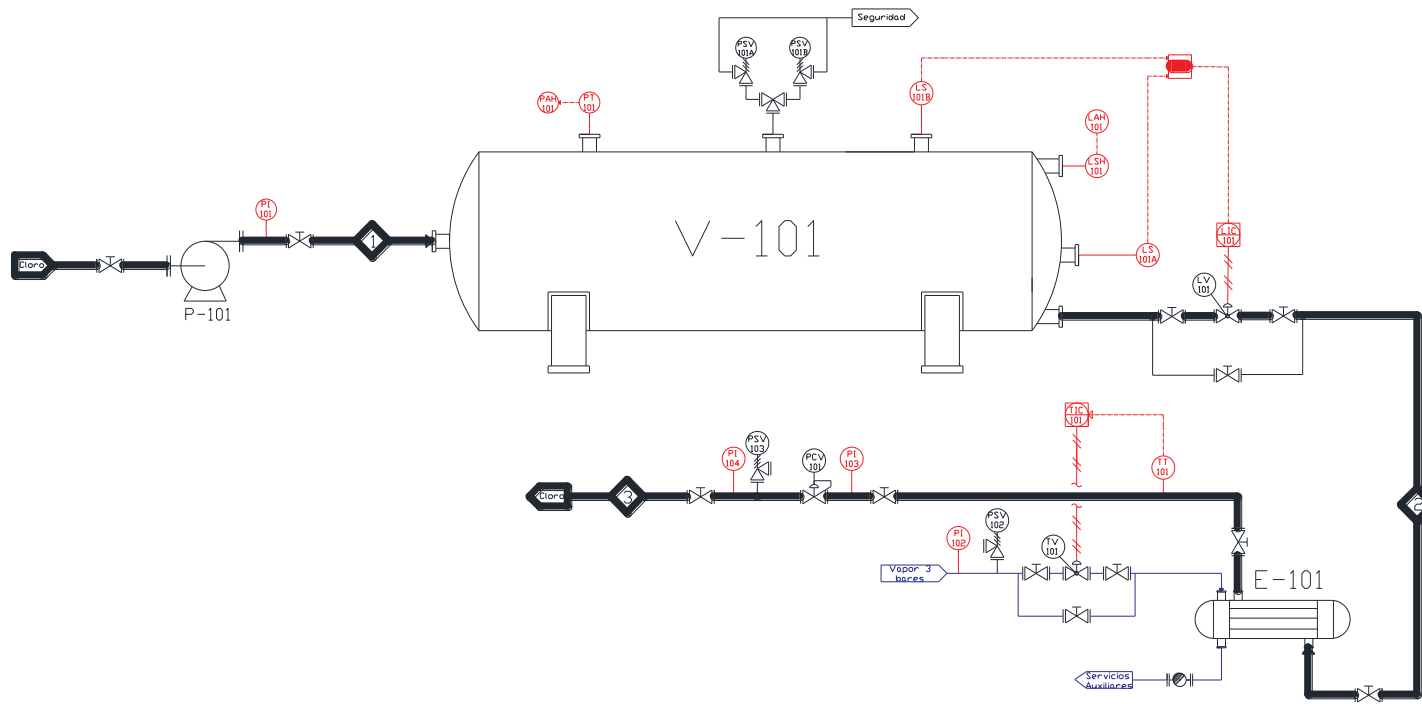
Volumen critico	0.001745 m^3/kg
Viscosidad gas	14.0 Pa*s (20°C)
Viscosidad liquido	340 Pa*s (20°C)
Entalpia de fusión (ΔH_f)	90.33 kJ/kg
Entalpia de vaporización (ΔH_g)	287.1 kJ/kg

Anexo II: Proceso de creación del diagrama de flujo de proceso y el diagrama de tubería e instrumentación.

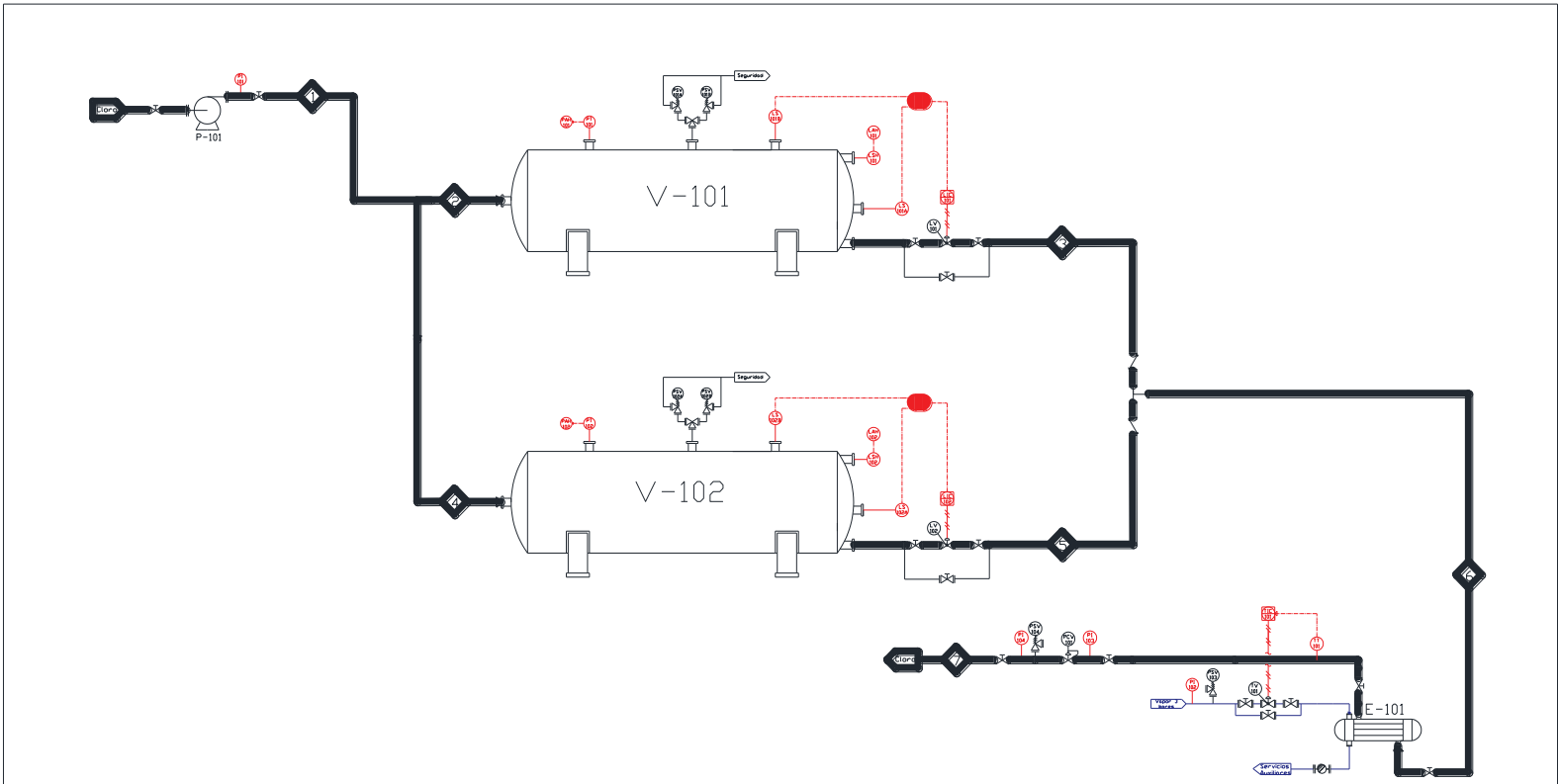




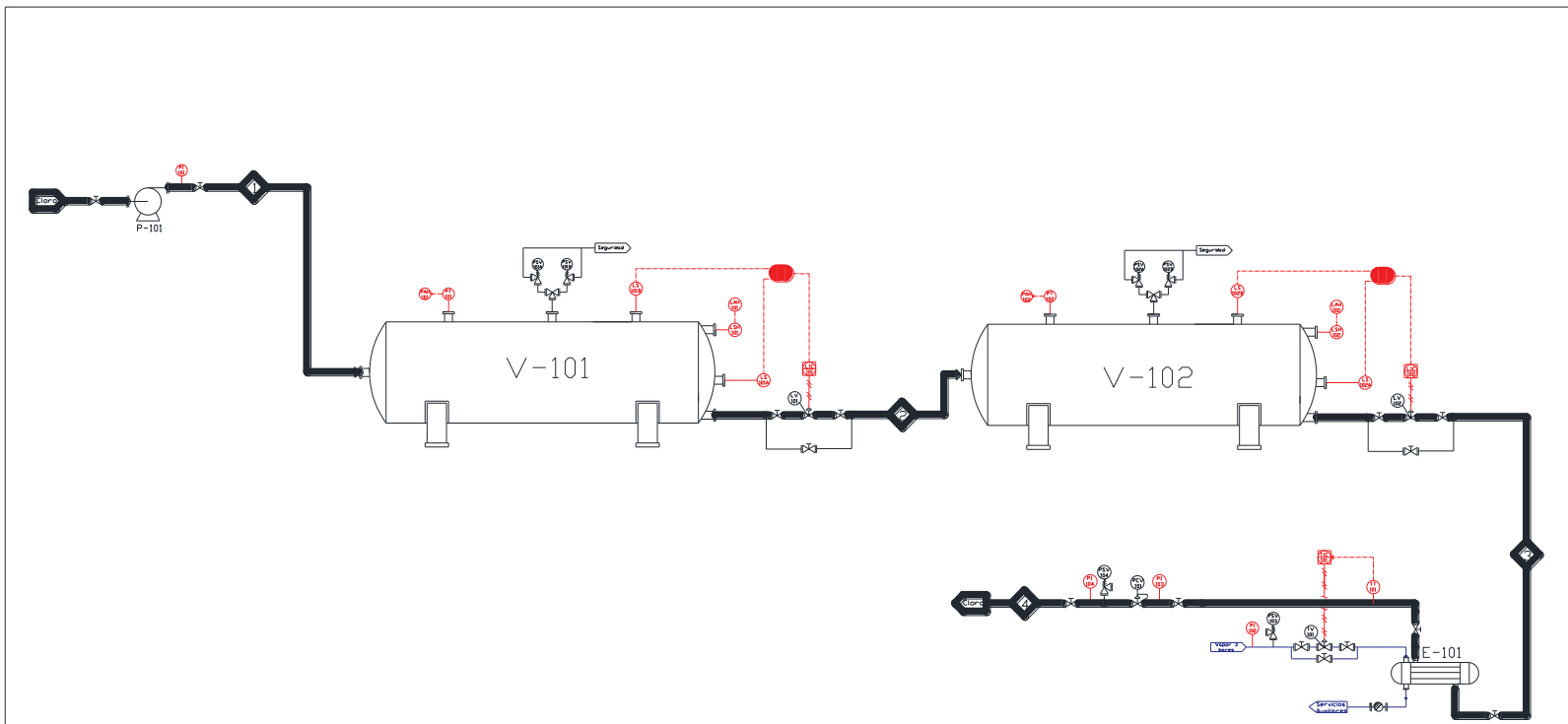
	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	<i>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla</i>
<i>Dibujado</i>	22/07/22	<i>Andrea Castillo Romero</i>		
<i>Aprobado</i>	15/08/22	<i>Dr. Francisco Manuel Pacheco Aguirre</i>		
<i>Sistema de Almacenamiento de Cloro Gas Cl₂ con Instrumentación</i>				<i>Plano N° 2</i>
				<i>Escala: 1:8</i>



	Fecha	Nombre	Firma:	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Dibujado	22/07/22	Andrea Castillo Romero		
Aprobado	15/08/22	Dr. Francisco Manuel Pacheco Aguirre		
Sistema de Almacenamiento de Cloro Gas Cl ₂ con Instrumentación y Control				Plano N° 3
				Escala: 1:8





	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	<i>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla</i>
<i>Dibujado</i>	22/07/22	<i>Andrea Castillo Romero</i>		
<i>Aprobado</i>	15/08/22	<i>Dr. Francisco Manuel Pacheco Aguirre</i>		
<i>Sistema de Almacenamiento de Cloro Gas Cl2 en paralelo</i>				<i>Plano N° 4</i>
				<i>Escala: 1:16</i>



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	<i>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla</i>
<i>Dibujado</i>	22/07/22	Andrea Castillo Romero		
<i>Aprobado</i>	15/08/22	Dr. Francisco Manuel Pacheco Aguirre		
<i>Sistema de Almacenamiento de Cloro Gas Cl₂ en serie</i>				<i>Plano N° 5</i>
				<i>Escala: 1:16</i>

Anexo III: Reportes de simulación del sistema de almacenamiento de cloro gas en estado estacionario

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA		Case Name: Tanque de almacenamiento.hsc			
2			Unit Set: SI			
3			Date/Time: Wed Sep 28 05:07:56 2022			
4						
5	Workbook: Case (Main)					
6						
7	Material Streams Fluid Pkg: All					
8						
9	Name	1	2	venteo		
10	Vapour Fraction	0.0000	0.0000	1.0000		
11	Temperature (C)	25.00 *	25.00	25.00		
12	Pressure (kPa)	1500 *	1500	1500		
13	Molar Flow (kgmole/h)	84.62	84.62	0.0000		
14	Mass Flow (kg/h)	6000 *	6000	0.0000		
15	Liquid Volume Flow (m3/h)	3.843	3.843	0.0000		
16	Heat Flow (kJ/h)	-1.585e+006	-1.585e+006	0.0000		
17	Compositions Fluid Pkg: All					
18						
19	Name	1	2	venteo		
20	Comp Mole Frac (Cl2)	1.0000 *	1.0000	1.0000		
21	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000 *	0.0000	0.0000		
22	Energy Streams Fluid Pkg: All					
23						
24	Name					
25	Heat Flow (kJ/h)					
26	Unit Ops					
27						
28	Operation Name	Operation Type	Feeds	Products	Ignored	Calc Level
29	V-100	Tank	1	2	No	500.0 *
30				venteo		
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
61						
62						
63	Aspen Technology Inc.		Aspen HYSYS Version 10		Page 1 of 1	

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA	Case Name:	Bomba.hsc
2		Unit Set:	SI
3		Date/Time:	Wed Sep 28 17:03:36 2022
4			
5			

Workbook: Case (Main)

Material Streams Fluid Pkg: All

Name	1	2			
Vapour Fraction	0.0000 *	0.0000			
Temperature (C)	15.00 *	25.00 *			
Pressure (kPa)	1470 *	1500			
Molar Flow (kgmole/h)	84.62	84.62			
Mass Flow (kg/h)	6000 *	6000 *			
Liquid Volume Flow (m3/h)	3.843	3.843			
Heat Flow (kJ/h)	-1.645e+006	-1.585e+006			

Compositions Fluid Pkg: All

Name	1	2			
Comp Mole Frac (Cl2)	1.0000 *	1.0000			
Comp Mole Frac (H2O)	0.0000 *	0.0000			


Energy Streams Fluid Pkg: All


Name	E1				
Heat Flow (kJ/h)	6156 *				


Unit Ops

Operation Name	Operation Type	Feeds	Products	Ignored	Calc Level
P-100	Pump	1	2	No	500.0 *
		E1			

33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA		Case Name: Intercambiador de calor.hsc			
2			Unit Set: SI			
3			Date/Time: Wed Sep 28 17:28:46 2022			
4						
5						
6	Workbook: Case (Main)					
7						
8						
9	Material Streams					Fluid Pkg: All
10						
11	Name	Vapor de agua	Servicios auxiliares	1	2	
12	Vapour Fraction	1.0000	0.2228	0.0000	0.7537	
13	Temperature (C)	135.0 *	131.4	25.00 *	52.35	
14	Pressure (kPa)	300.0 *	281.7	1500 *	1495	
15	Molar Flow (kgmole/h)	39.80	39.80	84.62	84.62	
16	Mass Flow (kg/h)	717.0 *	717.0	6000 *	6000	
17	Liquid Volume Flow (m3/h)	0.7184	0.7184	3.843	3.843	
18	Heat Flow (kJ/h)	-9.483e+006	-1.071e+007	-1.585e+006	-3.617e+005	
19	Compositions					Fluid Pkg: All
20						
21	Name	Vapor de agua	Servicios auxiliares	1	2	
22	Comp Mole Frac (Cl2)	0.0000 *	0.0000	1.0000 *	1.0000	
23	Comp Mole Frac (H2O)	1.0000 *	1.0000	0.0000 *	0.0000	
24	Energy Streams					Fluid Pkg: All
25						
26	Name					
27	Heat Flow (kJ/h)					
28	Unit Ops					
29						
30	Operation Name	Operation Type	Feeds	Products	Ignored	Calc Level
31	E-100	Heat Exchanger	Vapor de agua	Servicios auxiliares	No	500.0 *
32			1	2		
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
61						
62						
63	Aspen Technology Inc.		Aspen HYSYS Version 10		Page 1 of 1	

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA		Case Name: Sistema de almacenamiento de cloro gas.hsc			
2			Unit Set: SI			
3			Date/Time: Wed Sep 28 19:21:09 2022			
4						
5						
6	Workbook: Case (Main)					
7						
8						
9	Material Streams Fluid Pkg: All					
10						
11	Name	3	venteo	1	2	Vapor de agua
12	Vapour Fraction	0.0000	1.0000	0.0000 *	0.0000	1.0000
13	Temperature (C)	25.00	25.00	15.00 *	25.00 *	135.0 *
14	Pressure (kPa)	1500	1500	1470 *	1500	300.0 *
15	Molar Flow (kgmole/h)	84.62	0.0000	84.62	84.62	39.80
16	Mass Flow (kg/h)	6000	0.0000	6000 *	6000 *	717.0 *
17	Liquid Volume Flow (m3/h)	3.843	0.0000	3.843	3.843	0.7184
18	Heat Flow (kJ/h)	-1.585e+006	-0.0000	-1.645e+006	-1.585e+006	-9.483e+006
19	Name	Servicios auxiliares	4			
20	Vapour Fraction	0.2228	0.7537			
21	Temperature (C)	131.4	52.35			
22	Pressure (kPa)	281.7	1495			
23	Molar Flow (kgmole/h)	39.80	84.62			
24	Mass Flow (kg/h)	717.0	6000			
25	Liquid Volume Flow (m3/h)	0.7184	3.843			
26	Heat Flow (kJ/h)	-1.071e+007	-3.617e+005			
27	Compositions Fluid Pkg: All					
28						
29	Name	3	venteo	1	2	Vapor de agua
30	Comp Mole Frac (Cl2)	1.0000	1.0000	1.0000 *	1.0000	0.0000 *
31	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000	0.0000 *	0.0000	1.0000 *
32	Name	Servicios auxiliares	4			
33	Comp Mole Frac (Cl2)	0.0000	1.0000			
34	Comp Mole Frac (H2O)	1.0000	0.0000			
35	Energy Streams Fluid Pkg: All					
36						
37	Name	E1				
38	Heat Flow (kJ/h)	6156 *				
39	Unit Ops					
40						
41	Operation Name	Operation Type	Feeds	Products	Ignored	Calc Level
42	V-101	Tank	2	3	No	500.0 *
43				venteo		
44	P-101	Pump	1	2	No	500.0 *
45			E1			
46	E-101	Heat Exchanger	Vapor de agua	Servicios auxiliares	No	500.0 *
47			3	4		
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
61						
62						
63	Aspen Technology Inc.		Aspen HYSYS Version 10		Page 1 of 1	

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA		Case Name: Sistema de almacenamiento en paralelo.hsc			
2			Unit Set: SI			
3			Date/Time: Wed Sep 28 19:34:43 2022			
4						
5						
6	Workbook: Case (Main)					
7						
8						
9	Material Streams					
10						Fluid Pkg: All
11	Name	1	2	3	5	Ventao 1
12	Vapour Fraction	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
13	Temperature (C)	15.00 *	25.00 *	25.00	25.00	25.00
14	Pressure (kPa)	1470 *	1500	1500	1500	1500
15	Molar Flow (kgmole/h)	84.62	84.62	42.31	42.31	0.0000
16	Mass Flow (kg/h)	6000 *	6000	3000	3000	0.0000
17	Liquid Volume Flow (m3/h)	3.843	3.843	1.921	1.921	0.0000
18	Heat Flow (kJ/h)	-1.645e+006	-1.585e+006	-7.924e+005	-7.924e+005	0.0000
19	Name	4	6	Ventao 2	7	8
20	Vapour Fraction	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.1472
21	Temperature (C)	25.00	25.00	25.00	25.00	51.97
22	Pressure (kPa)	1500	1500	1500	1500	1482
23	Molar Flow (kgmole/h)	42.31	42.31	0.0000	84.62	84.62
24	Mass Flow (kg/h)	3000	3000	0.0000	6000	6000
25	Liquid Volume Flow (m3/h)	1.921	1.921	0.0000	3.843	3.843
26	Heat Flow (kJ/h)	-7.924e+005	-7.924e+005	0.0000	-1.585e+006	-1.208e+006
27	Name	Vapor	Servicios auxiliares			
28	Vapour Fraction	1.0000	0.7612			
29	Temperature (C)	135.0 *	132.9			
30	Pressure (kPa)	300.0 *	294.5			
31	Molar Flow (kgmole/h)	39.80	39.80			
32	Mass Flow (kg/h)	717.0 *	717.0			
33	Liquid Volume Flow (m3/h)	0.7184	0.7184			
34	Heat Flow (kJ/h)	-9.483e+006	-9.859e+006			
35	Compositions					
36						Fluid Pkg: All
37	Name	1	2	3	5	Ventao 1
38	Comp Mole Frac (Cl2)	1.0000 *	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
39	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40	Name	4	6	Ventao 2	7	8
41	Comp Mole Frac (Cl2)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
42	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
43	Name	Vapor	Servicios auxiliares			
44	Comp Mole Frac (Cl2)	0.0000 *	0.0000			
45	Comp Mole Frac (H2O)	1.0000 *	1.0000			
46	Energy Streams					
47						Fluid Pkg: All
48	Name	E1				
49	Heat Flow (kJ/h)	6156 *				
50	Unit Ops					
51						
52	Operation Name	Operation Type	Feeds	Products	Ignored	Calc Level
53	V-100	Tank	3	4	No	500.0 *
54				Ventao 1		
55	V-100-2	Tank	5	6	No	500.0 *
56				Ventao 2		
57	TEE-100	Tee	2	3	No	500.0 *
58				5		
59	MIX-100	Mixer	4	7	No	500.0 *
60				6		
61	P-100	Pump	1	2	No	500.0 *
62				E1		
63	Aspen Technology Inc.		Aspen HYSYS Version 10		Page 1 of 2	


1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA	Case Name:	Sistema de almacenamiento en paralelo.hsc
2		Unit Set:	SI
3		Date/Time:	Wed Sep 28 19:34:43 2022
4			


5
6
7 **Workbook: Case (Main) (continued)**
8


9 **Unit Ops (continued)**


10	Operation Name	Operation Type	Feeds	Products	Ignored	Calc Level
11	E-100	Heat Exchanger	7	8	No	500.0 *
12			Vapor	Servicios auxiliares		


13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62


1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA		Case Name: Sistema de almacenamiento en serie.hsc			
2			Unit Set: SI			
3			Date/Time: Wed Sep 28 20:56:08 2022			
4						
5						
6	Workbook: Case (Main)					
7						
8						
9	Material Streams Fluid Pkg: All					
10						
11	Name	1	2	Venteo	3	Venteo 2
12	Vapour Fraction	0.0000 *	0.0000	1.0000	0.0000	1.0000
13	Temperature (C)	15.00 *	25.00 *	25.00	25.00 *	25.00
14	Pressure (kPa)	1470 *	1500	1500	1500 *	1500
15	Molar Flow (kgmole/h)	84.62	84.62	0.0000	84.62	0.0000
16	Mass Flow (kg/h)	6000 *	6000	0.0000	6000 *	0.0000
17	Liquid Volume Flow (m3/h)	3.843	3.843	0.0000	3.843	0.0000
18	Heat Flow (kJ/h)	-1.645e+006	-1.585e+006	0.0000	-1.585e+006	0.0000
19	Name	4	5	Servicios Auxiliares	Vapor	
20	Vapour Fraction	0.0000	0.7633	0.2121	1.0000	
21	Temperature (C)	25.00	51.97	132.9	135.0 *	
22	Pressure (kPa)	1500	1482	294.5	300.0 *	
23	Molar Flow (kgmole/h)	84.62	84.62	39.80	39.80	
24	Mass Flow (kg/h)	6000	6000	717.0	717.0 *	
25	Liquid Volume Flow (m3/h)	3.843	3.843	0.7184	0.7184	
26	Heat Flow (kJ/h)	-1.585e+006	-3.492e+005	-1.072e+007	-9.483e+006	
27	Compositions Fluid Pkg: All					
28						
29	Name	1	2	Venteo	3	Venteo 2
30	Comp Mole Frac (Cl2)	1.0000 *	1.0000 *	1.0000 *	1.0000 *	1.0000 *
31	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	0.0000 *
32	Name	4	5	Servicios Auxiliares	Vapor	
33	Comp Mole Frac (Cl2)	1.0000 *	1.0000 *	0.0000 *	0.0000 *	
34	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000 *	0.0000 *	1.0000 *	1.0000 *	
35	Energy Streams Fluid Pkg: All					
36						
37	Name	E1				
38	Heat Flow (kJ/h)	6156 *				
39	Unit Ops					
40						
41	Operation Name	Operation Type	Feeds	Products	Ignored	Calc Level
42	V-100	Tank	2	3	No	500.0 *
43				Venteo		
44	V-100-2	Tank	3	4	No	500.0 *
45				Venteo 2		
46	P-100	Pump	1	2	No	500.0 *
47			E1			
48	E-100	Heat Exchanger	4	5	No	500.0 *
49			Vapor	Servicios Auxiliares		
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
61						
62						
63	Aspen Technology Inc.		Aspen HYSYS Version 10		Page 1 of 1	

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA		Case Name: Sistema de almacenamiento Grupo Graff.hsc				
2			Unit Set: SI				
3			Date/Time: Wed Sep 28 22:30:21 2022				
4							
5							
6	Workbook: Case (Main)						
7							
8							
9	Material Streams						
10	Fluid Pkg:					All	
11	Name	1	2	9	10	17	
12	Vapour Fraction	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
13	Temperature (C)	15.00 *	25.00 *	15.00 *	25.00 *	15.00 *	
14	Pressure (kPa)	1470 *	1500	1470 *	1500	1470 *	
15	Molar Flow (kgmole/h)	84.62	84.62	84.62	84.62	84.62	
16	Mass Flow (kg/h)	6000 *	6000	6000 *	6000	6000 *	
17	Liquid Volume Flow (m3/h)	3.843	3.843	3.843	3.843	3.843	
18	Heat Flow (kJ/h)	-1.645e+006	-1.585e+006	-1.645e+006	-1.585e+006	-1.645e+006	
19	Name	18	25	29	30	31	
20	Vapour Fraction	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
21	Temperature (C)	25.00 *	25.00	25.00	26.01	25.00	
22	Pressure (kPa)	1500	1500	1500	1500	1500	
23	Molar Flow (kgmole/h)	84.62	84.62	-2510	84.62	84.62	
24	Mass Flow (kg/h)	6000	6000	-1.780e+005	6000	6000	
25	Liquid Volume Flow (m3/h)	3.843	3.843	-114.0	3.843	3.843	
26	Heat Flow (kJ/h)	-1.585e+006	-1.585e+006	4.700e+007	-1.579e+006	-1.585e+006	
27	Name	35	36	37	41	42	
28	Vapour Fraction	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
29	Temperature (C)	25.00	26.01	25.00	25.00	26.01	
30	Pressure (kPa)	1500	1500	1500	1500	1500	
31	Molar Flow (kgmole/h)	-2510	169.2	84.62	-2510	253.9	
32	Mass Flow (kg/h)	-1.780e+005	1.200e+004	6000	-1.780e+005	1.800e+004	
33	Liquid Volume Flow (m3/h)	-114.0	7.686	3.843	-114.0	11.53	
34	Heat Flow (kJ/h)	4.700e+007	-3.157e+006	-1.585e+006	4.700e+007	-4.736e+006	
35	Name	43	Vapor	Servicios Auxiliares	vap	3	
36	Vapour Fraction	0.1710	1.0000	0.2267	1.0000	0.0000	
37	Temperature (C)	52.35	135.0 *	131.4	25.00	25.00	
38	Pressure (kPa)	1495	300.0 *	281.7	1500	1500	
39	Molar Flow (kgmole/h)	253.9	39.80	39.80	0.0000	28.18	
40	Mass Flow (kg/h)	1.800e+004	717.0 *	717.0	0.0000	1998	
41	Liquid Volume Flow (m3/h)	11.53	0.7184	0.7184	0.0000	1.280	
42	Heat Flow (kJ/h)	-3.519e+006	-9.483e+006	-1.070e+007	0.0000	-5.277e+005	
43	Name	4	vap-2	5	6	vap-3	
44	Vapour Fraction	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000	
45	Temperature (C)	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	
46	Pressure (kPa)	1500	1500	1500	1500	1500	
47	Molar Flow (kgmole/h)	28.18	0.0000	28.18	28.18	0.0000	
48	Mass Flow (kg/h)	1998	0.0000	1998	1998	0.0000	
49	Liquid Volume Flow (m3/h)	1.280	0.0000	1.280	1.280	0.0000	
50	Heat Flow (kJ/h)	-5.277e+005	0.0000	-5.277e+005	-5.277e+005	0.0000	
51	Name	7	8	vap-4	11	12	
52	Vapour Fraction	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	
53	Temperature (C)	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00	
54	Pressure (kPa)	1500	1500	1500	1500	1500	
55	Molar Flow (kgmole/h)	28.26	28.26	0.0000	28.18	28.18	
56	Mass Flow (kg/h)	2004	2004	0.0000	1998	1998	
57	Liquid Volume Flow (m3/h)	1.284	1.284	0.0000	1.280	1.280	
58	Heat Flow (kJ/h)	-5.293e+005	-5.293e+005	0.0000	-5.277e+005	-5.277e+005	
59							
60							
61							
62							
63	Aspen Technology Inc.		Aspen HYSYS Version 10		Page 1 of 5		

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA		Case Name: Sistema de almacenamiento Grupo Grall.hsc			
2			Unit Set: SI			
3			Date/Time: Wed Sep 28 22:30:21 2022			
4						
5	Workbook: Case (Main) (continued)					
6	Material Streams (continued)					
7						Fluid Pkg: All
8						
9						
10						
11	Name	vap-5	13	14	vap-6	15
12	Vapour Fraction	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
13	Temperature (C)	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
14	Pressure (kPa)	1500	1500	1500	1500	1500
15	Molar Flow (kgmole/h)	0.0000	28.18	28.18	0.0000	28.26
16	Mass Flow (kg/h)	0.0000	1998	1998	0.0000	2004
17	Liquid Volume Flow (m3/h)	0.0000	1.280	1.280	0.0000	1.284
18	Heat Flow (kJ/h)	0.0000	-5.277e+005	-5.277e+005	0.0000	-5.293e+005
19	Name	16	vap-7	19	20	vap-8
20	Vapour Fraction	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000
21	Temperature (C)	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
22	Pressure (kPa)	1500	1500	1500	1500	1500
23	Molar Flow (kgmole/h)	28.26	0.0000	28.18	28.18	0.0000
24	Mass Flow (kg/h)	2004	0.0000	1998	1998	0.0000
25	Liquid Volume Flow (m3/h)	1.284	0.0000	1.280	1.280	0.0000
26	Heat Flow (kJ/h)	-5.293e+005	0.0000	-5.277e+005	-5.277e+005	0.0000
27	Name	21	22	vap-9	23	24
28	Vapour Fraction	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
29	Temperature (C)	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
30	Pressure (kPa)	1500	1500	1500	1500	1500
31	Molar Flow (kgmole/h)	28.18	28.18	0.0000	28.26	28.26
32	Mass Flow (kg/h)	1998	1998	0.0000	2004	2004
33	Liquid Volume Flow (m3/h)	1.280	1.280	0.0000	1.284	1.284
34	Heat Flow (kJ/h)	-5.277e+005	-5.277e+005	0.0000	-5.293e+005	-5.293e+005
35	Name	26	32	38	vap-10	27
36	Vapour Fraction	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000
37	Temperature (C)	25.00	25.00	25.00	25.03	25.03
38	Pressure (kPa)	1500	1500	1500	1531	1531
39	Molar Flow (kgmole/h)	2595	2595	2595	0.0000	2595
40	Mass Flow (kg/h)	1.840e+005	1.840e+005	1.840e+005	0.0000	1.840e+005
41	Liquid Volume Flow (m3/h)	117.8	117.8	117.8	0.0000	117.8
42	Heat Flow (kJ/h)	-4.859e+007	-4.859e+007	-4.859e+007	0.0000	-4.858e+007
43	Name	28	vap-11	33	34	vap-12
44	Vapour Fraction	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	1.0000
45	Temperature (C)	25.03	25.03	25.03	25.03	25.03
46	Pressure (kPa)	1531	1531	1531	1531	1531
47	Molar Flow (kgmole/h)	2595	0.0000	2595	2595	0.0000
48	Mass Flow (kg/h)	1.840e+005	0.0000	1.840e+005	1.840e+005	0.0000
49	Liquid Volume Flow (m3/h)	117.8	0.0000	117.8	117.8	0.0000
50	Heat Flow (kJ/h)	-4.858e+007	0.0000	-4.858e+007	-4.858e+007	0.0000
51	Name	39	40			
52	Vapour Fraction	0.0000	0.0000			
53	Temperature (C)	25.03	25.03			
54	Pressure (kPa)	1531	1531			
55	Molar Flow (kgmole/h)	2595	2595			
56	Mass Flow (kg/h)	1.840e+005	1.840e+005			
57	Liquid Volume Flow (m3/h)	117.8	117.8			
58	Heat Flow (kJ/h)	-4.858e+007	-4.858e+007			
59						
60						
61						
62						
63	Aspen Technology Inc.		Aspen HYSYS Version 10		Page 2 of 5	

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA		Case Name: Sistema de almacenamiento Grupo Grall.hsc			
2			Unit Set: SI			
3			Date/Time: Wed Sep 28 22:30:21 2022			
4						
5	Workbook: Case (Main) (continued)					
6	Compositions					
7						Fluid Pkg: All
8						
9						
10						
11	Name	1	2	9	10	17
12	Comp Mole Frac (CI2)	1.0000 *	1.0000	1.0000 *	1.0000	1.0000 *
13	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000 *	0.0000	0.0000 *	0.0000	0.0000 *
14	Name	18	25	29	30	31
15	Comp Mole Frac (CI2)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
16	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
17	Name	35	36	37	41	42
18	Comp Mole Frac (CI2)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
19	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20	Name	43	Vapor	Servicios Auxiliares	vap	3
21	Comp Mole Frac (CI2)	1.0000	0.0000 *	0.0000	1.0000	1.0000
22	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	1.0000 *	1.0000	0.0000	0.0000
23	Name	4	vap-2	5	6	vap-3
24	Comp Mole Frac (CI2)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
25	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
26	Name	7	8	vap-4	11	12
27	Comp Mole Frac (CI2)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
28	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
29	Name	vap-5	13	14	vap-6	15
30	Comp Mole Frac (CI2)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
31	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
32	Name	16	vap-7	19	20	vap-8
33	Comp Mole Frac (CI2)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
34	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
35	Name	21	22	vap-9	23	24
36	Comp Mole Frac (CI2)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
37	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
38	Name	26	32	38	vap-10	27
39	Comp Mole Frac (CI2)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
40	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
41	Name	28	vap-11	33	34	vap-12
42	Comp Mole Frac (CI2)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
43	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
44	Name	39	40			
45	Comp Mole Frac (CI2)	1.0000	1.0000			
46	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000			
47	Energy Streams					
48						Fluid Pkg: All
49	Name	E1-2	E1-3	E1	E1-4	E1-5
50	Heat Flow (kJ/h)	6156 *	6156 *	6156 *	6156 *	6156 *
51	Name	E1-6				
52	Heat Flow (kJ/h)	6156 *				
53	Unit Ops					
54						
55	Operation Name	Operation Type	Feeds	Products	Ignored	Calc Level
56	V-100	Tank	3	4	No	500.0 *
57				vap		
58	V-100-2	Tank	5	6	No	500.0 *
59				vap-2		
60	V-100-3	Tank	7	8	No	500.0 *
61				vap-3		
62	V-100-4	Tank	11	12	No	500.0 *
63	Aspen Technology Inc.		Aspen HYSYS Version 10		Page 3 of 5	

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA		Case Name: Sistema de almacenamiento Grupo Grall.hsc				
2			Unit Set: SI				
3			Date/Time: Wed Sep 28 22:30:21 2022				
4							
5							
6	Workbook: Case (Main) (continued)						
7							
8							
9	Unit Ops (continued)						
10							
11	Operation Name	Operation Type	Feeds	Products	Ignored	Calc Level	
12	V-100-4	Tank		vap-4	No	500.0 *	
13	V-100-5	Tank	13	14	No	500.0 *	
14				vap-5			
15	V-100-6	Tank	15	16	No	500.0 *	
16				vap-6			
17	V-100-7	Tank	19	20	No	500.0 *	
18				vap-7			
19	V-100-8	Tank	21	22	No	500.0 *	
20				vap-8			
21	V-100-9	Tank	23	24	No	500.0 *	
22				vap-9			
23	V-100-10	Tank	27	28	No	500.0 *	
24				vap-10			
25	V-100-11	Tank	33	34	No	500.0 *	
26				vap-11			
27	V-100-12	Tank	39	40	No	500.0 *	
28				vap-12			
29	P-100-2	Pump	9	10	No	500.0 *	
30				E1-2			
31	P-100-3	Pump	17	18	No	500.0 *	
32				E1-3			
33	P-100	Pump	1	2	No	500.0 *	
34				E1			
35	P-100-4	Pump	26	27	No	500.0 *	
36				E1-4			
37	P-100-5	Pump	32	33	No	500.0 *	
38				E1-5			
39	P-100-6	Pump	38	39	No	500.0 *	
40				E1-6			
41	TEE-100	Tee	2	3	No	500.0 *	
42							5
43							7
44	TEE-101	Tee	10	11	No	500.0 *	
45							13
46							15
47	TEE-102	Tee	18	19	No	500.0 *	
48							21
49							23
50	TEE-103	Tee	25	26	No	500.0 *	
51							29
52	TEE-104	Tee	31	32	No	500.0 *	
53							35
54	TEE-105	Tee	37	38	No	500.0 *	
55							41
56	MIX-100	Mixer	4	25	No	500.0 *	
57				6			
58				8			
59	MIX-101	Mixer	12	31	No	500.0 *	
60				14			
61				16			
62	MIX-102	Mixer	20	37	No	500.0 *	
63	Aspen Technology Inc.		Aspen HYSYS Version 10		Page 4 of 5		

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA	Case Name: Sistema de almacenamiento Grupo Grall,hsc
2		Unit Set: SI
3		Date/Time: Wed Sep 28 22:30:21 2022
4		
5		


Workbook: Case (Main) (continued)


Unit Ops (continued)


11	Operation Name	Operation Type	Feeds	Products	Ignored	Calc Level
12	MIX-102	Mixer	22		No	500.0 *
13			24			
14	MIX-103	Mixer	28	30	No	500.0 *
15			29			
16	MIX-104	Mixer	34	36	No	500.0 *
17			35			
18			30			
19	MIX-105	Mixer	36	42	No	500.0 *
20			40			
21			41			
22	E-100	Heat Exchanger	Vapor	Servicios Auxiliares	No	500.0 *
23			42	43		


24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62


Anexo IV: Reportes de simulación del sistema de almacenamiento estado dinámico.


1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA		Case Name: Tanque de almacenamiento dinamico.hsc			
2			Unit Set: SI			
3			Date/Time: Fri Oct 07 02:45:11 2022			
4						
5	Workbook: Case (Main)					
6	Material Streams Fluid Pkg: All					
7	Name	1	2	venteo	2-1	venteo-1
8	Vapour Fraction	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9	Temperature (C)	25.00 *	25.00	25.00 *	25.01	25.00
10	Pressure (kPa)	1503	1503	1503	1466 *	1466 *
11	Molar Flow (kgmole/h)	84.62	84.62	3.600e-012	84.62	3.600e-012
12	Mass Flow (kg/h)	6000 *	6000	2.553e-010	6000	1.601e-010
13	Liquid Volume Flow (m3/h)	3.843	3.843	1.635e-013	3.843	1.142e-013
14	Heat Flow (kJ/h)	-1.585e+006	-1.585e+006	-6.742e-008	-1.585e+006	-6.742e-008
15	Compositions Fluid Pkg: All					
16	Name	1	2	venteo	2-1	venteo-1
17	Comp Mole Frac (Cl2)	1.0000 *	1.0000	1.0000	1.0000	0.5000
18	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000
19	Energy Streams Fluid Pkg: All					
20	Name					
21	Heat Flow (kJ/h)					
22	Unit Ops					
23	Operation Name	Operation Type	Feeds	Products	Ignored	Calc Level
24	V-101	Tank	1	2	No	500.0 *
25				venteo		
26	VLV-llq	Valve	2	2-1	No	500.0 *
27	VLV-vap	Valve	venteo	venteo-1	No	500.0 *
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
61						
62						
63	Aspen Technology Inc.		Aspen HYSYS Version 10		Page 1 of 1	


1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA		Case Name: Bomba dinamica.hsc		
2			Unit Set: SI		
3			Date/Time: Fri Oct 07 02:50:13 2022		
4					
5					
6	Workbook: Case (Main)				
7					
8					
9	Material Streams Fluid Pkg: All				
10					
11	Name	1	2	2-1	
12	Vapour Fraction	0.0000	0.0000	0.0000	
13	Temperature (C)	25.00 *	25.52	25.66	
14	Pressure (kPa)	1800 *	2372	1568 *	
15	Molar Flow (kgmole/h)	138.5	138.5	138.5	
16	Mass Flow (kg/h)	9818	9818	9818	
17	Liquid Volume Flow (m3/h)	6.288	6.288	6.288	
18	Heat Flow (kJ/h)	-2.593e+006	-2.586e+006	-2.586e+006	
19	Compositions Fluid Pkg: All				
20					
21	Name	1	2	2-1	
22	Comp Mole Frac (Cl2)	1.0000 *	1.0000	1.0000	
23	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000 *	0.0000	0.0000	
24	Energy Streams Fluid Pkg: All				
25					
26	Name	E1			
27	Heat Flow (kJ/h)	6156 *			
28	Unit Ops				
29					
30	Operation Name	Operation Type	Feeds	Products	Ignored
31	P-101	Pump	1	2	No
32			E1		
33	VLV-100	Valve	2	2-1	No
34					500.0 *
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58					
59					
60					
61					
62					
63	Aspen Technology Inc.		Aspen HYSYS Version 10		Page 1 of 1


1			Case Name: Intercambiador de calor dinamico.hsc				
2	 Company Name Not Available Bedford, MA USA	Unit Set: SI					
3		Date/Time: Fri Oct 07 02:58:18 2022					
4							
5							
6	Workbook: Case (Main)						
7							
8							
9	Material Streams					Fluid Pkg: All	
10							
11	Name	Vapor de agua	Servicios auxiliares	1	2	2-1	
12	Vapour Fraction	1.0000	0.7849	0.0000	0.5271	0.6600	
13	Temperature (C)	135.0 *	109.9	25.00 *	52.27	-6.866	
14	Pressure (kPa)	300.0 *	143.1	1500 *	1492	279.5 *	
15	Molar Flow (kgmole/h)	113.3	113.3	100.2	100.2	100.2	
16	Mass Flow (kg/h)	2040	2040	7105	7104	7104	
17	Liquid Volume Flow (m3/h)	2.044	2.044	4.550	4.550	4.550	
18	Heat Flow (kJ/h)	-2.699e+007	-2.806e+007	-1.876e+006	-8.022e+005	-8.022e+005	
19	Name	Servicios auxiliares-1					
20	Vapour Fraction	0.7951					
21	Temperature (C)	99.99					
22	Pressure (kPa)	101.3 *					
23	Molar Flow (kgmole/h)	113.3					
24	Mass Flow (kg/h)	2040					
25	Liquid Volume Flow (m3/h)	2.044					
26	Heat Flow (kJ/h)	-2.806e+007					
27	Compositions					Fluid Pkg: All	
28							
29	Name	Vapor de agua	Servicios auxiliares	1	2	2-1	
30	Comp Mole Frac (Cl2)	0.0000 *	0.0000	1.0000 *	1.0000	1.0000	
31	Comp Mole Frac (H2O)	1.0000 *	1.0000	0.0000 *	0.0000	0.0000	
32	Name	Servicios auxiliares-1					
33	Comp Mole Frac (Cl2)	0.0000					
34	Comp Mole Frac (H2O)	1.0000					
35	Energy Streams					Fluid Pkg: All	
36							
37	Name						
38	Heat Flow (kJ/h)						
39	Unit Ops						
40							
41	Operation Name	Operation Type	Feeds	Products	Ignored	Calc Level	
42	E-101	Heat Exchanger	Vapor de agua	Servicios auxiliares	No	500.0 *	
43			1	2			
44	VLV-100	Valve	2	2-1	No	500.0 *	
45	VLV-101	Valve	Servicios auxiliares	Servicios auxiliares-1	No	500.0 *	
46							
47							
48							
49							
50							
51							
52							
53							
54							
55							
56							
57							
58							
59							
60							
61							
62							
63	Aspen Technology Inc.	Aspen HYSYS Version 10				Page 1 of 1	

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA		Case Name: Sistema de almacenamiento de cloro gas dinamico.hsc			
2			Unit Set: SI			
3			Date/Time: Fri Oct 07 03:34:02 2022			
4						
5						
6	Workbook: Case (Main)					
7						
8						
9	Material Streams Fluid Pkg: All					
10						
11	Name	venteo	1	Vapor de agua	Servicios auxiliares	4
12	Vapour Fraction	0.0000	0.0000	1.0000	0.1694	0.6984
13	Temperature (C)	25.35	25.00 *	135.0 *	131.4	52.31
14	Pressure (kPa)	1500 *	1470 *	300.0 *	281.1	1493
15	Molar Flow (kgmole/h)	148.6	238.9	37.23	37.78	90.68
16	Mass Flow (kg/h)	1.054e+004	1.694e+004	670.8	680.6	6430
17	Liquid Volume Flow (m3/h)	6.748	10.85	0.6721	0.6819	4.118
18	Heat Flow (kJ/h)	-2.892e+006	-4.474e+006	-8.552e+006	-9.583e+006	-4.350e+005
19	Name	2	2-1	3	3-1	Servicios auxiliares-1
20	Vapour Fraction	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1712
21	Temperature (C)	25.30	25.35	25.35	25.35	131.4
22	Pressure (kPa)	1801	1500	1500	1500	281.5 *
23	Molar Flow (kgmole/h)	238.9	238.9	90.29	90.29	37.78
24	Mass Flow (kg/h)	1.694e+004	1.694e+004	6402	6402	680.6
25	Liquid Volume Flow (m3/h)	10.85	10.85	4.101	4.101	0.6819
26	Heat Flow (kJ/h)	-4.468e+006	-4.468e+006	-1.576e+006	-1.576e+006	-9.581e+006
27	Name	4-1				
28	Vapour Fraction	0.6986				
29	Temperature (C)	52.31				
30	Pressure (kPa)	1493 *				
31	Molar Flow (kgmole/h)	90.68				
32	Mass Flow (kg/h)	6430				
33	Liquid Volume Flow (m3/h)	4.118				
34	Heat Flow (kJ/h)	-4.347e+005				
35	Compositions Fluid Pkg: All					
36						
37	Name	venteo	1	Vapor de agua	Servicios auxiliares	4
38	Comp Mole Frac (Cl2)	1.0000	1.0000 *	0.0000 *	0.0000	1.0000
39	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000 *	1.0000 *	1.0000	0.0000
40	Name	2	2-1	3	3-1	Servicios auxiliares-1
41	Comp Mole Frac (Cl2)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.0000
42	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
43	Name	4-1				
44	Comp Mole Frac (Cl2)	1.0000				
45	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000				
46	Energy Streams Fluid Pkg: All					
47						
48	Name	E1				
49	Heat Flow (kJ/h)	6156 *				
50	Unit Ops					
51						
52	Operation Name	Operation Type	Feeds	Products	Ignored	Calc Level
53	V-101	Tank	2-1	3	No	500.0 *
54				venteo		
55	P-101	Pump	1	2	No	500.0 *
56			E1			
57	E-101	Heat Exchanger	Vapor de agua	Servicios auxiliares	No	500.0 *
58			3-1	4		
59	VLV-100	Valve	2	2-1	No	500.0 *
60	VLV-101	Valve	3	3-1	No	500.0 *
61	VLV-103	Valve	4	4-1	No	500.0 *
62	VLV-104	Valve	Servicios auxiliares	Servicios auxiliares-1	No	500.0 *
63	Aspen Technology Inc.		Aspen HYSYS Version 10		Page 1 of 1	

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA		Case Name: Sistema de almacenamiento en paralelo dinamico3.hsc			
2			Unit Set: SI			
3			Date/Time: Fri Oct 07 03:39:47 2022			
4						
5						
6	Workbook: Case (Main)					
7						
8						
9	Material Streams Fluid Pkg: All					
10						
11	Name	3	5	1	2	2-1
12	Vapour Fraction	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13	Temperature (C)	16.22	16.22	15.00 *	16.22	16.22
14	Pressure (kPa)	2907	2907	1470 *	2907	2907
15	Molar Flow (kgmole/h)	28.09	28.11	56.20	56.20	56.20
16	Mass Flow (kg/h)	1991	1993	3985	3985	3985
17	Liquid Volume Flow (m3/h)	1.275	1.277	2.552	2.552	2.552
18	Heat Flow (kJ/h)	-5.428e+005	-5.433e+005	-1.092e+006	-1.086e+006	-1.086e+006
19	Name	Ventao 1	4	3-1	4-1	Ventao 1-1
20	Vapour Fraction	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4366
21	Temperature (C)	16.22	16.22	16.22	16.37	-140.4
22	Pressure (kPa)	2891	2891	2891	2286	1.000e-002 *
23	Molar Flow (kgmole/h)	3.600e-012	28.09	28.09	28.09	3.600e-012
24	Mass Flow (kg/h)	2.553e-010	1991	1991	1991	2.553e-010
25	Liquid Volume Flow (m3/h)	1.635e-013	1.275	1.275	1.275	1.635e-013
26	Heat Flow (kJ/h)	-6.957e-008	-5.428e+005	-5.428e+005	-5.428e+005	-6.790e-008
27	Name	6	Ventao 2	5-1	6-1	Ventao 2-1
28	Vapour Fraction	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2197
29	Temperature (C)	16.22	16.22	16.22	16.37	-140.4
30	Pressure (kPa)	2891	2891	2891	2286	1.000e-002 *
31	Molar Flow (kgmole/h)	28.11	3.600e-012	28.11	28.11	3.600e-012
32	Mass Flow (kg/h)	1993	2.553e-010	1993	1993	2.553e-010
33	Liquid Volume Flow (m3/h)	1.277	1.635e-013	1.277	1.277	1.635e-013
34	Heat Flow (kJ/h)	-5.433e+005	-6.957e-008	-5.433e+005	-5.433e+005	-8.659e-008
35	Name	7	8	Vapor	Servicios auxiliares	7-1
36	Vapour Fraction	0.0000	0.2673	1.0000	0.7319	0.0000
37	Temperature (C)	16.37	51.35	135.0 *	132.9	16.56
38	Pressure (kPa)	2286	1460	300.0 *	294.1	1469
39	Molar Flow (kgmole/h)	56.20	56.20	37.02	37.02	56.20
40	Mass Flow (kg/h)	3985	3985	666.8	666.8	3985
41	Liquid Volume Flow (m3/h)	2.552	2.552	0.6682	0.6682	2.552
42	Heat Flow (kJ/h)	-1.086e+006	-6.933e+005	-8.819e+006	-9.212e+006	-1.086e+006
43	Name	Servicios Auxiliares1	8-1			
44	Vapour Fraction	0.7676	0.4870			
45	Temperature (C)	99.99	-26.71			
46	Pressure (kPa)	101.3 *	131.0 *			
47	Molar Flow (kgmole/h)	37.02	56.20			
48	Mass Flow (kg/h)	666.8	3985			
49	Liquid Volume Flow (m3/h)	0.6682	2.552			
50	Heat Flow (kJ/h)	-9.212e+006	-6.933e+005			
51	Compositions Fluid Pkg: All					
52						
53	Name	3	5	1	2	2-1
54	Comp Mole Frac (Cl2)	1.0000	1.0000	1.0000 *	1.0000	1.0000
55	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000	0.0000 *	0.0000	0.0000
56	Name	Ventao 1	4	3-1	4-1	Ventao 1-1
57	Comp Mole Frac (Cl2)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
58	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
59	Name	6	Ventao 2	5-1	6-1	Ventao 2-1
60	Comp Mole Frac (Cl2)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
61	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
62						
63	Aspen Technology Inc.		Aspen HYSYS Version 10		Page 1 of 2	

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA		Case Name: Sistema de almacenamiento en paralelo dinamico3.hsc		
2			Unit Set: SI		
3			Date/Time: Fri Oct 07 03:39:47 2022		
4					
5					
6	Workbook: Case (Main) (continued)				
7					
8					
9	Compositions (continued)				Fluid Pkg: All
10					
11	Name	7	8	Vapor	Servicios auxiliares 7-1
12	Comp Mole Frac (Cl2)	1.0000	1.0000	0.0000 *	0.0000 1.0000
13	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000	1.0000 *	1.0000 0.0000
14	Name	Servicios Auxiliares1	8-1		
15	Comp Mole Frac (Cl2)	0.0000	1.0000		
16	Comp Mole Frac (H2O)	1.0000	0.0000		
17	Energy Streams				Fluid Pkg: All
18					
19	Name	E1			
20	Heat Flow (kJ/h)	6156 *			
21	Unit Ops				
22					
23	Operation Name	Operation Type	Feeds	Products	Ignored Calc Level
24	P-100	Pump	1	2	No 500.0 *
25			E1		
26	V-100	Tank	3-1	4	No 500.0 *
27				Ventao 1	
28	V-100-2	Tank	5-1	6	No 500.0 *
29				Ventao 2	
30	E-100	Heat Exchanger	7-1	8	No 500.0 *
31			Vapor	Servicios auxiliares	
32	VLV-3	Valve	3	3-1	No 500.0 *
33	VLV-5	Valve	5	5-1	No 500.0 *
34	VLV-100	Valve	2	2-1	No 500.0 *
35	VLV-101	Valve	4	4-1	No 500.0 *
36	VLV-103	Valve	Ventao 1	Ventao 1-1	No 500.0 *
37	VLV-102	Valve	6	6-1	No 500.0 *
38	VLV-104	Valve	Ventao 2	Ventao 2-1	No 500.0 *
39	VLV-105	Valve	7	7-1	No 500.0 *
40	VLV-107	Valve	Servicios auxiliares	Servicios Auxiliares1	No 500.0 *
41	VLV-106	Valve	8	8-1	No 500.0 *
42	TEE-100	Tee	2-1	3	No 500.0 *
43				5	
44	MIX-100	Mixer	4-1	7	No 500.0 *
45				6-1	
46					
47					
48					
49					
50					
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58					
59					
60					
61					
62					
63	Aspen Technology Inc.		Aspen HYSYS Version 10		Page 2 of 2

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA		Case Name: Sistema de almacenamiento en serie dinamico2.hsc			
2			Unit Set: SI			
3			Date/Time: Fri Oct 07 03:51:53 2022			
4						
5						
6	Workbook: Case (Main)					
7						
8						
9	Material Streams					Fluid Pkg: All
10						
11	Name	1	2	2-1	Ventao 1	3
12	Vapour Fraction	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13	Temperature (C)	15.00 *	16.79	16.79	16.79	16.79
14	Pressure (kPa)	1470 *	3585	3585	3585	3585
15	Molar Flow (kgmole/h)	38.19	38.19	38.19	3.600e-012	38.19
16	Mass Flow (kg/h)	2708	2708	2708	2.553e-010	2708
17	Liquid Volume Flow (m3/h)	1.734	1.734	1.734	1.635e-013	1.734
18	Heat Flow (kJ/h)	-7.423e+005	-7.361e+005	-7.361e+005	-6.939e-008	-7.361e+005
19	Name	3-1	Ventao 1-1	4	Ventao 2	4-1
20	Vapour Fraction	0.0000	0.4366	0.0000	0.0000	0.0000
21	Temperature (C)	17.07	-140.4	17.07	17.07	17.33
22	Pressure (kPa)	2466	1.000e-002 *	2466	2466	1347
23	Molar Flow (kgmole/h)	38.19	3.600e-012	38.19	3.600e-012	38.19
24	Mass Flow (kg/h)	2708	2.553e-010	2708	2.553e-010	2708
25	Liquid Volume Flow (m3/h)	1.734	1.635e-013	1.734	1.635e-013	1.734
26	Heat Flow (kJ/h)	-7.361e+005	-6.790e-008	-7.361e+005	-6.939e-008	-7.361e+005
27	Name	Ventao 2-1	5	Vapor	Servicios auxiliares	Servicios Auxiliares1
28	Vapour Fraction	0.2197	0.4902	1.0000	0.7284	0.7643
29	Temperature (C)	-140.4	47.77	135.0 *	132.9	99.99
30	Pressure (kPa)	1.000e-002 *	1343	300.0 *	294.0	101.3 *
31	Molar Flow (kgmole/h)	3.600e-012	38.19	37.16	37.16	37.16
32	Mass Flow (kg/h)	2.553e-010	2708	669.4	669.4	669.4
33	Liquid Volume Flow (m3/h)	1.635e-013	1.734	0.6708	0.6708	0.6708
34	Heat Flow (kJ/h)	-8.659e-008	-3.367e+005	-8.854e+006	-9.253e+006	-9.253e+006
35	Name	5-1				
36	Vapour Fraction	0.6595				
37	Temperature (C)	-26.71				
38	Pressure (kPa)	131.0 *				
39	Molar Flow (kgmole/h)	38.19				
40	Mass Flow (kg/h)	2708				
41	Liquid Volume Flow (m3/h)	1.734				
42	Heat Flow (kJ/h)	-3.367e+005				
43	Compositions					Fluid Pkg: All
44						
45	Name	1	2	2-1	Ventao 1	3
46	Comp Mole Frac (Cl2)	1.0000 *	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
47	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000 *	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
48	Name	3-1	Ventao 1-1	4	Ventao 2	4-1
49	Comp Mole Frac (Cl2)	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
50	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
51	Name	Ventao 2-1	5	Vapor	Servicios auxiliares	Servicios Auxiliares1
52	Comp Mole Frac (Cl2)	1.0000	1.0000	0.0000 *	0.0000	0.0000
53	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000	0.0000	1.0000 *	1.0000	1.0000
54	Name	5-1				
55	Comp Mole Frac (Cl2)	1.0000				
56	Comp Mole Frac (H2O)	0.0000				
57	Energy Streams					Fluid Pkg: All
58						
59	Name	E1				
60	Heat Flow (kJ/h)	6156 *				
61						
62						
63	Aspen Technology Inc.		Aspen HYSYS Version 10		Page 1 of 2	

1	 Company Name Not Available Bedford, MA USA	Case Name: Sistema de almacenamiento en serie dinamico2.hsc
2		Unit Set: SI
3		Date/Time: Fri Oct 07 03:51:53 2022
4		
5		

Workbook: Case (Main) (continued)

Unit Ops

Operation Name	Operation Type	Feeds	Products	Ignored	Calc Level
P-100	Pump	1 E1	2	No	500.0 *
VLV-100	Valve	2	2-1	No	500.0 *
VLV-101	Valve	3	3-1	No	500.0 *
VLV-103	Valve	Ventao 1	Ventao 1-1	No	500.0 *
VLV-102	Valve	4	4-1	No	500.0 *
VLV-104	Valve	Ventao 2	Ventao 2-1	No	500.0 *
VLV-107	Valve	Servicios auxiliares	Servicios Auxiliares1	No	500.0 *
VLV-106	Valve	5	5-1	No	500.0 *
V-100	Tank	2-1	3 Ventao 1	No	500.0 *
V-100-2	Tank	3-1	4 Ventao 2	No	500.0 *
E-100	Heat Exchanger	4-1 Vapor	5 Servicios auxiliares	No	500.0 *