



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Química

**Simulación de un proceso extracción
hidrotermal de hemicelulosa utilizando Aspen
Plus® con Aspen Polymers®**

Autor:

IZQUIERDO GONZÁLEZ, ÁLVARO

Tutor:

Serna García, Juan

Ramos Andrés, Marta

**Departamento de Ingeniería Química y
Tecnología del Medio Ambiente**

Valladolid, Julio de 2018

RESUMEN

Este proyecto tiene por objetivo el diseño y creación de un método de simulación del tratamiento de la biomasa lignocelulósica mediante la utilización del software Aspen Plus® con Aspen Polymers®.

El proceso se basa en la extracción hidrotérmica, con 5 reactores, de las celulosas y hemicelulosas y una posterior separación con membranas de rangos de corte entre 5 a 30 kDa. Está diseñado en 3 grandes bloques como son la etapa de extracción, la etapa de separación y la etapa de purificación.

Inicialmente se ha creado una base de datos de compuestos mediante la utilización de Aspen Polymers® que nos permita simular las propiedades de estos polímeros

A continuación, los distintos pasos se han diseñado mediante las herramientas propias del programa, con la utilización a mayores de hojas de cálculo de Excel integradas para la simulación de la extracción y la separación de los distintos compuestos.

La simulación permite obtener, a partir de la composición de la biomasa utilizada y distintos parámetros de operación cómo será la temperatura y el tiempo de residencia del sólido, los componentes extraídos y la separación de estos obtenida.

PALABRAS CLAVE

Biomasa; biorrefinería; hemicelulosa; extracción; Aspen Plus®; Aspen Polymers®; ultrafiltración; simulación

ABSTRACT

This project focuses on the design and creation of a simulation method for the treatment of lignocellulosic biomass through the use of Aspen Plus® software

The process is based on the hydrothermal extraction of the celluloses and hemicelluloses and a subsequent separation with membranes with molecular weights cut off from 5 to 30 kDa. It is designed in 3 large blocks such as the extraction stage, the separation stage and the purification stage.

Initially a database of compounds was created by using Aspen Polymers® that allows us to simulate the properties of these polymers

Then, the different steps have been designed using the program's own tools, with the use of integrated Excel spreadsheets to simulate the extraction and separation of the different compounds.

The simulation makes it possible to obtain, from the composition of the biomass used and different operating parameters, such as the temperature and residence time of the solid, the components extracted and the separation of these obtained.

KEYWORDS

Biomass; biorrefinery; hemicellulose; extraction; Aspen Plus; Aspen Polymers; ultrafiltration; simulati3n

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
PALABRAS CLAVE	3
ABSTRACT.....	4
KEYWORDS.....	4
ÍNDICE	5
1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. BIOMASA Y POLÍMEROS NATURALES	7
1.1.1. BIOMASA LIGNOCELULÓSICA	7
1.1.2. CLASIFICACIÓN	8
1.1.3. COMPONENTES	8
1.1.3.1. COMPONENTES ESTRUCTURALES	8
1.1.3.1.1. CELULOSA	9
1.1.3.1.2. HEMICELULOSA.....	10
1.1.3.1.3 LIGNINA	13
1.1.3.2 COMPONENTES NO ESTRUCTURALES	14
1.2. EXTRACCIÓN E HIDRÓLISIS DE HEMICELULOSAS.....	15
1.2.1. METODO HIDROTERMAL “AUTOHIDRÓLISIS”	15
1.2.2. PRODUCTOS DE DEGRADACIÓN	16
1.3. SEPARACIÓN POR MEMBRANAS	17
1.4. MODELADO Y DISEÑO DE PROCESOS	21
2. OBJETIVOS	22
3. MODELIZADO DEL SISTEMA.....	23
3.1. PROCESO EXPERIMENTAL DE BASE.....	23
3.2. COMPONENTES PRINCIPALES	24
3.3. MODELO TERMODINÁMICO	28
3.4. PARÁMETROS DE HIDRÓLISIS.....	29
3.5. PARÁMETROS DE SEPARACIÓN por ULTRAFILTRACIÓN	30
4. SIMULACIÓN EXTRACCIÓN DE HEMICELULOSAS	32
4.1. CONFIGURACIÓN DIRECTA + LAVADO (A).....	38

4.1.1 DIAGRAMA SIMULACIÓN	39
4.1.2 DIAGRAMA DE FLUJO.....	40
4.1.3 BALANCE DE MATERIA.....	41
4.2. CONFIGURACIÓN INVERSA + LAVADO (B)	42
4.2.1 DIAGRAMA SIMULACIÓN	43
4.2.2 DIAGRAMA DE FLUJO.....	44
4.2.3 BALANCE DE MATERIA.....	45
4.3. CONFIGURACIÓN DIRECTA SIMPLE (C)	46
4.3.1 DIAGRAMA SIMULACIÓN	47
4.3.2 DIAGRAMA DE FLUJO.....	48
4.3.3 BALANCE DE MATERIA.....	49
4.4 RESULTADOS	50
5. CONCLUSIONES	53
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	54
<i>ANEXOS</i>	57

1. INTRODUCCIÓN

1.1. BIOMASA Y POLÍMEROS NATURALES

1.1.1. BIOMASA LIGNOCELULÓSICA

La biomasa lignocelulósica está formada por diversos compuestos presentes en la estructura de la pared celular de tejidos vegetales. Estas paredes celulares están constituidas por una red de microfibrillas de celulosa cubiertas por hemicelulosas. Sobre ellas se deposita la lignina. La mayor parte de la biomasa lignocelulósica está compuesta por 35-55% celulosa, 20-40% de hemicelulosa y 10-25% de lignina.

La biomasa lignocelulósica varía en composición dependiendo del tipo de biomasa, localización, condiciones climáticas y el suelo donde crece.¹

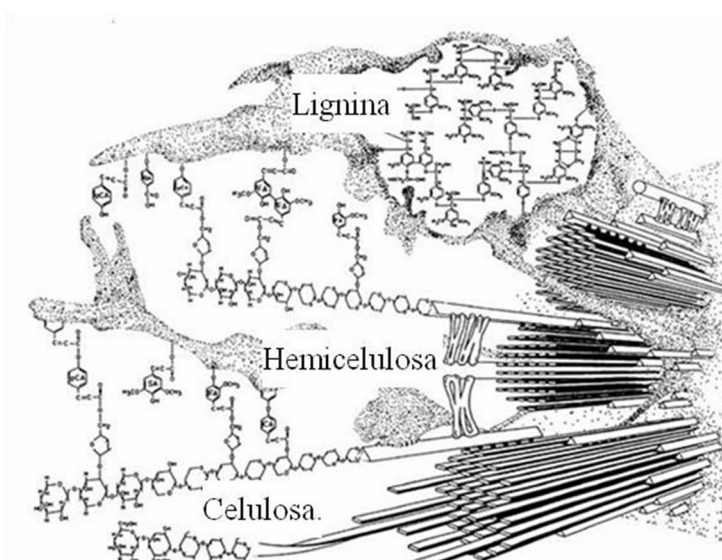


Figura 1. Matriz Lignocelulósica

La estructura característica de la matriz lignocelulósica (Figura 1) se debe a la función que esta desarrolla en las plantas. La pared celular sostiene la estructura vegetal para poder captar la radiación solar en las partes aéreas de las plantas. Las células lignificadas proporcionan, principalmente a los tallos, mayor resistencia mecánica y esbeltez mejorando la regulación del flujo de agua y su resistencia a patógenos.²

Este tipo de biomasa incluye residuos agrícolas, cultivos, pastos, residuos de madera, residuos forestales y papel.

1.1.2. CLASIFICACIÓN

Los materiales lignocelulósicos pueden clasificarse en 3 grupos que se diferencian por sus propiedades mecánicas, por sus características físicas y por su composición química.

- Maderas de resinosas (también llamadas “softwood” o maderas blandas), que corresponden a árboles de hoja perenne (gimnospermas).

- Maderas de frondosas (también llamadas “hardwood” o maderas duras), que corresponden a árboles de hoja caduca (angiospermas).

- Materiales Agrícolas.

Al analizar los materiales lignocelulósicos presentes en la estructura de las células vegetales se distinguen inicialmente dos grandes grupos:

- Componentes estructurales.

Los tres polímeros estructurales de los tejidos vegetales son la hemicelulosa, celulosa y la lignina. La celulosa y la lignina pueden unirse directamente o mediante el recubrimiento de hemicelulosa como puede verse en la Figura 1.

En paredes no lignocelulósicas aparece otro componente formado por sustancias pécticas (pectina).

- Componentes secundarios.

Los componentes secundarios se encuentran en menor proporción y pueden ser de dos tipos. Por un lado, tenemos componentes con bajo peso molecular que son hidrosolubles y extraíbles con solventes orgánicos denominados extractos, por otro lado, compuestos minerales comúnmente llamados cenizas.

1.1.3. COMPONENTES

1.1.3.1. COMPONENTES ESTRUCTURALES

Los vegetales presentan entre un 60 a un 80% de polisacáridos de alto peso molecular. Estos polisacáridos se denominan holocelulosas y pueden ser de dos tipos. La celulosa, polímero lineal y de largas cadenas, y la hemicelulosa, polímero ramificado y de cadenas más cortas que pueden ser extraída en condiciones alcalinas.

1.1.3.1.1. CELULOSA

La celulosa es el principal componente de los materiales lignocelulósicos. Constituye la fracción mayoritaria en los materiales lignocelulósicos, con proporciones del 40-50% en las maderas y del 25-40% en los materiales agrícolas. Se distingue de los extractos ya que es insoluble en agua y en disolventes orgánicos, de las hemicelulosas ya que estas se disuelven en soluciones alcalinas y la celulosa no y de la lignina, por su resistencia a agentes oxidantes mientras que la lignina se degrada.

La estructura química de la celulosa (Figura 2) es un polímero lineal formado por unidades de β -D-glucosa unidas por enlaces $\beta 1 \rightarrow 4$ con una gran ordenación interna, presenta un grado de polimerización de 1000 a 15000 unidades. La celulosa se agrupa en la pared celular formando las fibrillas elementales que a su vez se agrupan formando las microfibrillas.

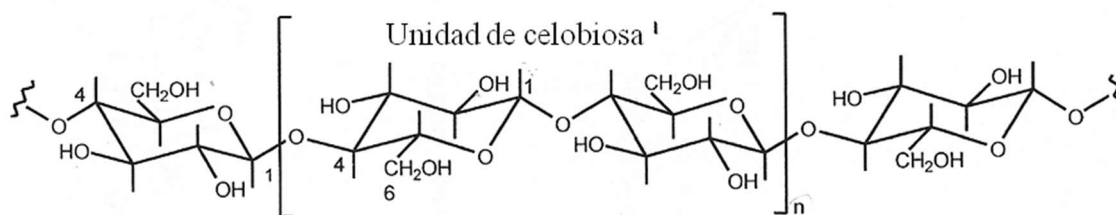


Figura 2. Estructura de la celulosa

El enlace glicosídico se forma al reaccionar el grupo -OH del carbono anomérico (carbono 1) de la primera β -D-glucopiranososa con el grupo -OH del carbono 4 de la segunda β -D-glucopiranososa. Se trata de un enlace muy estable y rígido que confiere esa resistencia a la celulosa.

La conformación de piranososa, estructura de silla, presenta los hidrógenos en posición axial y los grupos -OH y -CH₂OH y el enlace glicosídico en posición ecuatorial. Esta disposición ecuatorial, hacia el exterior de la estructura, de los grupos -OH permite la formación de enlaces por puentes de hidrógeno con otras estructuras de celulosa formando las fibrillas elementales.

Las fibrillas elementales están formadas por entre unas 40 y 100 cadenas de celulosa con regiones de estructura cristalina y otras con estructura amorfa. La estructura cristalina confiere a la celulosa la resistencia mecánica mientras que la estructura amorfa le confiere elasticidad.

Las microfibrillas (*Figura 3*) están formadas por fibrillas elementales y forman las paredes celulares de los vegetales orientándose de distinta forma según las capas.

Además, esta estructura con forma de cinta generada por la formación de puentes de hidrógeno presenta los hidrógenos en su superficie, resultando hidrofóbica.

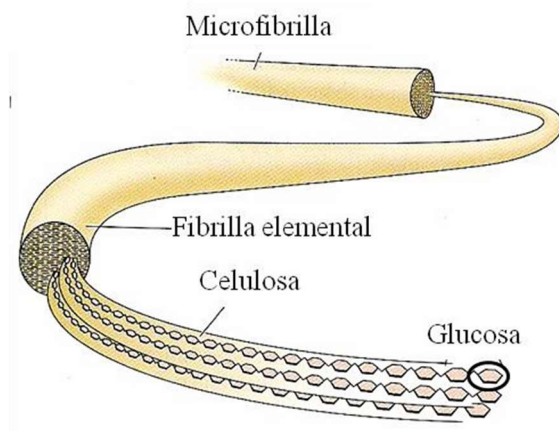


Figura 3. Estructura de una microfibrilla

1.1.3.1.2. HEMICELULOSA

Las hemicelulosas son heteropolímeros formados principalmente por tres hexosas, azúcares simples de seis carbonos como son la glucosa, galactosa y manosa, y dos pentosas, azúcares simples de cinco carbonos como son la xilosa y la arabinosa. Ramnosa y fructosa pueden estar en pequeñas proporciones también. Las cadenas de hemicelulosa pueden presentar ramificaciones que contienen grupos acetilo y ácidos urónicos.³

Las hemicelulosas (*Figura 4*), con un grado de polimerización menor que la celulosa, genera cadenas ramificadas por lo que no tiene zonas cristalinas. Estas van a ser más vulnerables a reactivos químicos dado que los puentes de hidrógeno que forman entre ellas son más débiles.

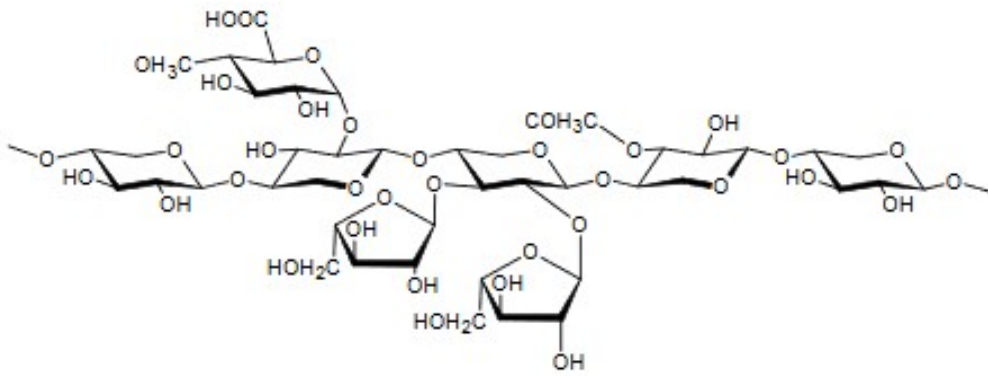


Figura 4. Estructura de la hemicelulosa

Las hemicelulosas sirven de unión entra la celulosa y la lignina de la pared celular de los vegetales. Están presentes en proporciones del 15-40% dependiendo de si se trata de un material maderero o no y son fácilmente extraíbles. ³

Los monosacáridos principales que encontramos en las hemicelulosas son cinco; tres hexosas (Figura 5): glucosa, manosa y galactosa y dos pentosas (Figura 6): la xilosa y la arabinosa.

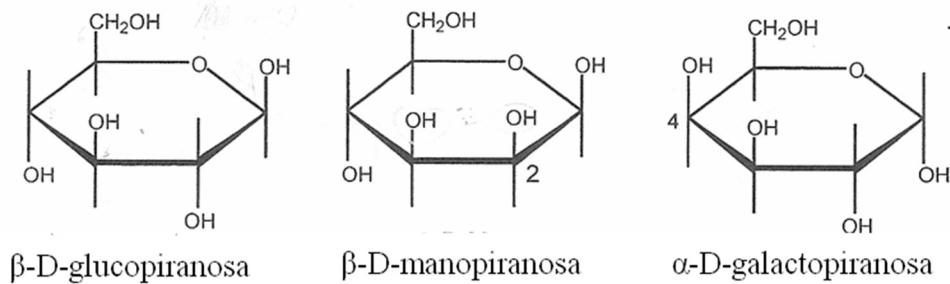


Figura 5. Hexosas presentes en la hemicelulosa

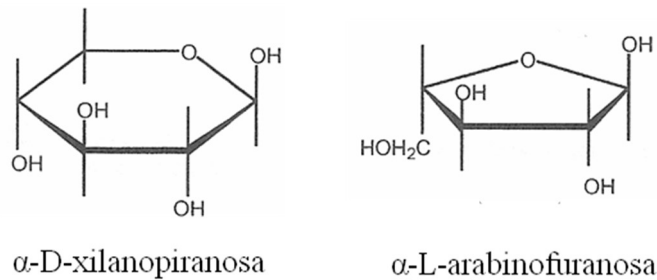


Figura 6. Pentosas presentes en la hemicelulosa

La pared vegetal también puede presentar derivados de los anteriores monosacáridos. Los ácidos urónicos (Figura 7) son los más frecuentes.

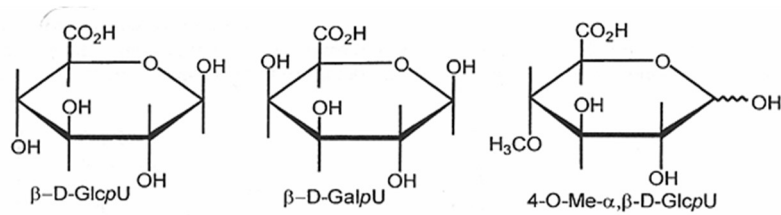


Figura 7. Ácidos Urónicos frecuentes en la pared vegetal

TIPOS DE POLÍMEROS DE HEMICELULOSA:

La denominación que reciben varía mucho, siendo habitual que el nombre derive del monómero mayoritario.

XILANOS: Son los heteropolímeros más largos constituidos principalmente por xilosa; hasta 190 unidades, mayoritarios en las maderas de frondosas (20-30%) y en residuos agrícolas, apareciendo en porcentajes apreciables en las maderas de resinosas siendo el segundo polisacárido más abundante en el mundo vegetal después de la celulosa.

Dependiendo del tipo de madera, puede aparecer como arabinoglucoroxilano, que corresponde a un esqueleto de xilosa con residuos laterales de ácido metilglucourónico o arabinofuranosa, que estabilizan la molécula frente a las bases con un grado de polimerización alrededor de 100.

En las maderas de frondosas es frecuente la sustitución de xilanos con grupos 4-O-acetil-metil-O-glucourónico. Es un polímero más largo (grado de polimerización medio de aproximadamente 190 unidades) que también presentan sustitución con grupos acetilo.

La distribución de azúcares y el grado de polimerización varía entre los distintos materiales dependiendo de la procedencia de la madera o el residuo agrícola elegido, pudiéndose encontrar en las cadenas y en las ramificaciones monómeros de arabinosa y galactosa.³

MANANOS: Son el heteropolímero mayoritario en las maderas de resinosas, y aparece en pequeñas proporciones en maderas de frondosas y en materiales agrícolas. Los enlaces entre unidades de manosa son más fácilmente hidrolizables por ácidos que entre unidades de glucosa.

Pueden aparecer como cadenas de manosa y glucosa únicamente o presentar ramificaciones de una única unidad de galactosa y de grupos acetilo. A mayor

número de unidades de galactosa aumenta la solubilidad en agua y disminuye la solubilidad en álcalis.

Los grupos acetilo se encuentran mayoritariamente en la manosa, aunque una parte aparece en la glucosa.

GALACTANOS: Heteropolímeros de galactosa presentes en pequeñas proporciones en maderas resinosas. Estos polímeros se encuentran muy ramificados con cadenas laterales de arabinosas y ácidos urónicos presentando una gran solubilidad en agua.

GLUCANOS: Son heteropolímeros ramificados de glucosa con un grado de polimerización de 200, no lineales a diferencia de la celulosa. Se encuentran en maderas resinosas y materiales agrícolas.

XILOGLUCANOS: Se encuentran presentes en maderas de resinosas en proporciones bajas. Es un heteropolímero, constituido mayoritariamente de glucosa (con enlaces β 1 \rightarrow 4) y xilosa (α , 1 \rightarrow 6). Puede presentar trazas de arabinosa, galactosa, fructosa y grupos acetilo.

GALACTOGLUCOMANANOS: Se encuentran en maderas de coníferas o gimnoespermas en proporciones del 10-15%. La estructura está formada por unidades de β -D-glucopiranosil y β -D-manopiranosil unidas por un enlace β 1 \rightarrow 4 y que pueden estar sustituidas por grupos acetilo o α -d-galactopiranosil.⁴

SUSTANCIAS PÉCTICAS: Conjunto de heteropolímeros con un esqueleto de ácido galacturónico con enlaces α ,1 \rightarrow 4. Se encuentran en la pared primaria y en la lámina media en mayor proporción en células que no han lignificado. Este conjunto de sustancias forma la pectina, un compuesto cementante de la pared celular.³

1.1.3.1.3 LIGNINA

La lignina es un polímero aromático de estructura tridimensional bastante compleja, muy ramificada y amorfa con carácter hidrófobo, formada por la condensación de precursores fenólicos unidos por diferentes enlaces.

Entre sus funciones se encuentran la de rodear y proteger a las fibras de celulosa, proporcionar rigidez, impermeabilizar y proteger de ataques enzimáticos.⁵

Se sintetiza por la polimerización deshidrogenativa de tres alcoholes aromáticos de tipo fenilpropano, denominados alcoholes cinamílicos (*Figura 8*).

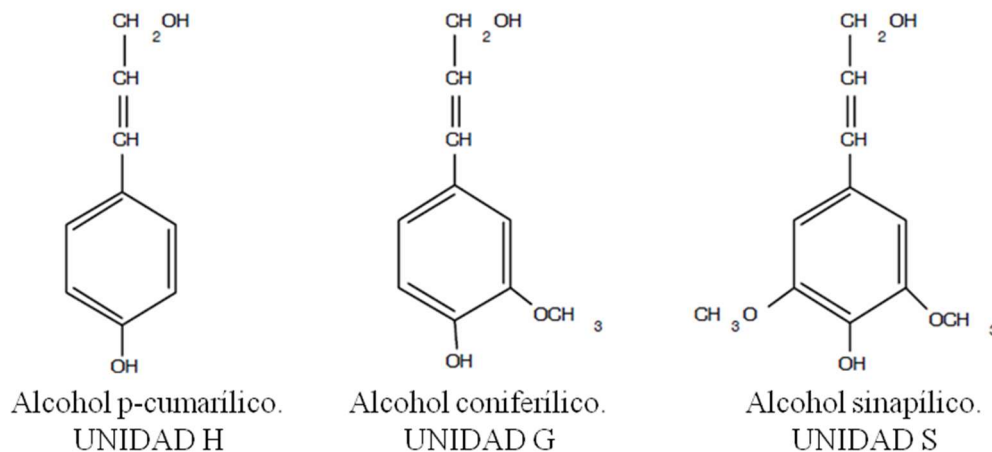


Figura 8. Alcoholes cinamílicos

Los polímeros de lignina presentan un peso molecular de unas 10.000 uma. Se caracteriza por ser un complejo aromático del que existen muchos polímeros estructurales. Las unidades fenilpropano están interconectadas entre sí por una serie de enlaces de tipo éter (C-O-C) y carbono-carbono (C-C), en los que participan tanto los anillos aromáticos como las cadenas laterales. El acoplamiento aleatorio de estos radicales genera la estructura tridimensional, amorfa, característica de la lignina. Es el polímero natural más complejo con relación a su estructura y heterogeneidad, incluso dentro de una misma planta, la lignina puede estar formada por distintos tipos de unidades. Por esta razón no es posible describir una estructura definida de la lignina.⁵

El contenido en lignina de las células vegetales varía entre 20-26% en maderas de frondosas, entre 26-32% en maderas de resinosas y entre 10-20% en maderas agrícolas.

1.1.3.2 COMPONENTES NO ESTRUCTURALES

Los componentes no estructurales son aquellos que no forman parte de la estructura de la pared celular en células vegetales. Suelen comprender entre un 5-10% de la biomasa lignocelulósica.

AGUA: Presente en la biomasa debido a los procesos fisiológicos propias de las plantas y de la capacidad higroscópica de estas.

CENIZAS: Sales minerales como cloruros, carbonatos y sulfatos o incrustaciones de sílice.

EXTRACTOS: Componentes heterogéneos fácilmente extraíbles sin necesidad de reacciones químicas.

PROTEINAS: Componentes intrínsecos a la naturaleza de los seres vivos.

1.2. EXTRACCIÓN E HIDRÓLISIS DE HEMICELULOSAS

La última década ha traído nuevos inventos y aplicaciones basados en hemicelulosas. Se han estudiado diferentes géneros de biopolímeros, fibras de carbono, combustibles y sustancias químicas derivados de la hemicelulosa o furano como furfural y hidroximetilfurfural (HMF) y se han desarrollado métodos para obtener los monosacáridos de azúcares poco comunes hidrolizando hemicelulosas.

Ácidos orgánicos comunes como el ácido fórmico y levulínico pueden ser fácilmente producidos por hidrólisis de furfural y HMF.

La hemicelulosa extraída puede ser modificada con diferentes grupos funcionales y en el futuro, este tipo de invenciones pueden conducir a diversos productos farmacéuticos y envases con aplicaciones tales como láminas de polielectrolito

Diversos métodos de extracción como: tratamiento alcalino, tratamiento con vapor, explosión de vapor, hidrólisis ácida e hidrotermal, han sido desarrollados para este fin.

1.2.1. METODO HIDROTERMAL “AUTOHIDRÓLISIS”

Dentro de los tratamientos anteriormente expuestos, la hidrólisis hidrotermal es uno de los más eficaces y menos contaminantes del medio ambiente.

Se trata de un método no tóxico y que no utiliza disolventes corrosivos a diferencia de algunos de los anteriores citados como la hidrólisis alcalina o la hidrólisis acida. Dado que no se utilizan sustancias corrosivas, no requiere la utilización de reactores especiales y no existe el coste asociado de post tratamiento de efluentes contaminantes.⁶

Utilizando un caudal de agua presurizada y calentado a la temperatura deseada para realizar la extracción, lo haremos pasar por un reactor con una carga de biomasa lignocelulósica.

El fraccionamiento de la biomasa lignocelulósica tiene lugar en fase sólida donde la celulosa y la hemicelulosa empiezan a romperse en oligómeros de menor masa molecular. Cuando se alcanza una determinada longitud de cadena, estos oligómeros pasan a ser parcialmente solubles en agua y la hidrólisis se lleva a cabo en fase sólida y fase acuosa.

Dependiendo de la temperatura y el tiempo de residencia, los oligómeros extraídos sufren un proceso de hidrólisis donde, se despolimerizan en monómeros y a su vez estos en productos de degradación.

Temperaturas entre 140-190°C son suficientes para extraer las hemicelulosas, mientras que la extracción de la celulosa requiere temperaturas por encima de los 230°C (G. Gallina⁶).

Factores que intervienen en la extracción:

- 1- Temperatura.
- 2- Tiempos de residencia y reacción de los compuestos.
- 3- pH del medio de reacción.

1.2.2. PRODUCTOS DE DEGRADACIÓN

Tras la extracción, los oligómeros solubilizados inician un proceso en fase líquida de hidrólisis y degradación.

La hidrólisis de las hemicelulosas en agua comienza a partir de 100°C con dos reacciones principales:

1. Los grupos acetilo del xilano son reducidos a ácido acético catalizando la auto hidrólisis del oligómero.
2. El oligómero es hidrolizado para obtener azúcares monoméricos que serán degradados en condiciones de temperatura más altas (170°C) mediante una deshidratación a furfural.

Por otra parte, la celulosa requiere temperaturas más altas para su hidrólisis y degradación, alrededor de los 200°C, donde la depolimerización de las cadenas más largas generará moléculas de glucosa y fructosa (por isomerización) que dará lugar a compuestos de degradación (**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) como ácido fórmico, formaldehído y ácido láctico.

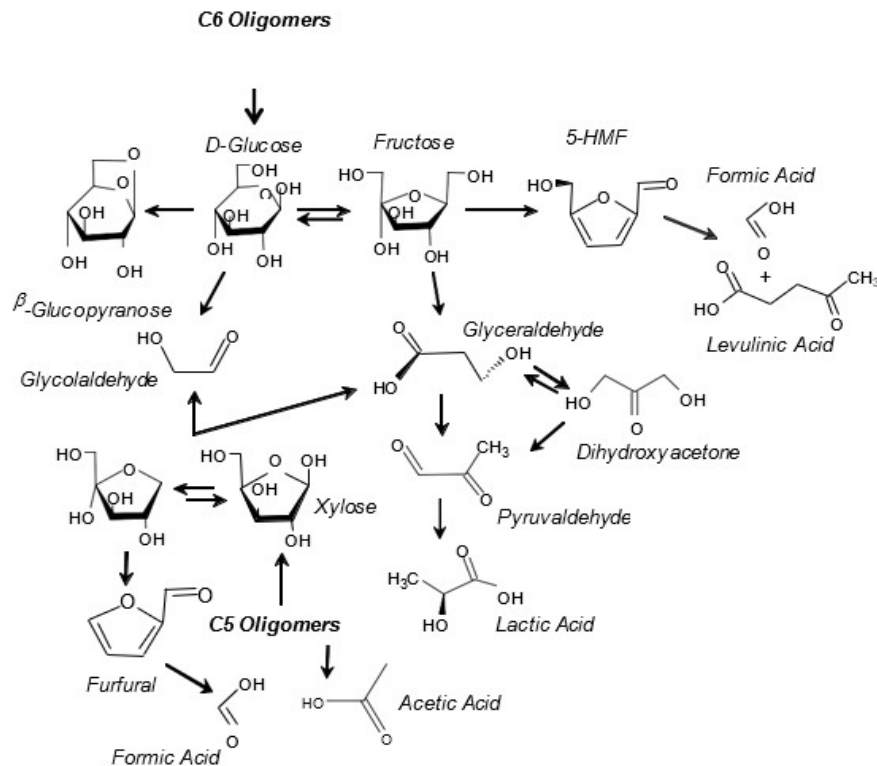


Figura 9. Productos de degradación⁷

1.3. SEPARACIÓN POR MEMBRANAS

La separación por membranas se caracteriza por ser una técnica de separación por masas moleculares que es fácil de operar, tiene un bajo coste de energía (pues no hay que destilar) y, en general, no requiere la adición de otros productos químicos (o éstos son muy bajos y sólo para limpieza).

La técnica engloba a una serie de procesos de separación diferentes y muy característicos basados todos ellos en la utilización de una membrana semi-permeable. La membrana actuará como una pared selectiva, dejando pasar determinados compuestos ya sea por la aplicación de una alta presión, de un gradiente de concentración a ambos lados de la membrana o la aplicación de un potencial eléctrico mientras que otros compuestos se quedarán retenidos en ella.⁸

Dado que los compuestos que vamos a querer separar van a tener unas masas molares comprendidas entre 1 kDa y 30 kDa, utilizaremos la técnica de ultrafiltración.

La ultrafiltración es una técnica muy atractiva para la separación de compuestos sensibles ya que permite realizarse a temperatura ambiente, y no necesita la utilización operaciones mecánicas, como puede ser la centrifugación o la adición de otros solventes más que el agua.

El tamaño de corte utilizado en estas membranas suele variar entre los 10-20 kDa aunque pueden utilizarse tamaños más pequeños, 3 kDa hasta 300 kDa como sugieren otros autores⁹. Es importante destacar que los biopolímeros tienen una gran incidencia en la viscosidad de la disolución en la que se encuentran y pueden formar un gel cuando alcanza un valor límite de concentración. Por lo tanto, la elección de la membrana a utilizar debe ser específica para cada tipo de compuesto.

La separación de biopolímeros por membranas es un fenómeno complejo gobernado por tres mecanismos principales: exclusión por tamaño, repulsión o atracción electrostática e interacciones hidrofóbicas/hidrofílicas.

La separación, en general, se puede basar en una adsorción preferencial o en la atracción electrostática, pero la necesidad de mantener un flujo adecuado hace que la exclusión por tamaño de poro el mecanismo más importante. El funcionamiento es simple; polímeros con un tamaño mayor que el tamaño de poro se retendrán y los de un tamaño menor pasarán.

Anteriormente, la retención en la membrana se evaluaba mediante correlaciones entre el diámetro hidrodinámico del polímero y la anchura de poro, conocidos la anchura de poro y el tamaño del polímero. Cuando no se tenían medidas precisas de estas dimensiones, los polímeros se simplificaban tomándose como partículas esféricas rígidas mediante correlaciones e idealizando la distribución y dimensión de los poros en la membrana.

Estas correlaciones, pueden no cumplirse a causa de la elasticidad de los polímeros o su ramificación permitiendo que polímeros considerablemente más grandes que el tamaño de poro atraviesen las membranas y otros más pequeños se retengan, por ello la retención ha pasado a considerarse en términos de la masa molecular de corte de la membrana.

Cabe destacar que un polímero flexible nunca podrá ser 100% retenido y para obtener retenciones de un 99% y 99,9%, son necesarias unas relaciones masa molecular del polímero/masa molecular de corte igual a 150 y 600 respectivamente. Para la obtener un 100% de retención en un polímero rígido, se necesita una ratio de 100 en relación al tamaño partícula con respecto al tamaño del poro.¹⁰

TIPOS DE MEMBRANAS

Existen varias geometrías para las membranas de ultrafiltración.

Membranas en espiral: Son las membranas más económicas, pero a la vez las más sensibles a la contaminación. Están compuestas por dos capas de membrana (Figura 10)¹¹ enrolladas alrededor de un tubo colector del permeado¹².

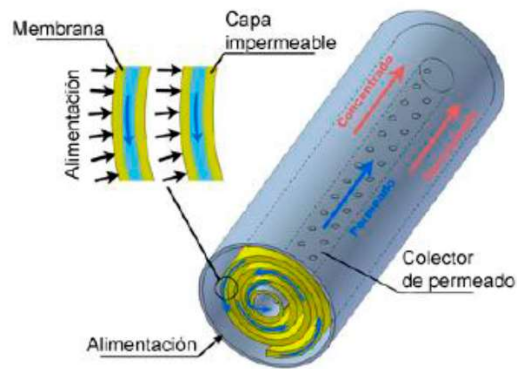


Figura 10. Membrana en espiral

Membranas tubulares: Este tipo de membranas se utilizan para tratar flujos viscosos ya que los tubos interiores de la membrana tienen diámetros lo suficientemente grandes como para no atascarse¹². Estos tubos se sujetan en un soporte donde el flujo va de adentro a fuera (Figura 11)¹³. La superficie útil es baja.

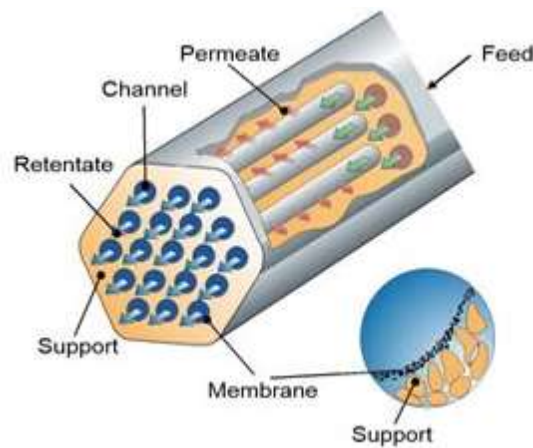


Figura 11. Membrana tubular

Membranas de fibras huecas: Tienen la misma disposición que las membranas tubulares, pero con tubos de diámetros menores a 0,1 μm . Presentan una gran superficie de filtración, pero se obstruyen con mayor facilidad (Figura 12)¹⁴.

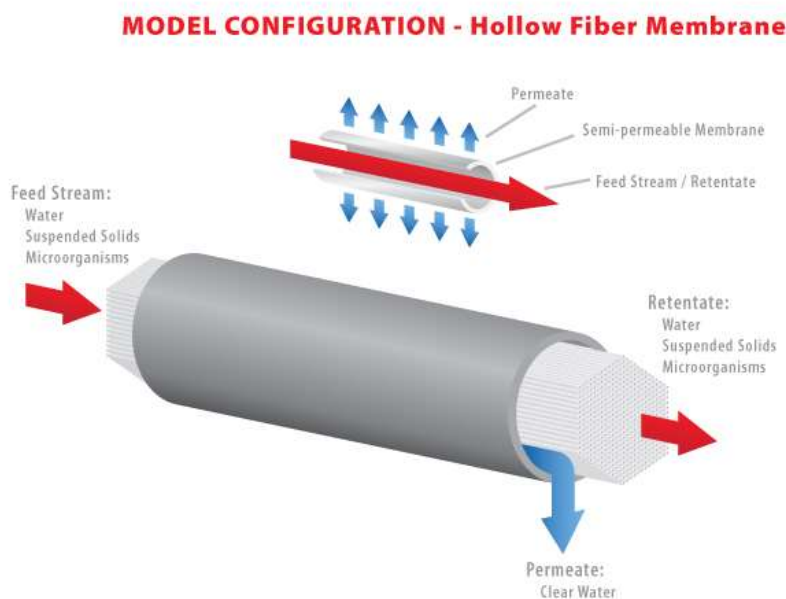


Figura 12. Membrana de fibra hueca (hollow fiber)

En esta tabla, están recogidos distintas membranas comerciales para ultrafiltración de biopolímeros y sus características tanto físicas como químicas.⁹

Tabla 1. Membranas típicas en ultrafiltración de biopolímeros

Name	Composition	Configuration	MWCO, kD	Area, m^2	Permeability, $\text{dm}^3/\text{s}\cdot\text{m}^2\cdot\text{bar}$
Amicon	CA	Hollow fiber	10	0.9	0.027
Pall	PES	Cassette	10	0.09	0.052
Polymem	PS	Hollow fiber	6	0.006	0.087

CA: cellulose acetate; PES: polyethersulfone; PS: polysulfone

1.4. MODELADO Y DISEÑO DE PROCESOS

Los programas de simulación se han convertido en una herramienta indispensable en los últimos años a la hora de realizar el diseño de un proceso químico. Gracias a la capacidad de cálculo de estos, junto con la creación de bases de datos termodinámicos podemos simular y conocer las características fisicoquímicas de un proceso y la variación de estas frente a diferentes condiciones de operación.

Existen varios programas actualmente con gran capacidad de cálculo y que ofrecen numerosas posibilidades a la hora de construir la simulación como son Aspen Plus, HYSYS o Chemcad.

Estos programas permiten dividir el proceso en operaciones unitarias, cada una con sus propias características, realizando un cálculo secuencial de los balances de materia y energía de las corrientes del proceso. Para realizar estos cálculos tendremos que definir los compuestos a utilizar, elegir un modelo termodinámico con el que realizar los cálculos y diseñar el diagrama de simulación (flowsheet) conectando las corrientes a los distintos bloques de operación.

La selección, del modelo termodinámico y de los compuestos a utilizar, suele ser fácil para procesos comunes de la industria química. Utilizan compuestos ampliamente estudiados de los cuales se tienen bases de datos de sus propiedades fisicoquímicas como puede ser el petróleo y sus derivados (CH_4 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, CH_3COOH , etc).

Cuando se quiere realizar simulaciones con polímeros naturales la cosa cambia, ya que existen pocos compuestos definidos, por lo que hay que usar herramientas adicionales para calcular sus propiedades y el software de estos programas no siempre proporciona los bloques unitarios característicos que realicen operaciones como pueden ser la auto hidrólisis o la separación por membranas.

Por ello, con el objetivo de ser capaces de simular distintos procesos de pretratamiento en una biorefinería, en concreto, el fraccionamiento por autohidrólisis con agua subcrítica y la posterior separación/concentración de los biopolímeros extraídos con membranas de ultrafiltración, será necesario definir los compuestos como polímeros y oligómeros y crear las operaciones unitarias específicas.

Realizar los balances de materia y energía de manera fiable y reproducible, utilizando estos simuladores de procesos de alto nivel, es crucial para las etapas posteriores de diseño, dimensionado y puesta en marcha de las nuevas unidades de proceso.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es el desarrollo de una simulación mediante el simulador de procesos Aspen Plus que permita conocer la cantidad y composición de productos hemicelulósicos extraídos mediante el método hidrotermal, así como su separación en distintas fracciones mediante membranas de ultrafiltración.

Este objetivo se llevará a cabo mediante los siguientes objetivos específicos:

1. Definir los biopolímeros característicos de la biomasa lignocelulósica.
2. Simular los valores de flujos y concentración de un proceso de extracción hidrotermal de hemicelulosas en función de la temperatura y el tiempo de residencia del sólido.
3. Simular la separación de los compuestos obtenidos mediante un proceso de separación por membranas con distintas configuraciones.
4. Simular la purificación de dichos compuestos.
5. Comparar las distintas configuraciones para conocer cuáles son las mejores condiciones de operación para obtener el producto deseado.
6. Utilizar los datos obtenidos como guía para el desarrollo de una planta de laboratorio que lleve a cabo este proceso conociendo las condiciones de operación idóneas.
7. Posibilitar la mejora de la simulación, complementando los datos de los balances de la etapa de extracción con modelos de ecuaciones cinéticas que tengan en cuenta un mayor número de variables.

3. MODELIZADO DEL SISTEMA

El modelizado del sistema se ha realizado mediante el software de Aspen Plus[®] y la herramienta Aspen Polymers[®].

Inicialmente se han definido todos los compuestos implicados en el proceso a partir de las bases de datos de Aspen Plus[®]. En el caso de las celulosas y hemicelulosas, se han definido como oligómeros formados por X monómeros, tomando 10 compuestos representativos para cada biopolímero de todo el rango de pesos moleculares. Los compuestos de celulosa y hemicelulosa con cadenas superiores a 1000 unidades y la lignina se han definido como sólidos utilizando la base de datos desarrollada por National Renewable Energy Laboratory de Estados Unidos¹⁵.

Para el diseño del diagrama del proceso, se han utilizado los bloques de operación propios de Aspen Plus[®] como cambiadores de calor, bombas, válvulas, tanques de flash y se han utilizado las posibilidades que proporcionan los bloques Excel para la realización de los bloques de reacción y separación de membranas.

Estos bloques, nos han permitido programar en una hoja de Excel, diseñada para Aspen Plus[®], los balances de materia y la utilización de los distintos reactores dependiendo de si se encuentran en estado operativo o apagados. Adicionalmente, se puede integrar en estas hojas de cálculo el programa diseñado en Visual Basic por Alvaro Cabeza para la obtención de datos de extracción más completos.

3.1. PROCESO EXPERIMENTAL DE BASE

El diseño de esta simulación está basado en la planta de laboratorio creada por Dr. Gianluca Gallina para la realización de sus estudios y la planta de separación por membranas llevada a cabo en el laboratorio de la sede Mergelina por Marta Ramos Andrés dentro del Grupo de Procesos a Presión (hpp.uva.es).

La planta del Dr. Gallina se compone de cinco reactores cilíndricos de acero inoxidable con una malla en su interior donde retener la biomasa. Las dimensiones de estos reactores son:

Diámetro interno: 0,96 cm

Longitud: 38 cm

Volumen: 27,5 cm³

La planta de separación por membranas utiliza 3 membranas de ultrafiltración de nominal molecular weight cut-off 30, 10 y 5 kDa hechas de poliéter sulfona, un material hidrófilo lo cual reduce el ensuciamiento. Son fabricadas por Millipore Corporation (Bedford, MA). El módulo de cada una de ellas es de tipo "plate-and-

frame" (placas y marcos). La marca es PelliconTM XL cassettes, y tienen un área de filtración nominal de 50 cm² trabajando a una presión transmembrana de entre 1 y 2 bar, dependiendo de la disolución.

3.2. COMPONENTES PRINCIPALES

La simulación va a centrarse en los componentes principales de la biomasa lignocelulósica. Se han definido 6 grupos de compuestos en la realización de la simulación.

- Azúcares y extractivos: Glucosa, Xilosa, Celobiosa, D-Limoneno
- Productos de degradación: Ácido acético, Ácido láctico, Ácido Fórmico, Furfural.
- Sólidos inertes: Carbonato de calcio (cenizas), Lignina
- Oligómeros: Oligómeros de celulosa y hemicelulosa con cadenas comprendidas entre 5 a 200 unidades.
- Segmentos: Segmentos constituyentes de los oligómeros ya sean de repetición o de terminación.
- Polímeros sólidos: Polímeros de celulosa y hemicelulosa declarados como sólidos con cadenas comprendidas entre 500 y 3000 ó 15000 unidades para las hemicelulosas y celulosas respectivamente.

Tabla 2. Listado de componentes Aspen Plus

Component ID	Type	Component name	Alias
WATER	Conventional	WATER	H2O
CELL-R	Segment	CELLULOSE-R	C6H10O5-R-1
CELL-E1	Segment	CELLULOSE-E-1	C6H11O5-E
CELL-E2	Segment	CELLULOSE-E-2	C6H11O6-E-1
CELL-5	Oligomer	CELLULOSE	CELLULOSE
CELL-10	Oligomer	CELLULOSE	CELLULOSE
CELL-15	Oligomer	CELLULOSE	CELLULOSE
CELL-20	Oligomer	CELLULOSE	CELLULOSE
CELL-50	Oligomer	CELLULOSE	CELLULOSE
CELL-100	Oligomer	CELLULOSE	CELLULOSE
CELL-200	Oligomer	CELLULOSE	CELLULOSE
CELL-500	Solid		
CELL-1K	Solid		
CELL-5K	Solid		
CELL-7K	Solid		
CELL-11K	Solid		
CELL-15K	Solid		
GLUCOSE	Conventional	DEXTROSE	C6H12O6
CELLOBIO	Conventional	CELLOBIOSE	C12H22O11-D1

Tabla 3. Listado de componentes de Aspen Plus

▶ XYL-R	Segment	CELLULOSE-R	C6H10O5-R-1
▶ XYL-E1	Segment	CELLULOSE-E-1	C6H11O5-E
▶ XYL-E2	Segment	CELLULOSE-E-2	C6H11O6-E-1
▶ HEMI-5	Oligomer	CELLULOSE	CELLULOSE
▶ HEMI-10	Oligomer	CELLULOSE	CELLULOSE
▶ HEMI-15	Oligomer	CELLULOSE	CELLULOSE
▶ HEMI-20	Oligomer	CELLULOSE	CELLULOSE
▶ HEMI-50	Oligomer	CELLULOSE	CELLULOSE
▶ HEMI-100	Oligomer	CELLULOSE	CELLULOSE
▶ HEMI-200	Oligomer	CELLULOSE	CELLULOSE
▶ HEMI-500	Solid		
▶ HEMI-1K	Solid		
▶ HEMI-2K	Solid		
▶ HEMI-3K	Solid		
▶ XYLOSE	Conventional	XYLOSE	C5H10O5-D2
▶ LACTIC-A	Conventional	LACTIC-ACID	C3H6O3-D1
▶ FORMIC-A	Conventional	FORMIC-ACID	CH2O2
▶ ACETIC-A	Conventional	ACETIC-ACID	C2H4O2-1
▶ FURFURAL	Conventional	FURFURAL	C5H4O2
▶ LIGNIN	Solid		
▶ ASHES	Solid	CALCIUM-CARBONATE-CALCITE	CAC03
▶ E-OIL	Conventional	D-LIMONENE	C10H16-D1

La carga inicial de biomasa en el reactor estará representada por celulosas de cadena larga (entre 7000 y 15000 unidades), hemicelulosas de cadena larga (entre 1000 y 3000 unidades), lignina, un aceite esencial como es el D-Limoneno y un sólido de carbonato de calcio (ashes o cenizas).

Las celulosas y hemicelulosa de cadena larga se han declarado como sólidos haciendo uso de la base de datos creada por NREL¹⁵ para obtener sus propiedades físico-químicas dado que permanecerán en la corriente de salida de biomasa agotada y no serán solubles.

De esta manera, hemos creado el compuesto de celulosa y hemicelulosa declarándolo como sólido como se ve en la tabla 2 y 3 proporcionándole los valores de masa molar (MW), volumen molar del sólido (VSPOLY) y la capacidad calorífica del sólido (CPSP01).

Tabla 4. Parámetro CPSP01

Parameter		CPSP01		Help		Data set		1			
Temperature-dependent correlation parameters											
Components	Source	Temperature units	Property units	1	2	3	4	5	6	7	8
CELL-500	USER	K	J/kmol-K	-11704	672,07	0	0	0	0	298,15	1000
CELL-1K	USER	K	J/kmol-K	-11704	672,07	0	0	0	0	298,15	1000
CELL-5K	USER	K	J/kmol-K	-11704	672,07	0	0	0	0	298,15	1000
CELL-7K	USER	K	J/kmol-K	-11704	672,07	0	0	0	0	298,15	1000
CELL-11K	USER	K	J/kmol-K	-11704	672,07	0	0	0	0	298,15	1000
CELL-15K	USER	K	J/kmol-K	-11704	672,07	0	0	0	0	298,15	1000
HEMI-500	USER	K	J/kmol-K	-9529,9	547,25	0	0	0	0	298,15	1000
HEMI-1K	USER	K	J/kmol-K	-9529,9	547,25	0	0	0	0	298,15	1000
HEMI-2K	USER	K	J/kmol-K	-9529,9	547,25	0	0	0	0	298,15	1000
HEMI-3K	USER	K	J/kmol-K	-9529,9	547,25	0	0	0	0	298,15	1000
LIGNIN	USER	K	J/kmol-K	31431,7	394,427	0	0	0	0	298,15	1000

Tabla 5. Parámetro VSPOLY

Parameter		VSPOLY		Help		Data set		1		
Temperature-dependent correlation parameters										
Components	Source	Temperature units	Property units	1	2	3	4	5	6	7
CELL-500	USER	K	cum/kmol	0,106	0	0	0	0	298,15	1000
CELL-1K	USER	K	cum/kmol	0,106	0	0	0	0	298,15	1000
CELL-5K	USER	K	cum/kmol	0,106	0	0	0	0	298,15	1000
CELL-7K	USER	K	cum/kmol	0,106	0	0	0	0	298,15	1000
CELL-11K	USER	K	cum/kmol	0,106	0	0	0	0	298,15	1000
CELL-15K	USER	K	cum/kmol	0,106	0	0	0	0	298,15	1000
HEMI-500	USER	K	cum/kmol	0,0864	0	0	0	0	298,15	1000
HEMI-1K	USER	K	cum/kmol	0,0864	0	0	0	0	298,15	1000
HEMI-2K	USER	K	cum/kmol	0,0864	0	0	0	0	298,15	1000
HEMI-3K	USER	K	cum/kmol	0,0864	0	0	0	0	298,15	1000
LIGNIN	USER	K	cum/kmol	0,0817	0	0	0	0	298,15	1000

Tabla 6. Composición inicial biomasa

BIOMASA LIGNOCELULÓSICA	
COMPUESTO	MASA MOLECULAR (g/mol)
CELL-5K	810730,015
CELL-7K	1135014,815
CELL-11K	1783584,415
CELL-15K	2432154,015
HEMI-1K	132133,735
HEMI-2K	264249,455
HEMI-3K	396365,175
LIGNIN	122,493
ASHES	100,087
E-OIL	136,237

La lignina se definió también como sólido utilizando los datos proporcionados por la NREL para el cálculo de sus propiedades y el carbonato calcio (ashes) y D-Limoneno(E-oil) son compuestos extraídos de la base de datos propia de ASPEN.

Los productos de extracción en la corriente acuosa se representarán mediante compuestos de celulosa de entre 5 a 200 unidades, compuestos de hemicelulosas de entre 5 a 200 unidades, glucosa y xilosa como monómeros estructurales respectivamente, celobiosa y diversos productos de degradación como el ácido acético, ácido fórmico, ácido láctico y furfural.

Los oligómeros se han definido utilizando la herramienta Aspen Polymers, que permite calcular las propiedades fisicoquímicas del polímero a partir de sus monómeros.

Definimos como segmentos los monómeros constituyentes de nuestros oligómeros, e indicamos que monómero será el que se repita y cuales actuaran como extremos de la cadena.

La hemicelulosa se ha definido como oligómeros de unidades repetida de xilosas.

Tabla 7. Tipos de Segmentos

Segment definition	
Segment ID	Type
▶ CELL-R	REPEAT
▶ CELL-E1	END
▶ CELL-E2	END
▶ XYL-R	REPEAT
▶ XYL-E1	END
▶ XYL-E2	END

Tabla 8. Composición de los oligómeros

Oligomer structure							
Segment ▶	CELL-E1	CELL-R	CELL-E2	XYL-E1	XYL-R	XYL-E2	
▶ Oligomer ▼							
▶ CELL-5	1	3	1				
▶ CELL-10	1	8	1				
▶ CELL-15	1	13	1				
▶ CELL-20	1	18	1				
▶ CELL-50	1	48	1				
▶ CELL-100	1	98	1				
▶ CELL-200	1	198	1				
▶ HEMI-5				1	3	1	
▶ HEMI-10				1	8	1	
▶ HEMI-15				1	13	1	
▶ HEMI-20				1	18	1	
▶ HEMI-50				1	48	1	
▶ HEMI-100				1	98	1	
▶ HEMI-200				1	198	1	

De esta manera, los diferentes oligómeros de celulosa y hemicelulosa se configuran en el programa como puede verse en la Tabla 8, indicando cuales son los segmentos que los conforman y cuantas unidades presenta de cada uno de ellos.

Tabla 9. Compuestos celulósicos

CELULOSAS	
COMPUESTO	MASA MOLECULAR (g/mol)
GLUCOSE	180,158
CELLOBIO	342,300
CELL-5	828,727
CELL-10	1639,439
CELL-15	2450,151
CELL-20	3260,863
CELL-50	8125,135
CELL-100	16232,255
CELL-200	32446,495

Tabla 10. Compuestos hemicelulósicos

HEMICELULOSAS	
COMPUESTO	MASA MOLECULAR (g/mol)
XYLOSE	150,131
HEMI-5	678,594
HEMI-10	1339,172
HEMI-15	1999,751
HEMI-20	2660,330
HEMI-50	6623,801
HEMI-100	13229,587
HEMI-200	26441,159

Tabla 11. Compuestos de degradación

PRODUCTOS DE DEGRADACIÓN	
COMPUESTO	MASA MOLECULAR (g/mol)
LACTIC-A	90,079
FORMIC-A	46,026
ACETIC-A	60,053
FURFURAL	96,086

3.3. MODELO TERMODINÁMICO

Cuando se modelan los equilibrios de fase de polímeros, se deben tener en cuenta las características básicas del polímero como la mezcla de componentes con diferentes longitudes de cadena, composición de la cadena y grado de ramificación. Los polímeros van a presentar una característica denominada polidispersidad que va a mediar la amplitud de la distribución de pesos moleculares. A los efectos del cálculo matemático se puede simular con modelos de balances de población, esto

hace que un polímero (siendo un número finito de unidades y componentes) se pueda simular como una mezcla de compuestos entre 1 y n monómeros. En el caso de los balances de población se hacen como si fuera infinito entre $-\infty$ y $+\infty$.

En el cálculo de equilibrios de fase de disoluciones de polímeros, algunas propiedades físicas de la disolución, como la variación de la presión de vapor, pueden estar relacionadas con las propiedades medias estructurales. Por otro lado, las propiedades físicas del propio polímero, por ejemplo, la distribución del polímero en diferentes fases o el fraccionamiento, no se pueden relacionar con las propiedades medias estructurales del polímero. También es imposible tomar en cuenta cada componente individualmente, por lo tanto, se realizan aproximaciones para obtener información sobre la polidispersidad en el modelado de procesos poliméricos.¹⁶

El modelo termodinámico elegido para la realización de las simulaciones en Aspen Plus[®] y Aspen Polymers[®] ha sido POLYNRTL.

El modelo Polymer-NRTL (No Random, Two Liquids) proporciona un marco termodinámico para describir el comportamiento de la fase polimérica mediante la teoría de dos líquidos no aleatorios, al tiempo que conserva su término entrópico. El modelo resultante produce dos parámetros de interacción binaria basados en segmentos que son mucho menos dependiente de la temperatura y la composición. El modelo Polymer-NRTL es adecuado para homopolímeros, copolímeros alternantes, copolímeros de bloques y mezclas de polímeros.

El modelo Polymer-NRTL se reduce al modelo NRTL clásico para componentes convencionales. Como tal, los parámetros del modelo NRTL establecidos para solventes y monómeros en la base de datos del propio programa, se pueden usar directamente con el modelo Polymer-NRTL. Aunque el modelo Polymer-NRTL no considera el efecto de volumen libre, se ha utilizado con éxito para describir el equilibrio vapor-líquido y el equilibrio líquido-líquido de las soluciones de polímeros.¹⁶

3.4. PARÁMETROS DE HIDRÓLISIS

Los parámetros principales de los que va a depender la hidrólisis van a ser: la temperatura y el tiempo de residencia del sólido en los reactores.

Temperatura

A partir de los estudios realizados por Gianluca Gallina⁶, se ha programado la simulación en un rango de temperaturas entre 140 y 280 °C ya que son los valores dentro de los cuales ocurren los procesos de hidrólisis y extracción de los distintos componentes utilización agua subcrítica.

Tiempo de residencia del sólido

También se ha tenido en cuenta las eficacias obtenidas en la extracción al variar el tiempo de residencia del sólido en el reactor, obteniéndose las máximas eficacias a partir de los 80 min.

Existen otros factores como el tiempo de residencia del líquido o el tamaño de partícula que también tienen una incidencia directa en el proceso pero que no han sido incluidos en esta simulación.

Tiempo de residencia del líquido

El tiempo de residencia del líquido está relacionado con el tiempo que el agua de extracción y los compuestos solubilizados están en contacto con la biomasa. El aumento de la concentración de ácido acético genera un aumento de protones que induce y mantiene la auto-hidrólisis, por lo que a mayores tiempos de residencia del líquido, mayor será este fenómeno.¹⁷

Tamaño de partícula

Por otra parte, el tamaño de partícula también va a influir en la hidrólisis de la biomasa. Tamaños de partícula grandes van a dificultar que el agua penetre en la estructura interna y que los polímeros/oligómeros salgan de la estructura. Esto conlleva que dentro de la partícula el pH efectivo (debido a los grupos acetilo) sea más bajo, favoreciendo la hidrólisis y, por tanto, obteniéndose cadenas más cortas. Por otro lado, los tamaños de partícula más pequeños van a permitir al agua penetrar en la estructura interna e hidrolizar las cadenas obteniéndose oligómeros más largos.¹⁷

pH

Los protones libres catalizan la reacción de hidrólisis. Para el caso del proceso estudiado, “*autohidrólisis*”, no se añade ningún ácido mineral (H_2SO_4 , HCl, etc.) por lo que el descenso de pH sólo viene de la acidificación de los azúcares (por degradación) y de la desacetilación de las hemicelulosas. Esto implica descensos de pH entre 1 y 1.5 puntos máximo.¹⁷

3.5. PARÁMETROS DE SEPARACIÓN por ULTRAFILTRACIÓN

La separación de los compuestos en las membranas de ultrafiltración se ha modelizado utilizando diferentes funciones de distribución.

Definidas como
$$y = \frac{1}{1 + e^{-\beta(x-x_0)}}$$

Donde:

y= fracción en masa que se retiene en la membrana para compuesto de masa molar x.

x= masa molar (g/mol).

x₀= masa molar que genera una retención del 50% del compuesto.

β = parámetro de la función.

Se ha establecido en la simulación que la membrana retenga un 20-30% del flujo de agua que la atraviesa y que la caída de presión en cada una de las membranas sea de 1,5 bares.

Tabla 12. Parámetros funciones MWCO

	MWCO		
	30 Kda	10 kDa	5 kDa
β	0,0003	0,0005	0,0009
X ₀	26500	7000	3500

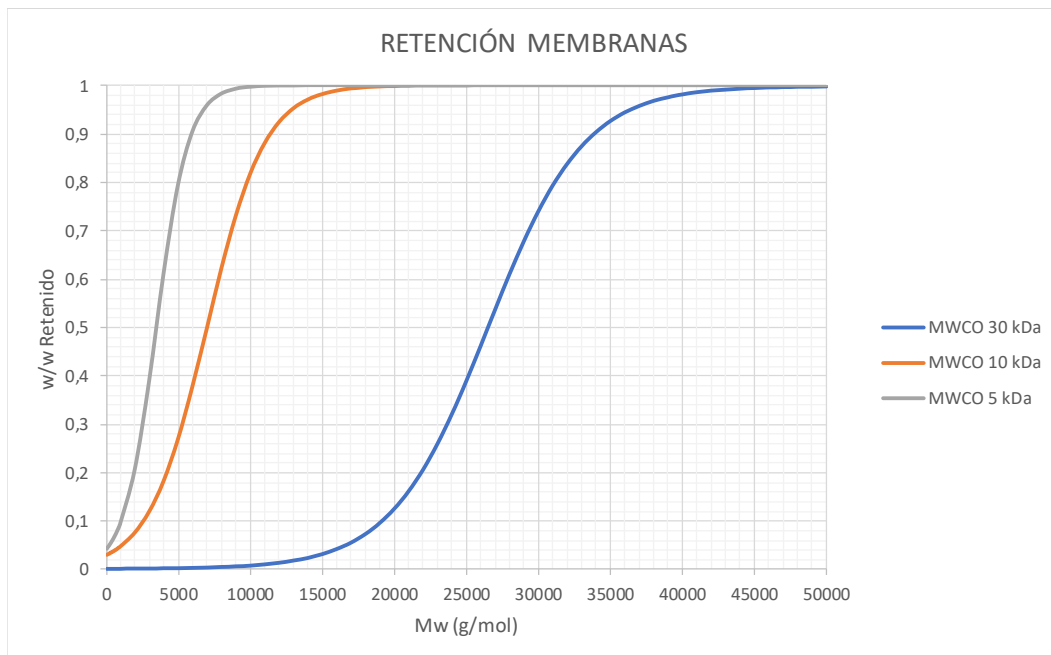


Figura 13. Funciones distribución MWCO

4. SIMULACIÓN EXTRACCIÓN DE HEMICELULOSAS

La simulación del proceso de extracción de hemicelulosas va a estar dividida en tres etapas fundamentales.

ETAPA DE EXTRACCIÓN

La primera será la etapa de extracción hidrotermal por autohidrólisis. Trabajaremos con 5 reactores conectados en serie, pudiendo utilizar de 1 a 5 reactores simultáneamente según se requiera. A la salida de cada reactor se encuentra un intercambiador de calor que permitirá controlar la temperatura de entrada de la corriente entrante al siguiente reactor. La corriente de salida del último reactor se utilizará para recuperar parte del calor, empleando un intercambiador (E-101) que precalentará la corriente de entrada al primer reactor. (Figura 17)

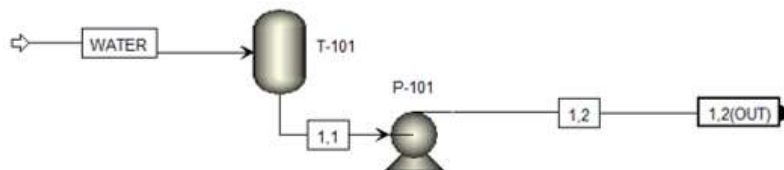


Figura 14. Esquema entrada agua

El bloque WS-1 representa el equipo de almacenamiento y bombeo de agua dentro del cual se encuentran los siguiente elementos. Entrada de agua, un tanque de almacenamiento y un bomba centrífuga (Figura 14).

Cada uno de los 5 reactores de la simulación funcionarán a partir de los balance de materia programados en la hoja Excel y los parametros incluidos para cada reactor que serán los siguientes.

Number of parameters			
Integer	<input type="text" value="1"/>	Real	<input type="text" value="14"/>
		Character	<input type="text" value="14"/>
Values for parameters			
	Integer	Real	Character
1			1 REACTOR (I) ON/OFF (1,0)
2		0,96	INTERNAL DIAMETER (CM)
3		38	LENGTH (CM)
4		27,5	VOLUME (CM3)
5		40	L/ID
6		6	LIQUID RESIDENCE TIME (MIN)
7		0,71	POROSITY
8		90	REACTOR (I) TIEMPO RESIDENCIA SOLIDO (MIN)
9		1	TIPO BIOMASA (1,2,3)
10			

Figura 15. Entrada datos del reactor

En la línea 1, la introducción de un 1 o un 0 indicará si el reactor se encuentra encendido o apagado y el tiempo de residencia del sólido en la línea 8 tendrá efecto sobre el rendimiento de la extracción.

Cada reactor presentará un cuadro idéntico dentro del programa donde modificar estas variables.

El modo de funcionamiento de estos 5 bloques de reacción será igual en cada uno de ellos (Figura 16). Aspen Plus® escribirá los valores de entrada (flujo molar en kmol/s, temperatura en K y presión en Pa) de las corrientes en la hoja diseñada para ello llamada Aspen_Input en el Excel. El Excel, programado para realizar los balances de materia, calculará los valores correspondientes a la temperatura de la extracción y demás parámetros influyentes y estos se guardarán en la hoja Aspen_Output habilitada para ello. Aspen Plus® leerá los valores de dicha hoja y los implementará en el programa. El balance de energía lo calculará el software de Aspen al realizar un cálculo de flash a las corrientes de entrada y salida del bloque de reacción. La secuencia de cálculo será la misma para los restantes bloques de reacción.

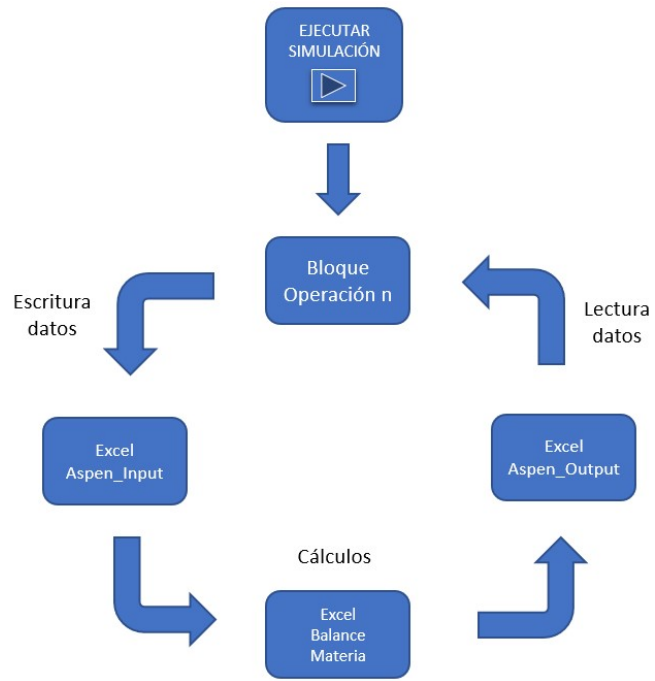


Figura 16. Algoritmo de cálculo

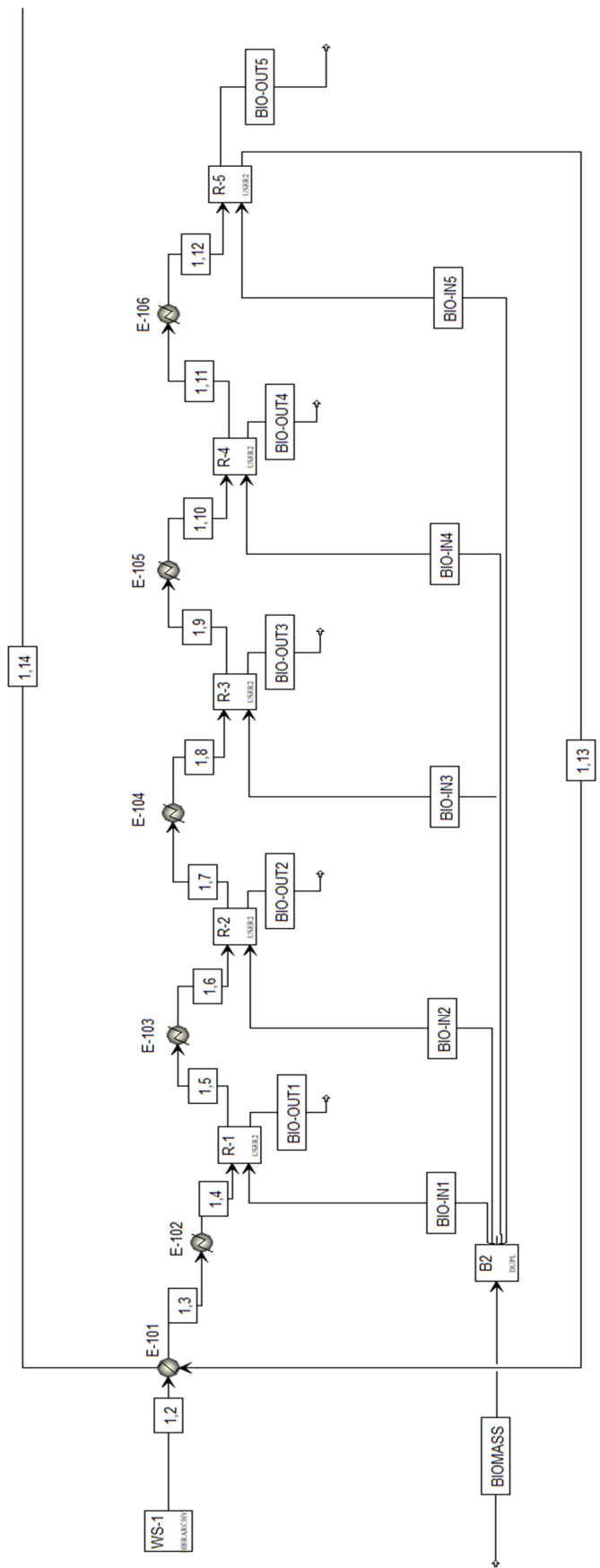


Figura 17. Esquema general etapa extracción

ETAPA DE SEPARACIÓN

La etapa de separación se centrará en eliminar de la corriente de productos extraídos los compuestos de degradación de bajo peso molecular y obtener las hemicelulosas limpias separadas por rango de pesos moleculares.

Trabajaremos con diferentes disposiciones de membranas con rangos de corte de 5, 10 y 30 kDa empleando lavados del retenidos en alguna de las configuraciones. Estos bloques de operación están diseñados de la misma manera que los reactores anteriores utilizando una hoja de Excel para realizar los balances de materia de permeado y retenido siguiendo la misma secuencia de escritura y lectura de datos por parte de Aspen.

Las diferentes disposiciones de las membranas estarán agrupadas en un bloque conjunto denominadas Membrana A, B Y C. Una vez ejecutada la simulación, se podrán observar los resultados de las distintas configuraciones.

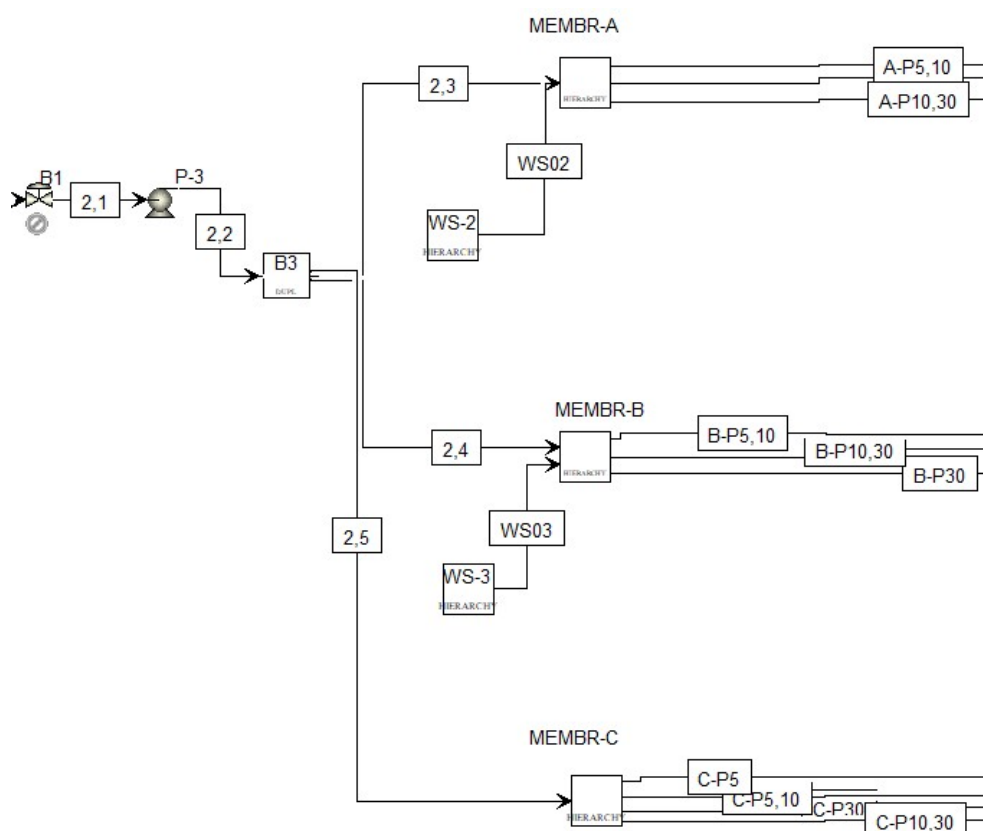


Figura 18. Esquema etapa separación membranas

ETAPA DE PURIFICACIÓN

En la etapa de purificación, las corrientes de hemicelulosas obtenidas de la separación de membranas serán purificadas para eliminar diversos componentes de bajo peso molecular como el ácido acético, fórmico, láctico y concentrar el producto eliminando parte del agua.

Se llevará a cabo mediante una separación flash (Figura 19) donde precalentaremos con un intercambiador de calor y seguidamente se producirá el flash a vacío en el tanque obteniendo dos corrientes. Una de vapor mayoritariamente formada por agua y una gran parte de los productos volátiles de impurezas presentes en la alimentación y otra líquida con las hemicelulosas purificadas. Las corrientes que salen de los bloques generales son los productos ya purificados, denominados con la letra A, B o C según la configuración y el número de corriente (Figura 20).

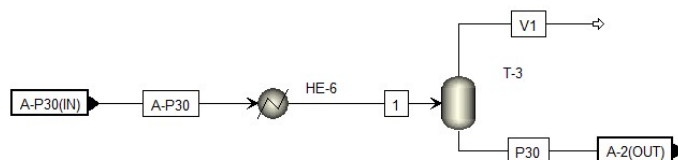


Figura 19. Esquema base de la purificación de las hemicelulosas

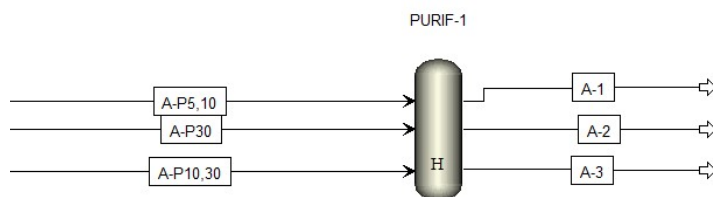


Figura 20. Bloque general de purificación

4.1. CONFIGURACIÓN DIRECTA + LAVADO (A)

La etapa de extracción se simulará con 3 reactores simultáneos (Figura 17) como se realizaría en el laboratorio para una mayor facilidad de carga y descarga de la biomasa del reactor. Es por eso, por lo que este proceso está diseñado como si fuera un proceso semi-continuo.

La separación de membranas se ha diseñado para obtener las fracciones de hemicelulosas lo más limpias posible, eliminando de ellas los compuestos de bajo peso molecular (azúcares monoméricos, extraíbles, y productos de degradación como ácidos, furfural, 5-HMF, etc).

Se han utilizado tres membranas con rango de corte de 30 kDa, una de 10 kDa y otra de 5 kDa (Figura 21).

Se realizan tres etapas de separación consecutivas con la membrana de 30 kDa (M1, M2, M3), recuperando la corriente de retenido y lavándola con agua dos veces, obteniéndose un retenido final limpio de compuestos solubles y formado mayoritariamente por hemicelulosas de pesos moleculares alrededor de 30kDa.

El permeado obtenido en la primera membrana de 30 kDa, se lleva a una membrana de 5 kDa descartando el permeado y recuperando el retenido para llevarlo a una membrana de 10 kDa donde obtendremos: una corriente de permeado con rangos molares entre 5 y 10 kDa y una corriente de retenido con rangos molares entre 10 y 30 kDa.

Las corrientes de hemicelulosas obtenidas se purifican mediante separación flash eliminando agua y compuestos volátiles que hayan podido quedar (Figura 22).

4.1.1 DIAGRAMA SIMULACIÓN

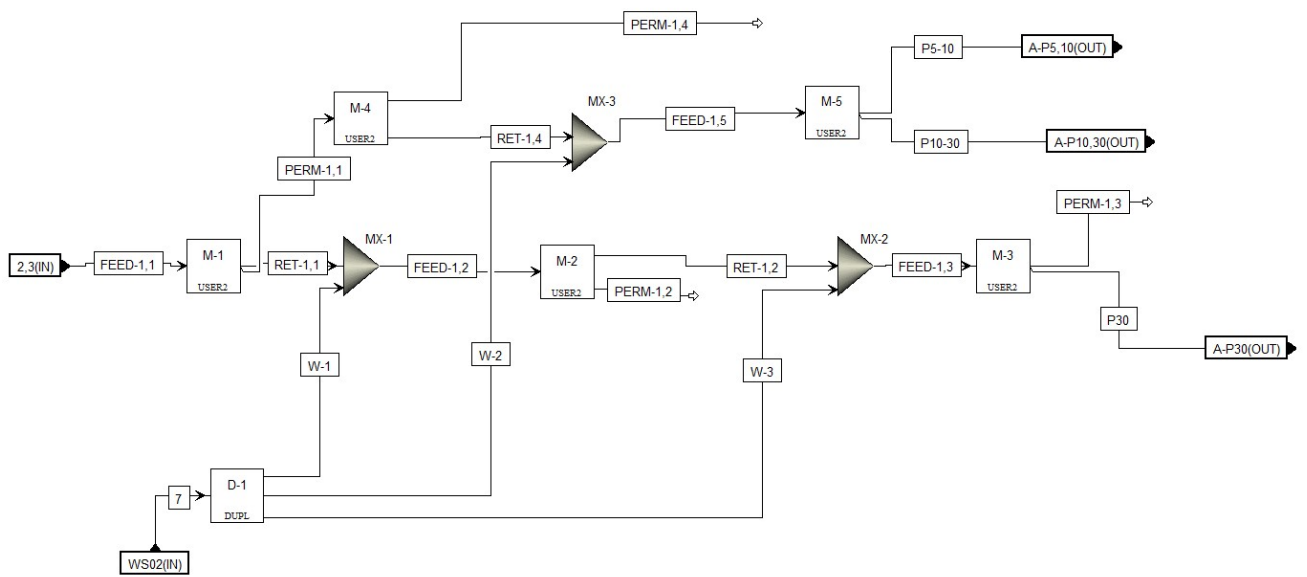


Figura 21. Esquema separación configuración A

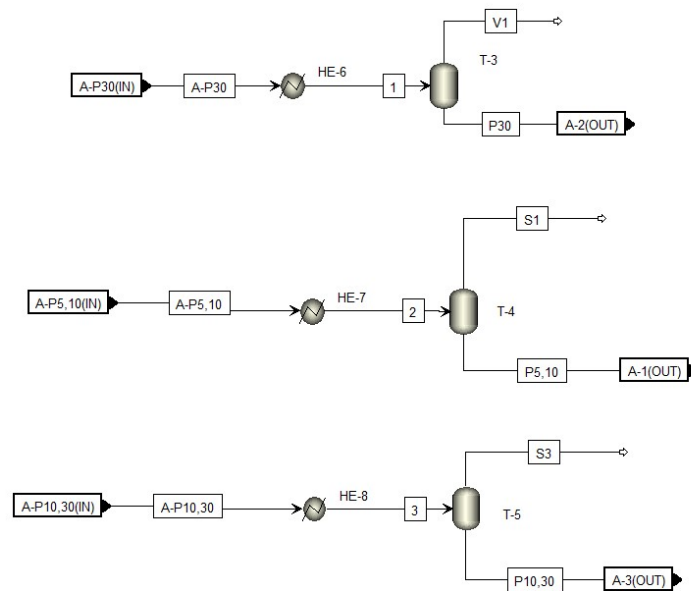


Figura 22. Esquema purificación configuración A

4.1.2 DIAGRAMA DE FLUJO

Diagramas de flujo de las 3 etapas del proceso. FPD-1 FPD-2A FPD-3

T-101 WATER SUPPLY TANK

P-101 WATER PUMP

E-101 HEAT EXCHANGER RECOVERY

E-102 REACTOR 1 HEAT EXCHANGER

E-103 REACTOR 2 HEAT EXCHANGER

E-104 REACTOR 3 HEAT EXCHANGER

E-105 REACTOR 4 HEAT EXCHANGER

E-106 REACTOR 5 HEAT EXCHANGER

R-1 REACTOR

R-2 REACTOR

R-3 REACTOR

R-4 REACTOR

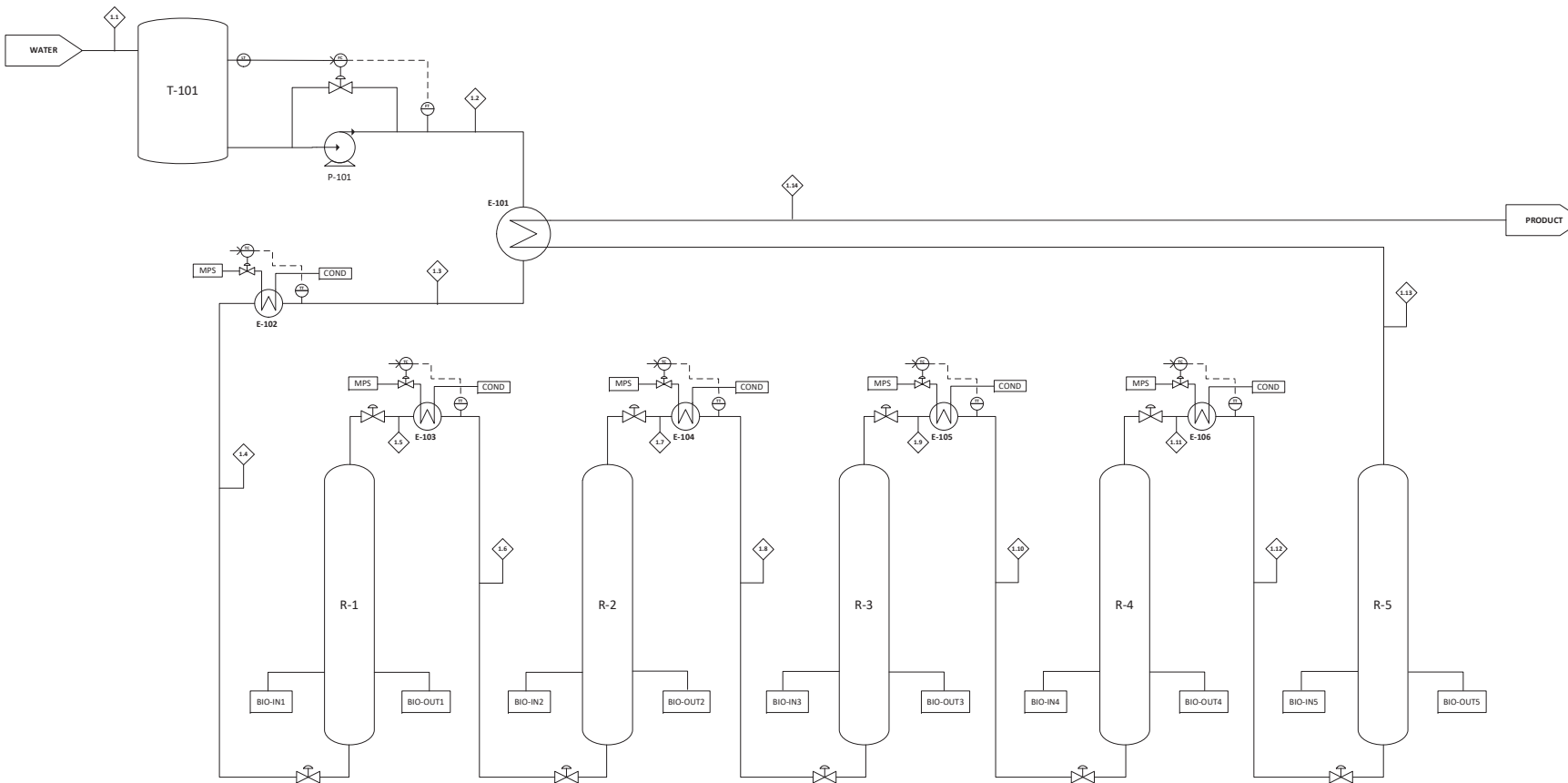
R-5 REACTOR

GENERAL NOTES

BIOMASS IS CHARGED ON REACTOR IN BACTH MODE

NOTES

PRODUCT STREAM HAS CELLULOSES, HEMICELLULOSES AND DEGRADATION PRODUCTS



DESCRIPTION	BY	DATE
LICENSED TO	AGG	26/06/2018
APPROVD		
CLIENT PROJECT NUMBER	CLIENT DWG NUMBER	
JOB NUMBER	UNIT	PAGE
U-100	1	1 of 1

T-201 WATER SUPPLY TANK

P-201 WATER PUMP

P-202 WATER PUMP

MX-201 MIXER

MX-202 MIXER

GENERAL NOTES

MX-203 MIXER

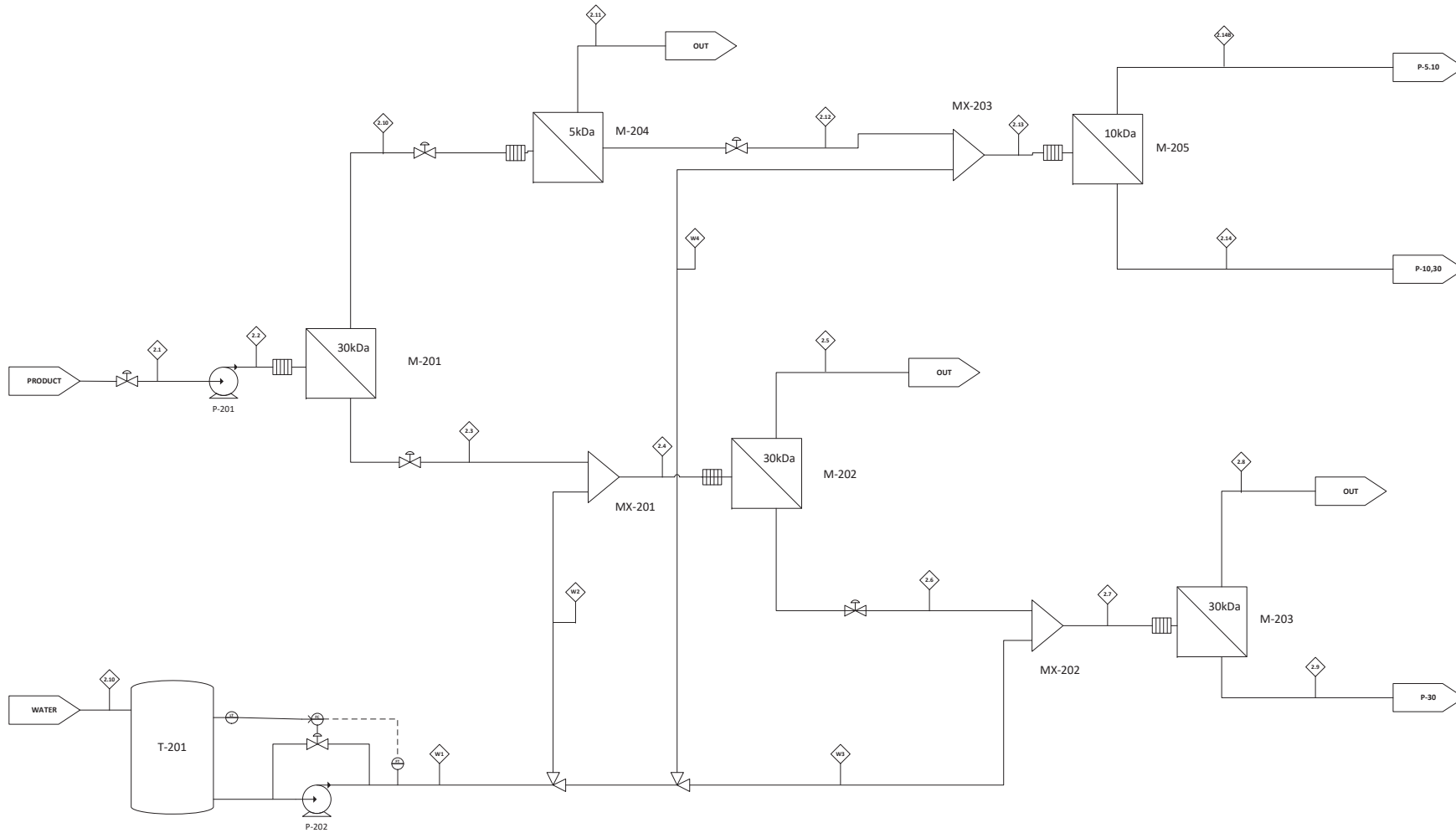
M-201 30kDa MEMBRANE

M-202 30kDa MEMBRANE

M-203 30kDa MEMBRANE

M-204 5kDa MEMBRANE

M-205 10kDa MEMBRANE



NOTES

DESCRIPTION	BY	DATE
LICENSED TO	AGG	26/06/2018
APPROVD		
DECSOR		
PLANT TITLE		
DIAGRAM TITLE	FPD 2A	
GROUP	1	
DWG FILENAME		
CLIENT PROJECT NUMBER	CLIENT DWG NUMBER	
JOB NUMBER	UNIT	PAGE
	U-201	1 of 1

T-301 FEED STORAGE
SUPPLY

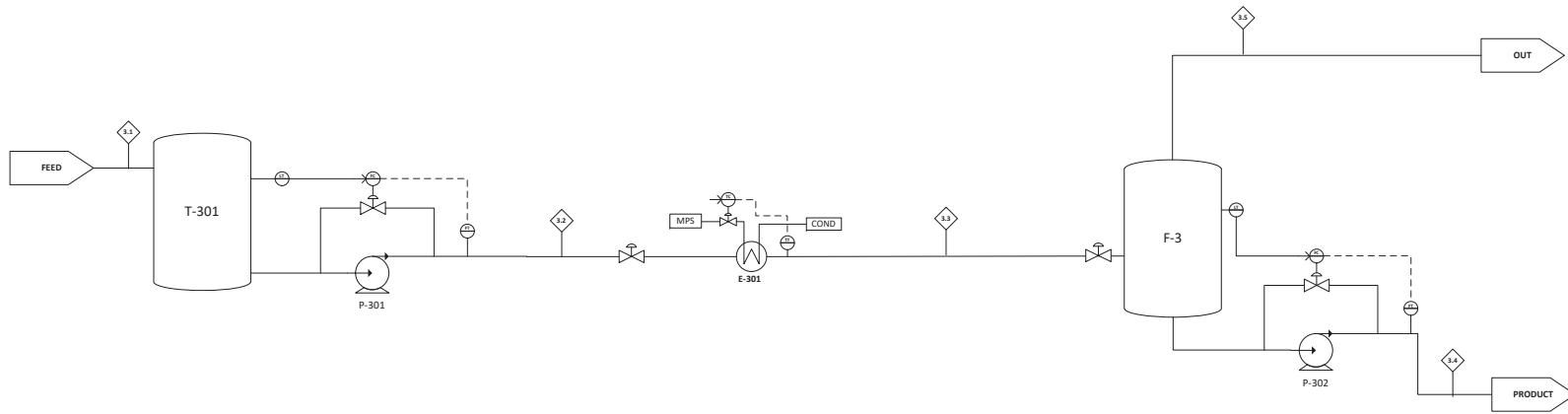
P-101 PUMP

E-301 HEAT EXCHANGER

F-301 FLASH TANK

P-302 PUMP

GENERAL
NOTES



NOTES

DESCRIPTION	BY	DATE
LICENSED TO	AGG	26/06/2018
APPROVD		
LICENSOR		
PLANT TITLE		
DIAGRAM TITLE		
GROUP		1
DWG FILENAME		
CLIENT PROJECT NUMBER		
CLIENT DWG NUMBER		
JOB NUMBER	UNT	PAGE
	U-300	1 of 1
		REV

4.1.3 BALANCE DE MATERIA

Stream Name Simulation	Units	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
Stream Name FPD		1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
Description						
From		WS-1	E-101	E-102	R-1	E-103
To		E-101	E-102	R-1	E-103	R-2
Stream Class		CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN
MIXED Substream						
Phase		Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase
Temperature	C	25.915	150.000	185.000	170.000	185.000
Pressure	bar	16.000	16.000	15.800	15.500	15.300
Molar Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Molar Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Mass Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Enthalpy	cal/mol	-68240.475	-65890.981	-65153.085	-65681.173	-65358.181
Mass Enthalpy	cal/gm	-3787.922	-3657.505	-3616.546	-3614.306	-3596.533
Molar Entropy	cal/mol-K	-38.893	-32.460	-30.877	-31.767	-31.094
Mass Entropy	cal/gm-K	-2.159	-1.802	-1.714	-1.748	-1.711
Molar Density	mol/cc	0.055	0.048	0.046	0.046	0.045
Mass Density	gm/cc	0.993	0.863	0.822	0.841	0.823
Enthalpy Flow	kW	-132.161	-127.610	-126.181	-123.766	-123.157
Average MW		18.015	18.015	18.015	18.173	18.173
Mass Flows	kg/hr	30.0000	30.0000	30.0000	29.4440	29.4440
WATER	kg/hr	30.0000	30.0000	30.0000	29.1807	29.1807
CELL-5	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0020
CELL-10	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0020
CELL-15	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0020
CELL-20	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0020
CELL-50	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0020
CELL-100	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0020
CELL-200	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0020
CELL-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-5K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-7K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-11K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
GLUCOSE	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0020
CELLOBIO	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0020	0.0020
HEMI-5	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0292	0.0292
HEMI-10	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0292	0.0292
HEMI-15	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0292	0.0292
HEMI-20	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0292	0.0292
HEMI-50	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0292	0.0292
HEMI-100	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0292	0.0292
HEMI-200	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0292	0.0292
HEMI-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-2K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-3K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XYLOSE	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0315	0.0315
LACTIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0026	0.0026
FORMIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0026	0.0026
ACETIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0021	0.0021
FURFURAL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0021	0.0021
LIGNIN	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ASHES	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E-OIL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Stream Name Simulation	Units	1.7	1.8	1.9	1.1	1.11
Stream Name FPD		1.7	1.8	1.9	1.1	1.11
Description						
From		R-2	E-104	R-3	E-105	R-4
To		E-104	R-3	E-105	R-4	E-106
Stream Class		CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN
MIXED Substream						
Phase		Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase
Temperature	C	170.000	185.000	170.000	185.000	170.000
Pressure	bar	15.000	14.800	14.500	14.300	14.000
Molar Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Molar Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Mass Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Enthalpy	cal/mol	-65899.278	-65574.626	-66129.230	-65802.829	-66129.353
Mass Enthalpy	cal/gm	-3593.487	-3575.783	-3571.940	-3554.309	-3571.946
Molar Entropy	cal/mol-K	-32.001	-31.324	-32.248	-31.567	-32.248
Mass Entropy	cal/gm-K	-1.745	-1.708	-1.742	-1.705	-1.742
Molar Density	mol/cc	0.046	0.045	0.046	0.045	0.046
Mass Density	gm/cc	0.843	0.824	0.844	0.826	0.844
Enthalpy Flow	kW	-120.832	-120.237	-117.999	-117.417	-117.999
Average MW		18.339	18.339	18.514	18.514	18.514
Mass Flows						
WATER	kg/hr	28.3859	28.3859	27.6151	27.6151	27.6151
CELL-5	kg/hr	0.0040	0.0040	0.0060	0.0060	0.0060
CELL-10	kg/hr	0.0040	0.0040	0.0060	0.0060	0.0060
CELL-15	kg/hr	0.0040	0.0040	0.0060	0.0060	0.0060
CELL-20	kg/hr	0.0040	0.0040	0.0060	0.0060	0.0060
CELL-50	kg/hr	0.0040	0.0040	0.0060	0.0060	0.0060
CELL-100	kg/hr	0.0040	0.0040	0.0060	0.0060	0.0060
CELL-200	kg/hr	0.0040	0.0040	0.0060	0.0060	0.0060
CELL-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-5K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-7K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-11K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
GLUCOSE	kg/hr	0.0040	0.0040	0.0060	0.0060	0.0060
CELLOBIO	kg/hr	0.0040	0.0040	0.0060	0.0060	0.0060
HEMI-5	kg/hr	0.0584	0.0584	0.0876	0.0876	0.0876
HEMI-10	kg/hr	0.0584	0.0584	0.0876	0.0876	0.0876
HEMI-15	kg/hr	0.0584	0.0584	0.0876	0.0876	0.0876
HEMI-20	kg/hr	0.0584	0.0584	0.0876	0.0876	0.0876
HEMI-50	kg/hr	0.0584	0.0584	0.0876	0.0876	0.0876
HEMI-100	kg/hr	0.0584	0.0584	0.0876	0.0876	0.0876
HEMI-200	kg/hr	0.0584	0.0584	0.0876	0.0876	0.0876
HEMI-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-2K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-3K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XYLOSE	kg/hr	0.0630	0.0630	0.0945	0.0945	0.0945
LACTIC-A	kg/hr	0.0052	0.0052	0.0079	0.0079	0.0079
FORMIC-A	kg/hr	0.0052	0.0052	0.0079	0.0079	0.0079
ACETIC-A	kg/hr	0.0041	0.0041	0.0062	0.0062	0.0062
FURFURAL	kg/hr	0.0041	0.0041	0.0062	0.0062	0.0062
LIGNIN	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ASHES	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E-OIL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Stream Name Simulation	Units	1.12	1.13	2.1	2.2	2.3	2.4
Stream Name FPD		1.12	1.13				
Description							
From		E-106	R-5	B1	PMP-3	B3	B3
To		R-5	E-101	PMP-3	B3	M-A	M-B
Stream Class		CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN
MIXED Substream							
Phase		Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase
Temperature	C	185.000	170.000	40.290	40.479	40.479	40.479
Pressure	bar	13.800	13.500	13.300	16.300	16.300	16.300
Molar Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Molar Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Mass Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Enthalpy	cal/mol	-65802.937	-66129.475	-68679.526	-68674.959	-68674.959	-68674.959
Mass Enthalpy	cal/gm	-3554.315	-3571.953	-3709.693	-3709.446	-3709.446	-3709.446
Molar Entropy	cal/mol-K	-31.568	-32.249	-38.865	-38.851	-38.851	-38.851
Mass Entropy	cal/gm-K	-1.705	-1.742	-2.099	-2.099	-2.099	-2.099
Molar Density	mol/cc	0.045	0.046	0.053	0.053	0.053	0.053
Mass Density	gm/cc	0.826	0.844	0.983	0.982	0.982	0.982
Enthalpy Flow	kW	-117.417	-118.000	-122.550	-122.542	-122.542	-122.542
Average MW		18.514	18.514	18.514	18.514	18.514	18.514
Mass Flows	kg/hr	28.4050	28.4050	28.4050	28.4050	28.4050	28.4050
WATER	kg/hr	27.6151	27.6151	27.6151	27.6151	27.6151	27.6151
CELL-5	kg/hr	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060
CELL-10	kg/hr	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060
CELL-15	kg/hr	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060
CELL-20	kg/hr	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060
CELL-50	kg/hr	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060
CELL-100	kg/hr	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060
CELL-200	kg/hr	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060
CELL-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-5K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-7K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-11K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
GLUCOSE	kg/hr	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060
CELLOBIO	kg/hr	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060
HEMI-5	kg/hr	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876
HEMI-10	kg/hr	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876
HEMI-15	kg/hr	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876
HEMI-20	kg/hr	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876
HEMI-50	kg/hr	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876
HEMI-100	kg/hr	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876
HEMI-200	kg/hr	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876
HEMI-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-2K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-3K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XYLOSE	kg/hr	0.0945	0.0945	0.0945	0.0945	0.0945	0.0945
LACTIC-A	kg/hr	0.0079	0.0079	0.0079	0.0079	0.0079	0.0079
FORMIC-A	kg/hr	0.0079	0.0079	0.0079	0.0079	0.0079	0.0079
ACETIC-A	kg/hr	0.0062	0.0062	0.0062	0.0062	0.0062	0.0062
FURFURAL	kg/hr	0.0062	0.0062	0.0062	0.0062	0.0062	0.0062
LIGNIN	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ASHES	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E-OIL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Stream Name Simulation	Units	2.5	A-1	A-2	A-3	A-P5,10	A-P10,30
Stream Name FPD							
Description							
From		B3	P-1	P-1	P-1	M-A	M-A
To		M-C				P-1	P-1
Stream Class		CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN
MIXED Substream							
Phase		Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase
Temperature	C	40.479	69.119	69.109	69.117	29.146	29.146
Pressure	bar	16.300	0.300	0.300	0.300	11.500	11.500
Molar Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Molar Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Mass Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Enthalpy	cal/mol	-68674.959	-68294.853	-67674.397	-70434.386	-68353.923	-68789.069
Mass Enthalpy	cal/gm	-3709.446	-3670.179	-3725.050	-3502.754	-3769.298	-3731.640
Molar Entropy	cal/mol-K	-38.851	-37.464	-36.737	-40.031	-38.911	-39.444
Mass Entropy	cal/gm-K	-2.099	-2.013	-2.022	-1.991	-2.146	-2.140
Molar Density	mol/cc	0.053	0.051	0.052	0.048	0.055	0.054
Mass Density	gm/cc	0.982	0.954	0.952	0.962	0.991	0.992
Enthalpy Flow	kW	-122.542	-15.926	-7.467	-7.039	-79.699	-34.372
Average MW		18.514	18.608	18.167	20.108	18.134	18.434
Mass Flows	kg/hr	28.4050	3.7311	1.7236	1.7279	18.1807	7.9200
WATER	kg/hr	27.6151	3.6106	1.7091	1.5477	18.0594	7.7397
CELL-5	kg/hr	0.0060	0.0005	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000
CELL-10	kg/hr	0.0060	0.0009	0.0000	0.0001	0.0009	0.0001
CELL-15	kg/hr	0.0060	0.0015	0.0000	0.0002	0.0015	0.0002
CELL-20	kg/hr	0.0060	0.0023	0.0000	0.0004	0.0023	0.0004
CELL-50	kg/hr	0.0060	0.0021	0.0000	0.0037	0.0021	0.0037
CELL-100	kg/hr	0.0060	0.0001	0.0000	0.0057	0.0001	0.0057
CELL-200	kg/hr	0.0060	0.0000	0.0038	0.0009	0.0000	0.0009
CELL-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-5K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-7K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-11K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
GLUCOSE	kg/hr	0.0060	0.0003	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000
CELLOBIO	kg/hr	0.0060	0.0003	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000
HEMI-5	kg/hr	0.0876	0.0061	0.0000	0.0003	0.0061	0.0003
HEMI-10	kg/hr	0.0876	0.0104	0.0000	0.0006	0.0104	0.0006
HEMI-15	kg/hr	0.0876	0.0167	0.0000	0.0014	0.0167	0.0014
HEMI-20	kg/hr	0.0876	0.0251	0.0000	0.0029	0.0251	0.0029
HEMI-50	kg/hr	0.0876	0.0451	0.0000	0.0374	0.0451	0.0374
HEMI-100	kg/hr	0.0876	0.0037	0.0000	0.0824	0.0037	0.0824
HEMI-200	kg/hr	0.0876	0.0000	0.0107	0.0442	0.0000	0.0442
HEMI-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-2K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-3K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XYLOSE	kg/hr	0.0945	0.0043	0.0000	0.0001	0.0043	0.0001
LACTIC-A	kg/hr	0.0079	0.0006	0.0000	0.0001	0.0006	0.0001
FORMIC-A	kg/hr	0.0079	0.0001	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000
ACETIC-A	kg/hr	0.0062	0.0001	0.0000	0.0000	0.0005	0.0001
FURFURAL	kg/hr	0.0062	0.0003	0.0000	0.0000	0.0005	0.0001
LIGNIN	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ASHES	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E-OIL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Stream Name Simulation	Units	A-P30	B-1	B-2	B-3	B-P5,10	B-P10,30
Stream Name FPD							
Description							
From		M-A	P-2	P-2	P-2	M-B	M-B
To		P-1				P-2	P-2
Stream Class		CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN
MIXED Substream							
Phase		Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase
Temperature	C	27.057	69.112	69.168	69.135	27.095	27.095
Pressure	bar	10.000	0.300	0.300	0.300	8.500	7.000
Molar Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Molar Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Mass Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Enthalpy	cal/mol	-68264.916	-68534.095	-79584.016	-75783.006	-68439.955	-70691.580
Mass Enthalpy	cal/gm	-3782.889	-3651.501	-2996.977	-3168.109	-3767.478	-3584.188
Molar Entropy	cal/mol-K	-38.885	-37.763	-50.962	-46.424	-39.098	-41.843
Mass Entropy	cal/gm-K	-2.155	-2.012	-1.919	-1.941	-2.152	-2.122
Molar Density	mol/cc	0.055	0.051	0.037	0.041	0.055	0.051
Mass Density	gm/cc	0.992	0.955	0.987	0.980	0.993	1.000
Enthalpy Flow	kW	-37.660	-5.293	-1.844	-0.753	-26.430	-8.191
Average MW		18.046	18.769	26.555	23.921	18.166	19.723
Mass Flows	kg/hr	8.5601	1.2465	0.5291	0.2043	6.0321	1.9650
WATER	kg/hr	8.5456	1.1963	0.3587	0.1538	5.9819	1.7946
CELL-5	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-10	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15	kg/hr	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
CELL-20	kg/hr	0.0000	0.0005	0.0001	0.0000	0.0005	0.0001
CELL-50	kg/hr	0.0000	0.0021	0.0036	0.0000	0.0021	0.0036
CELL-100	kg/hr	0.0000	0.0001	0.0057	0.0003	0.0001	0.0057
CELL-200	kg/hr	0.0038	0.0000	0.0009	0.0051	0.0000	0.0009
CELL-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-5K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-7K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-11K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
GLUCOSE	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELLOBIO	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-5	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-10	kg/hr	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000
HEMI-15	kg/hr	0.0000	0.0007	0.0001	0.0000	0.0007	0.0001
HEMI-20	kg/hr	0.0000	0.0026	0.0003	0.0000	0.0026	0.0003
HEMI-50	kg/hr	0.0000	0.0402	0.0332	0.0001	0.0402	0.0332
HEMI-100	kg/hr	0.0000	0.0037	0.0823	0.0015	0.0037	0.0823
HEMI-200	kg/hr	0.0107	0.0000	0.0442	0.0434	0.0000	0.0442
HEMI-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-2K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-3K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XYLOSE	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
LACTIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
FORMIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ACETIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
FURFURAL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
LIGNIN	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ASHES	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E-OIL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Stream Name Simulation	Units	B-P30	BIO-IN1	BIO-IN2	BIO-IN3	BIO-OUT4	BIO-IN5
Stream Name FPD			BIO-IN1	BIO-IN2	BIO-IN3	BIO-OUT4	BIO-IN5
Description							
From		M-B	B2	B2	B2	R-4	B2
To		P-2	R-1	R-2	R-3		R-5
Stream Class		CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN
MIXED Substream							
Phase		Liquid Phase					
Temperature	C	27.095	25.000	25.000	25.000	170.000	25.000
Pressure	bar	7.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Molar Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.896	0.000
Molar Liquid Fraction		1.000	0.896	0.896	0.896	0.000	0.896
Molar Solid Fraction		0.000	0.104	0.104	0.104	0.104	0.104
Mass Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.063	0.000
Mass Liquid Fraction		1.000	0.063	0.063	0.063	0.000	0.063
Mass Solid Fraction		0.000	0.938	0.938	0.938	0.938	0.938
Molar Enthalpy	cal/mol	-69917.164	-95272.216	-95272.216	-95272.216	-84062.097	-95272.216
Mass Enthalpy	cal/gm	-3642.213	-304.709	-304.709	-304.709	-268.856	-304.709
Molar Entropy	cal/mol-K	-40.900	-123.421	-123.421	-123.421	-93.221	-123.421
Mass Entropy	cal/gm-K	-2.131	-0.395	-0.395	-0.395	-0.298	-0.395
Molar Density	mol/cc	0.052	0.037	0.037	0.037	0.000	0.037
Mass Density	gm/cc	0.998	11.589	11.589	11.589	0.010	11.589
Enthalpy Flow	kW	-3.472	-0.354	-0.354	-0.354	-0.313	-0.354
Average MW		19.196	312.666	312.666	312.666	312.666	312.666
Mass Flows	kg/hr	0.8196	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
WATER	kg/hr	0.7691	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0500
CELL-5	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-10	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-20	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-50	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-100	kg/hr	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-200	kg/hr	0.0051	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-5K	kg/hr	0.0000	0.1200	0.1200	0.1200	0.1200	0.1200
CELL-7K	kg/hr	0.0000	0.1400	0.1400	0.1400	0.1400	0.1400
CELL-11K	kg/hr	0.0000	0.1400	0.1400	0.1400	0.1400	0.1400
CELL-15K	kg/hr	0.0000	0.1200	0.1200	0.1200	0.1200	0.1200
GLUCOSE	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELLOBIO	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-5	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-10	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-15	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-20	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-50	kg/hr	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-100	kg/hr	0.0015	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-200	kg/hr	0.0434	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-1K	kg/hr	0.0000	0.1200	0.1200	0.1200	0.1200	0.1200
HEMI-2K	kg/hr	0.0000	0.1400	0.1400	0.1400	0.1400	0.1400
HEMI-3K	kg/hr	0.0000	0.1200	0.1200	0.1200	0.1200	0.1200
XYLOSE	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
LACTIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
FORMIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ACETIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
FURFURAL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
LIGNIN	kg/hr	0.0000	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250
ASHES	kg/hr	0.0000	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125
E-OIL	kg/hr	0.0000	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125

Stream Name Simulation	Units	BIO-OUT1	BIO-OUT2	BIO-OUT3	BIO-OUT4	BIO-OUT5
Stream Name FPD		BIO-OUT1	BIO-OUT2	BIO-OUT3	BIO-OUT4	BIO-OUT5
Description						
From		R-1	R-2	R-3	R-4	R-5
To						
Stream Class		CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN
MIXED Substream						
Phase						
Temperature	C	170.000	170.000	170.000	170.000	170.000
Pressure	bar	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Molar Vapor Fraction		0.993	0.993	0.993	0.896	0.896
Molar Liquid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Solid Fraction		0.007	0.007	0.007	0.104	0.104
Mass Vapor Fraction		0.587	0.581	0.574	0.063	0.063
Mass Liquid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Solid Fraction		0.413	0.419	0.426	0.938	0.938
Molar Enthalpy	cal/mol	-58327.697	-58376.020	-58425.530	-84062.097	-84062.097
Mass Enthalpy	cal/gm	-1891.644	-1871.589	-1851.511	-268.856	-268.856
Molar Entropy	cal/mol-K	-12.800	-12.950	-13.105	-93.221	-93.221
Mass Entropy	cal/gm-K	-0.415	-0.415	-0.415	-0.298	-0.298
Molar Density	mol/cc	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Density	gm/cc	0.001	0.001	0.001	0.010	0.010
Enthalpy Flow	kW	-3.423	-3.333	-3.246	-0.313	-0.313
Average MW		30.834	31.191	31.556	312.666	312.666
Mass Flows						
WATER	kg/hr	0.9015	0.8769	0.8531	0.0500	0.0500
CELL-5	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-10	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-20	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-50	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-100	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-200	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-500	kg/hr	0.0047	0.0047	0.0047	0.0000	0.0000
CELL-1K	kg/hr	0.0047	0.0047	0.0047	0.0000	0.0000
CELL-5K	kg/hr	0.1047	0.1047	0.1047	0.1200	0.1200
CELL-7K	kg/hr	0.1222	0.1222	0.1222	0.1400	0.1400
CELL-11K	kg/hr	0.1222	0.1222	0.1222	0.1400	0.1400
CELL-15K	kg/hr	0.1047	0.1047	0.1047	0.1200	0.1200
GLUCOSE	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELLOBIO	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-5	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-10	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-15	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-20	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-50	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-100	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-200	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-500	kg/hr	0.0071	0.0071	0.0071	0.0000	0.0000
HEMI-1K	kg/hr	0.0424	0.0424	0.0424	0.1200	0.1200
HEMI-2K	kg/hr	0.0494	0.0494	0.0494	0.1400	0.1400
HEMI-3K	kg/hr	0.0424	0.0424	0.0424	0.1200	0.1200
XYLOSE	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
LACTIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
FORMIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ACETIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
FURFURAL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
LIGNIN	kg/hr	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250	0.0250
ASHES	kg/hr	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125
E-OIL	kg/hr	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125

Stream Name Simulation	Units	BIOMASS	C-1	C-2	C-3	C-4	C-P5
Stream Name FPD							
Description							
From			P-3	P-3	P-3	P-3	M-C
To		B2					P-3
Stream Class		CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN
MIXED Substream							
Phase			Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase
Temperature	C	25.000	69.323	69.157	69.113	69.138	40.479
Pressure	bar	1.000	0.300	0.300	0.300	0.300	11.800
Molar Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Liquid Fraction		0.896	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Molar Solid Fraction		0.104	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Liquid Fraction		0.063	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Mass Solid Fraction		0.938	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Enthalpy	cal/mol	-95272.216	-72357.815	-71150.380	-68255.460	-71982.359	-68983.138
Mass Enthalpy	cal/gm	-304.709	-3348.360	-3445.306	-3673.393	-3393.014	-3679.653
Molar Entropy	cal/mol-K	-123.421	-41.967	-40.832	-37.425	-41.852	-39.171
Mass Entropy	cal/gm-K	-0.395	-1.942	-1.977	-2.014	-1.973	-2.089
Molar Density	mol/cc	0.037	0.045	0.047	0.051	0.046	0.053
Mass Density	gm/cc	11.589	0.978	0.966	0.954	0.968	0.985
Enthalpy Flow	kW	-0.354	-8.869	-3.731	-7.301	-5.391	-42.277
Average MW		312.666	21.610	20.651	18.581	21.215	18.747
Mass Flows	kg/hr	1.0000	2.2775	0.9311	1.7091	1.3662	9.8791
WATER	kg/hr	0.0500	1.8806	0.8106	1.6567	1.1589	9.4720
CELL-5	kg/hr	0.0000	0.0053	0.0005	0.0000	0.0003	0.0053
CELL-10	kg/hr	0.0000	0.0047	0.0009	0.0000	0.0004	0.0047
CELL-15	kg/hr	0.0000	0.0039	0.0015	0.0000	0.0006	0.0039
CELL-20	kg/hr	0.0000	0.0029	0.0023	0.0000	0.0008	0.0029
CELL-50	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0021	0.0000	0.0038	0.0000
CELL-100	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	0.0057	0.0000
CELL-200	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0051	0.0009	0.0000
CELL-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-5K	kg/hr	0.1200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-7K	kg/hr	0.1400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-11K	kg/hr	0.1400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15K	kg/hr	0.1200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
GLUCOSE	kg/hr	0.0000	0.0055	0.0003	0.0000	0.0002	0.0055
CELLOBIO	kg/hr	0.0000	0.0055	0.0003	0.0000	0.0002	0.0055
HEMI-5	kg/hr	0.0000	0.0779	0.0061	0.0000	0.0036	0.0779
HEMI-10	kg/hr	0.0000	0.0724	0.0104	0.0000	0.0049	0.0724
HEMI-15	kg/hr	0.0000	0.0643	0.0167	0.0001	0.0066	0.0643
HEMI-20	kg/hr	0.0000	0.0535	0.0251	0.0001	0.0090	0.0535
HEMI-50	kg/hr	0.0000	0.0027	0.0451	0.0002	0.0396	0.0027
HEMI-100	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0037	0.0016	0.0824	0.0000
HEMI-200	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0434	0.0442	0.0000
HEMI-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-1K	kg/hr	0.1200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-2K	kg/hr	0.1400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-3K	kg/hr	0.1200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XYLOSE	kg/hr	0.0000	0.0872	0.0043	0.0000	0.0030	0.0872
LACTIC-A	kg/hr	0.0000	0.0057	0.0006	0.0008	0.0007	0.0057
FORMIC-A	kg/hr	0.0000	0.0012	0.0001	0.0001	0.0001	0.0067
ACETIC-A	kg/hr	0.0000	0.0013	0.0001	0.0002	0.0002	0.0045
FURFURAL	kg/hr	0.0000	0.0030	0.0003	0.0004	0.0004	0.0045
LIGNIN	kg/hr	0.0250	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ASHES	kg/hr	0.0125	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E-OIL	kg/hr	0.0125	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Stream Name Simulation	Units	C-P5,10	C-P10,30	C-P30	EX-PROD	M-A.FEED-1,1	M-A.FEED-1,2
Stream Name FPD						2.2	2.4
Description							
From		M-C	M-C	M-C	E-101		M-A.MX-1
To		P-3	P-3	P-3	B1	M-A.M-1	M-A.M-2
Stream Class		CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN
MIXED Substream							
Phase		Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase
Temperature	C	40.479	40.479	40.479	40.286	40.479	30.094
Pressure	bar	11.800	13.300	14.800	13.500	16.300	13.000
Molar Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Molar Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Mass Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Enthalpy	cal/mol	-68730.661	-68898.166	-68142.406	-68679.525	-68674.959	-68214.855
Mass Enthalpy	cal/gm	-3706.159	-3692.866	-3758.568	-3709.693	-3709.446	-3779.457
Molar Entropy	cal/mol-K	-38.944	-39.152	-38.243	-38.865	-38.851	-38.708
Mass Entropy	cal/gm-K	-2.100	-2.099	-2.109	-2.099	-2.099	-2.145
Molar Density	mol/cc	0.053	0.053	0.054	0.053	0.053	0.055
Mass Density	gm/cc	0.982	0.983	0.980	0.983	0.982	0.989
Enthalpy Flow	kW	-18.020	-25.800	-36.447	-122.550	-122.542	-124.559
Average MW		18.545	18.657	18.130	18.514	18.514	18.049
Mass Flows	kg/hr	4.1807	6.0073	8.3379	28.4050	28.4050	28.3379
WATER	kg/hr	4.0594	5.7992	8.2845	27.6151	27.6151	28.2845
CELL-5	kg/hr	0.0005	0.0003	0.0000	0.0060	0.0060	0.0000
CELL-10	kg/hr	0.0009	0.0004	0.0000	0.0060	0.0060	0.0000
CELL-15	kg/hr	0.0015	0.0006	0.0000	0.0060	0.0060	0.0000
CELL-20	kg/hr	0.0023	0.0008	0.0000	0.0060	0.0060	0.0000
CELL-50	kg/hr	0.0021	0.0038	0.0000	0.0060	0.0060	0.0000
CELL-100	kg/hr	0.0001	0.0057	0.0003	0.0060	0.0060	0.0003
CELL-200	kg/hr	0.0000	0.0009	0.0051	0.0060	0.0060	0.0051
CELL-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-5K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-7K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-11K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
GLUCOSE	kg/hr	0.0003	0.0002	0.0000	0.0060	0.0060	0.0000
CELLOBIO	kg/hr	0.0003	0.0002	0.0000	0.0060	0.0060	0.0000
HEMI-5	kg/hr	0.0061	0.0036	0.0000	0.0876	0.0876	0.0000
HEMI-10	kg/hr	0.0104	0.0049	0.0000	0.0876	0.0876	0.0000
HEMI-15	kg/hr	0.0167	0.0066	0.0001	0.0876	0.0876	0.0001
HEMI-20	kg/hr	0.0251	0.0090	0.0001	0.0876	0.0876	0.0001
HEMI-50	kg/hr	0.0451	0.0396	0.0002	0.0876	0.0876	0.0002
HEMI-100	kg/hr	0.0037	0.0824	0.0016	0.0876	0.0876	0.0016
HEMI-200	kg/hr	0.0000	0.0442	0.0434	0.0876	0.0876	0.0434
HEMI-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-2K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-3K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XYLOSE	kg/hr	0.0043	0.0030	0.0000	0.0945	0.0945	0.0000
LACTIC-A	kg/hr	0.0006	0.0007	0.0008	0.0079	0.0079	0.0008
FORMIC-A	kg/hr	0.0004	0.0004	0.0004	0.0079	0.0079	0.0004
ACETIC-A	kg/hr	0.0005	0.0006	0.0006	0.0062	0.0062	0.0006
FURFURAL	kg/hr	0.0005	0.0006	0.0006	0.0062	0.0062	0.0006
LIGNIN	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ASHES	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E-OIL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Stream Name Simulation	Units	M-A.FEED-1,3	M-A.FEED-1,5	M-A.P5-10	M-A.P10-30	M-A.P30	M-A.PERM-1,1
Stream Name FPD		2.7	2.13	2.14B	2.14	2.9	2.10
Description							
From		M-A.MX-2	M-A.MX-3	M-A.M-5	M-A.M-5	M-A.M-3	M-A.M-1
To		M-A.M-3	M-A.M-5				M-A.M-4
Stream Class		CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN
MIXED Substream							
Phase		Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase
Temperature	C	27.057	29.146	29.146	29.146	27.057	40.479
Pressure	bar	11.500	13.000	11.500	11.500	10.000	14.800
Molar Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Molar Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Mass Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Enthalpy	cal/mol	-68245.311	-68483.887	-68353.923	-68789.069	-68264.916	-68903.731
Mass Enthalpy	cal/gm	-3784.721	-3757.840	-3769.298	-3731.640	-3782.889	-3689.079
Molar Entropy	cal/mol-K	-38.860	-39.069	-38.911	-39.444	-38.885	-39.114
Mass Entropy	cal/gm-K	-2.155	-2.144	-2.146	-2.140	-2.155	-2.094
Molar Density	mol/cc	0.055	0.054	0.055	0.054	0.055	0.053
Mass Density	gm/cc	0.992	0.991	0.991	0.992	0.992	0.984
Enthalpy Flow	kW	-125.497	-114.070	-79.699	-34.372	-37.660	-86.096
Average MW		18.032	18.224	18.134	18.434	18.046	18.678
Mass Flows	kg/hr	28.5115	26.1007	18.1807	7.9200	8.5601	20.0672
WATER	kg/hr	28.4854	25.7992	18.0594	7.7397	8.5456	19.3305
CELL-5	kg/hr	0.0000	0.0005	0.0005	0.0000	0.0000	0.0060
CELL-10	kg/hr	0.0000	0.0009	0.0009	0.0001	0.0000	0.0060
CELL-15	kg/hr	0.0000	0.0017	0.0015	0.0002	0.0000	0.0060
CELL-20	kg/hr	0.0000	0.0027	0.0023	0.0004	0.0000	0.0060
CELL-50	kg/hr	0.0000	0.0059	0.0021	0.0037	0.0000	0.0060
CELL-100	kg/hr	0.0000	0.0057	0.0001	0.0057	0.0000	0.0057
CELL-200	kg/hr	0.0044	0.0009	0.0000	0.0009	0.0038	0.0009
CELL-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-5K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-7K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-11K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
GLUCOSE	kg/hr	0.0000	0.0003	0.0003	0.0000	0.0000	0.0060
CELLOBIO	kg/hr	0.0000	0.0003	0.0003	0.0000	0.0000	0.0060
HEMI-5	kg/hr	0.0000	0.0064	0.0061	0.0003	0.0000	0.0876
HEMI-10	kg/hr	0.0000	0.0110	0.0104	0.0006	0.0000	0.0876
HEMI-15	kg/hr	0.0000	0.0180	0.0167	0.0014	0.0000	0.0876
HEMI-20	kg/hr	0.0000	0.0280	0.0251	0.0029	0.0000	0.0876
HEMI-50	kg/hr	0.0000	0.0825	0.0451	0.0374	0.0000	0.0874
HEMI-100	kg/hr	0.0000	0.0860	0.0037	0.0824	0.0000	0.0860
HEMI-200	kg/hr	0.0215	0.0442	0.0000	0.0442	0.0107	0.0442
HEMI-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-2K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-3K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XYLOSE	kg/hr	0.0000	0.0044	0.0043	0.0001	0.0000	0.0944
LACTIC-A	kg/hr	0.0001	0.0007	0.0006	0.0001	0.0000	0.0071
FORMIC-A	kg/hr	0.0000	0.0004	0.0004	0.0000	0.0000	0.0075
ACETIC-A	kg/hr	0.0001	0.0006	0.0005	0.0001	0.0000	0.0056
FURFURAL	kg/hr	0.0001	0.0006	0.0005	0.0001	0.0000	0.0056
LIGNIN	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ASHES	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E-OIL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Stream Name Simulation	Units	M-A.PERM-1,2	M-A.PERM-1,3	M-A.PERM-1,4	M-A.RET-1,1	M-A.RET-1,2	M-A.RET-1,4
Stream Name FPD					2.3	2.6	2.12
Description							
From		M-A.M-2	M-A.M-3	M-A.M-4	M-A.M-1	M-A.M-2	M-A.M-4
To					M-A.MX-1	M-A.MX-2	M-A.MX-3
Stream Class		CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN
MIXED Substream							
Phase		Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase
Temperature	C	30.094	27.057	40.479	40.479	30.094	40.479
Pressure	bar	11.500	10.000	13.300	14.800	11.500	13.300
Molar Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Molar Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Mass Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Enthalpy	cal/mol	-68202.175	-68237.733	-68731.552	-68142.406	-68246.356	-69307.891
Mass Enthalpy	cal/gm	-3780.717	-3785.553	-3702.514	-3758.568	-3776.628	-3658.421
Molar Entropy	cal/mol-K	-38.694	-38.852	-38.890	-38.243	-38.749	-39.645
Mass Entropy	cal/gm-K	-2.145	-2.155	-2.095	-2.109	-2.144	-2.093
Molar Density	mol/cc	0.055	0.055	0.053	0.054	0.055	0.052
Mass Density	gm/cc	0.989	0.992	0.983	0.980	0.989	0.984
Enthalpy Flow	kW	-87.176	-87.838	-60.140	-36.447	-37.385	-25.957
Average MW		18.039	18.026	18.563	18.130	18.071	18.945
Mass Flows	kg/hr	19.8263	19.9515	13.9664	8.3379	8.5115	6.1007
WATER	kg/hr	19.7992	19.9397	13.5314	8.2845	8.4854	5.7992
CELL-5	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0055	0.0000	0.0000	0.0005
CELL-10	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0050	0.0000	0.0000	0.0009
CELL-15	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0043	0.0000	0.0000	0.0017
CELL-20	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0033	0.0000	0.0000	0.0027
CELL-50	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0059
CELL-100	kg/hr	0.0003	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0057
CELL-200	kg/hr	0.0007	0.0006	0.0000	0.0051	0.0044	0.0009
CELL-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-5K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-7K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-11K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
GLUCOSE	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0057	0.0000	0.0000	0.0003
CELLOBIO	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0057	0.0000	0.0000	0.0003
HEMI-5	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0812	0.0000	0.0000	0.0064
HEMI-10	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0766	0.0000	0.0000	0.0110
HEMI-15	kg/hr	0.0001	0.0000	0.0696	0.0001	0.0000	0.0180
HEMI-20	kg/hr	0.0001	0.0000	0.0596	0.0001	0.0000	0.0280
HEMI-50	kg/hr	0.0002	0.0000	0.0050	0.0002	0.0000	0.0825
HEMI-100	kg/hr	0.0016	0.0000	0.0000	0.0016	0.0000	0.0860
HEMI-200	kg/hr	0.0219	0.0109	0.0000	0.0434	0.0215	0.0442
HEMI-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-2K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-3K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XYLOSE	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0900	0.0000	0.0000	0.0044
LACTIC-A	kg/hr	0.0007	0.0001	0.0064	0.0008	0.0001	0.0007
FORMIC-A	kg/hr	0.0004	0.0000	0.0071	0.0004	0.0000	0.0004
ACETIC-A	kg/hr	0.0006	0.0001	0.0050	0.0006	0.0001	0.0006
FURFURAL	kg/hr	0.0006	0.0001	0.0050	0.0006	0.0001	0.0006
LIGNIN	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ASHES	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E-OIL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Stream Name Simulation	Units	M-A.W-1	M-A.W-2	M-A.W-3	M-A.WS022	M-B.FEED-2,1	M-B.FEED-2,2
Stream Name FPD		W2	W4	W3		2.15	2.18
Description							
From		M-A.D-1	M-A.D-1	M-A.D-1			M-B.MX-1
To		M-A.MX-1	M-A.MX-3	M-A.MX-2	M-A.D-1	M-B.M-1	M-B.M-2
Stream Class		CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN
MIXED Substream							
Phase		Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase
Temperature	C	25.732	25.732	25.732	25.732	40.479	30.161
Pressure	bar	13.000	13.000	13.000	13.000	16.300	13.000
Molar Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Molar Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Mass Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Enthalpy	cal/mol	-68244.868	-68244.868	-68244.868	-68244.868	-68674.959	-68485.753
Mass Enthalpy	cal/gm	-3788.166	-3788.166	-3788.166	-3788.166	-3709.446	-3755.053
Molar Entropy	cal/mol-K	-38.907	-38.907	-38.907	-38.907	-38.851	-39.034
Mass Entropy	cal/gm-K	-2.160	-2.160	-2.160	-2.160	-2.099	-2.140
Molar Density	mol/cc	0.055	0.055	0.055	0.055	0.053	0.054
Mass Density	gm/cc	0.993	0.993	0.993	0.993	0.982	0.990
Enthalpy Flow	kW	-88.113	-88.113	-88.113	-88.113	-122.542	-125.061
Average MW		18.015	18.015	18.015	18.015	18.514	18.238
Mass Flows	kg/hr	20.0000	20.0000	20.0000	20.0000	28.4050	28.6370
WATER	kg/hr	20.0000	20.0000	20.0000	20.0000	27.6151	28.2845
CELL-5	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0060	0.0005
CELL-10	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0060	0.0009
CELL-15	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0060	0.0017
CELL-20	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0060	0.0027
CELL-50	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0060	0.0059
CELL-100	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0060	0.0060
CELL-200	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0060	0.0060
CELL-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-5K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-7K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-11K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
GLUCOSE	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0060	0.0003
CELLOBIO	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0060	0.0003
HEMI-5	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0876	0.0064
HEMI-10	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0876	0.0110
HEMI-15	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0876	0.0180
HEMI-20	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0876	0.0280
HEMI-50	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0876	0.0827
HEMI-100	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0876	0.0876
HEMI-200	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0876	0.0876
HEMI-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-2K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-3K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XYLOSE	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0945	0.0044
LACTIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0079	0.0008
FORMIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0079	0.0004
ACETIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0062	0.0006
FURFURAL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0062	0.0006
LIGNIN	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ASHES	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E-OIL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Stream Name Simulation	Units	M-B.FEED-2,3	M-B.PERM-2,1	M-B.PERM-2,2	M-B.PERM-2,3	M-B.PERM-2,4	M-B.PERM-2,5
Stream Name FPD		2.21				2.24	2.26
Description							
From		M-B.MX-2	M-B.M-1	M-B.M-2	M-B.M-3	M-B.M-4	M-B.M-5
To		M-B.M-3					
Stream Class		CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN
MIXED Substream							
Phase		Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase
Temperature	C	27.095	40.479	30.161	27.095	27.095	27.095
Pressure	bar	11.500	14.800	11.500	10.000	8.500	7.000
Molar Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Molar Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Mass Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Enthalpy	cal/mol	-68483.175	-68507.854	-68246.974	-68243.191	-68439.955	-70691.580
Mass Enthalpy	cal/gm	-3763.447	-3723.065	-3776.279	-3784.922	-3767.478	-3584.188
Molar Entropy	cal/mol-K	-39.148	-38.637	-38.744	-38.857	-39.098	-41.843
Mass Entropy	cal/gm-K	-2.151	-2.100	-2.144	-2.155	-2.152	-2.122
Molar Density	mol/cc	0.055	0.053	0.055	0.055	0.055	0.051
Mass Density	gm/cc	0.993	0.982	0.989	0.992	0.993	1.000
Enthalpy Flow	kW	-125.937	-85.594	-87.238	-87.846	-26.430	-8.191
Average MW		18.197	18.401	18.073	18.030	18.166	19.723
Mass Flows	kg/hr	28.7732	19.7680	19.8638	19.9565	6.0321	1.9650
WATER	kg/hr	28.4854	19.3305	19.7992	19.9397	5.9819	1.7946
CELL-5	kg/hr	0.0000	0.0055	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-10	kg/hr	0.0001	0.0050	0.0008	0.0001	0.0000	0.0000
CELL-15	kg/hr	0.0005	0.0043	0.0012	0.0003	0.0001	0.0000
CELL-20	kg/hr	0.0012	0.0033	0.0015	0.0007	0.0005	0.0001
CELL-50	kg/hr	0.0058	0.0001	0.0001	0.0001	0.0021	0.0036
CELL-100	kg/hr	0.0060	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0057
CELL-200	kg/hr	0.0060	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009
CELL-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-5K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-7K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-11K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
GLUCOSE	kg/hr	0.0000	0.0057	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000
CELLOBIO	kg/hr	0.0000	0.0057	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-5	kg/hr	0.0005	0.0812	0.0059	0.0004	0.0000	0.0000
HEMI-10	kg/hr	0.0014	0.0767	0.0096	0.0012	0.0002	0.0000
HEMI-15	kg/hr	0.0037	0.0696	0.0143	0.0029	0.0007	0.0001
HEMI-20	kg/hr	0.0090	0.0596	0.0191	0.0061	0.0026	0.0003
HEMI-50	kg/hr	0.0780	0.0050	0.0047	0.0044	0.0402	0.0332
HEMI-100	kg/hr	0.0876	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.0823
HEMI-200	kg/hr	0.0876	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0442
HEMI-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-2K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-3K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XYLOSE	kg/hr	0.0002	0.0901	0.0042	0.0002	0.0000	0.0000
LACTIC-A	kg/hr	0.0001	0.0071	0.0007	0.0001	0.0000	0.0000
FORMIC-A	kg/hr	0.0000	0.0075	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000
ACETIC-A	kg/hr	0.0001	0.0056	0.0006	0.0001	0.0000	0.0000
FURFURAL	kg/hr	0.0001	0.0056	0.0006	0.0001	0.0000	0.0000
LIGNIN	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ASHES	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E-OIL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Stream Name Simulation	Units	M-B.RET-2,1	M-B.RET-2,2	M-B.RET-2,3	M-B.RET-2,4	M-B.RET-2,5	M-B.W1
Stream Name FPD		2.17	2.20	2.23	2.25	2.27	W6
Description							
From		M-B.M-1	M-B.M-2	M-B.M-3	M-B.M-4	M-B.M-5	M-B.B1
To		M-B.MX-1	M-B.MX-2	M-B.M-4	M-B.M-5		M-B.MX-1
Stream Class		CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN
MIXED Substream							
Phase		Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase
Temperature	C	40.479	30.161	27.095	27.095	27.095	25.732
Pressure	bar	14.800	11.500	10.000	8.500	7.000	13.000
Molar Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Molar Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Mass Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Enthalpy	cal/mol	-69067.122	-69044.825	-69045.037	-70458.694	-69917.164	-68244.868
Mass Enthalpy	cal/gm	-3678.377	-3707.097	-3714.943	-3601.236	-3642.213	-3788.166
Molar Entropy	cal/mol-K	-39.356	-39.717	-39.834	-41.558	-40.900	-38.907
Mass Entropy	cal/gm-K	-2.096	-2.132	-2.143	-2.124	-2.131	-2.160
Molar Density	mol/cc	0.052	0.053	0.054	0.051	0.052	0.055
Mass Density	gm/cc	0.983	0.992	0.995	1.000	0.998	0.993
Enthalpy Flow	kW	-36.949	-37.824	-38.092	-11.662	-3.472	-88.113
Average MW		18.777	18.625	18.586	19.565	19.196	18.015
Mass Flows	kg/hr	8.6370	8.7732	8.8167	2.7845	0.8196	20.0000
WATER	kg/hr	8.2845	8.4854	8.5456	2.5637	0.7691	20.0000
CELL-5	kg/hr	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-10	kg/hr	0.0009	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15	kg/hr	0.0017	0.0005	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-20	kg/hr	0.0027	0.0012	0.0005	0.0001	0.0000	0.0000
CELL-50	kg/hr	0.0059	0.0058	0.0057	0.0036	0.0000	0.0000
CELL-100	kg/hr	0.0060	0.0060	0.0060	0.0059	0.0003	0.0000
CELL-200	kg/hr	0.0060	0.0060	0.0060	0.0060	0.0051	0.0000
CELL-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-5K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-7K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-11K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
GLUCOSE	kg/hr	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELLOBIO	kg/hr	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-5	kg/hr	0.0064	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-10	kg/hr	0.0110	0.0014	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-15	kg/hr	0.0180	0.0037	0.0008	0.0001	0.0000	0.0000
HEMI-20	kg/hr	0.0280	0.0090	0.0029	0.0003	0.0000	0.0000
HEMI-50	kg/hr	0.0827	0.0780	0.0736	0.0333	0.0001	0.0000
HEMI-100	kg/hr	0.0876	0.0876	0.0876	0.0839	0.0015	0.0000
HEMI-200	kg/hr	0.0876	0.0876	0.0876	0.0876	0.0434	0.0000
HEMI-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-2K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-3K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XYLOSE	kg/hr	0.0044	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
LACTIC-A	kg/hr	0.0008	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
FORMIC-A	kg/hr	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ACETIC-A	kg/hr	0.0006	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
FURFURAL	kg/hr	0.0006	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
LIGNIN	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ASHES	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E-OIL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Stream Name Simulation	Units	M-B.W2	M-B.WS03	M-C.2,5	M-C.P5	M-C.P5-10	M-C.P10-30
Stream Name FPD		W7		2.28	2.34	2.33	2.31
Description							
From		M-B.B1			M-C.M-3	M-C.M-3	M-C.M-2
To		M-B.MX-2	M-B.B1	M-C.M-1			
Stream Class		CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN
MIXED Substream							
Phase		Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase
Temperature	C	25.732	25.732	40.479	40.479	40.479	40.479
Pressure	bar	13.000	13.000	16.300	11.800	11.800	13.300
Molar Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Molar Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Mass Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Enthalpy	cal/mol	-68244.868	-68244.868	-68674.959	-68983.138	-68730.661	-68898.166
Mass Enthalpy	cal/gm	-3788.166	-3788.166	-3709.446	-3679.653	-3706.159	-3692.866
Molar Entropy	cal/mol-K	-38.907	-38.907	-38.851	-39.171	-38.944	-39.152
Mass Entropy	cal/gm-K	-2.160	-2.160	-2.099	-2.089	-2.100	-2.099
Molar Density	mol/cc	0.055	0.055	0.053	0.053	0.053	0.053
Mass Density	gm/cc	0.993	0.993	0.982	0.985	0.982	0.983
Enthalpy Flow	kW	-88.113	-88.113	-122.542	-42.277	-18.020	-25.800
Average MW		18.015	18.015	18.514	18.747	18.545	18.657
Mass Flows	kg/hr	20.0000	20.0000	28.4050	9.8791	4.1807	6.0073
WATER	kg/hr	20.0000	20.0000	27.6151	9.4720	4.0594	5.7992
CELL-5	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0060	0.0053	0.0005	0.0003
CELL-10	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0060	0.0047	0.0009	0.0004
CELL-15	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0060	0.0039	0.0015	0.0006
CELL-20	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0060	0.0029	0.0023	0.0008
CELL-50	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0060	0.0000	0.0021	0.0038
CELL-100	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0060	0.0000	0.0001	0.0057
CELL-200	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0060	0.0000	0.0000	0.0009
CELL-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-5K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-7K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-11K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
GLUCOSE	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0060	0.0055	0.0003	0.0002
CELLOBIO	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0060	0.0055	0.0003	0.0002
HEMI-5	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0876	0.0779	0.0061	0.0036
HEMI-10	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0876	0.0724	0.0104	0.0049
HEMI-15	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0876	0.0643	0.0167	0.0066
HEMI-20	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0876	0.0535	0.0251	0.0090
HEMI-50	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0876	0.0027	0.0451	0.0396
HEMI-100	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0876	0.0000	0.0037	0.0824
HEMI-200	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0876	0.0000	0.0000	0.0442
HEMI-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-2K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-3K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XYLOSE	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0945	0.0872	0.0043	0.0030
LACTIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0079	0.0057	0.0006	0.0007
FORMIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0079	0.0067	0.0004	0.0004
ACETIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0062	0.0045	0.0005	0.0006
FURFURAL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0062	0.0045	0.0005	0.0006
LIGNIN	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ASHES	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E-OIL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Stream Name Simulation	Units	M-C.P30	M-C.PERM-3,1	M-C.PERM-3,2	P-1.1	P-1.2
Stream Name FPD		2.29	2.30	2.32	3.3	3.3
Description						
From		M-C.M-1	M-C.M-1	M-C.M-2	P-1.HE-6	P-1.HE-7
To			M-C.M-2	M-C.M-3	P-1.T-3	P-1.T-4
Stream Class		CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN
MIXED Substream						
Phase		Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase
Temperature	C	40.479	40.479	40.479	130.000	130.000
Pressure	bar	14.800	14.800	13.300	9.700	11.200
Molar Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Molar Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Mass Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Enthalpy	cal/mol	-68142.406	-68903.731	-68906.923	-66337.382	-66457.960
Mass Enthalpy	cal/gm	-3758.568	-3689.079	-3687.504	-3676.075	-3664.747
Molar Entropy	cal/mol-K	-38.243	-39.114	-39.101	-33.452	-33.586
Mass Entropy	cal/gm-K	-2.109	-2.094	-2.092	-1.854	-1.852
Molar Density	mol/cc	0.054	0.053	0.053	0.049	0.049
Mass Density	gm/cc	0.980	0.984	0.984	0.886	0.887
Enthalpy Flow	kW	-36.447	-86.096	-60.297	-36.597	-77.488
Average MW		18.130	18.678	18.687	18.046	18.134
Mass Flows	kg/hr	8.3379	20.0672	14.0598	8.5601	18.1807
WATER	kg/hr	8.2845	19.3305	13.5314	8.5456	18.0594
CELL-5	kg/hr	0.0000	0.0060	0.0057	0.0000	0.0005
CELL-10	kg/hr	0.0000	0.0060	0.0056	0.0000	0.0009
CELL-15	kg/hr	0.0000	0.0060	0.0054	0.0000	0.0015
CELL-20	kg/hr	0.0000	0.0060	0.0052	0.0000	0.0023
CELL-50	kg/hr	0.0000	0.0060	0.0022	0.0000	0.0021
CELL-100	kg/hr	0.0003	0.0057	0.0001	0.0000	0.0001
CELL-200	kg/hr	0.0051	0.0009	0.0000	0.0038	0.0000
CELL-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-5K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-7K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-11K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
GLUCOSE	kg/hr	0.0000	0.0060	0.0058	0.0000	0.0003
CELLOBIO	kg/hr	0.0000	0.0060	0.0058	0.0000	0.0003
HEMI-5	kg/hr	0.0000	0.0876	0.0840	0.0000	0.0061
HEMI-10	kg/hr	0.0000	0.0876	0.0827	0.0000	0.0104
HEMI-15	kg/hr	0.0001	0.0876	0.0809	0.0000	0.0167
HEMI-20	kg/hr	0.0001	0.0876	0.0786	0.0000	0.0251
HEMI-50	kg/hr	0.0002	0.0874	0.0478	0.0000	0.0451
HEMI-100	kg/hr	0.0016	0.0860	0.0037	0.0000	0.0037
HEMI-200	kg/hr	0.0434	0.0442	0.0000	0.0107	0.0000
HEMI-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-2K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-3K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XYLOSE	kg/hr	0.0000	0.0944	0.0915	0.0000	0.0043
LACTIC-A	kg/hr	0.0008	0.0071	0.0064	0.0000	0.0006
FORMIC-A	kg/hr	0.0004	0.0075	0.0071	0.0000	0.0004
ACETIC-A	kg/hr	0.0006	0.0056	0.0050	0.0000	0.0005
FURFURAL	kg/hr	0.0006	0.0056	0.0050	0.0000	0.0005
LIGNIN	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ASHES	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E-OIL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Stream Name Simulation	Units	P-1.3	P-1.A-P5,10	P-1.A-P10,30	P-1.A-P30	P-1.P5,10	P-1.P10,30
Stream Name FPD		3.3	3.2	3.2	3.2	3.4	3.4
Description							
From		P-1.HE-8				P-1.T-4	P-1.T-5
To		P-1.T-5	P-1.HE-7	P-1.HE-8	P-1.HE-6		
Stream Class		CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN
MIXED Substream							
Phase		Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase
Temperature	C	130.000	29.146	29.146	27.057	69.119	69.117
Pressure	bar	11.200	11.500	11.500	10.000	0.300	0.300
Molar Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Molar Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Mass Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Enthalpy	cal/mol	-66873.368	-68353.923	-68789.069	-68264.916	-68294.853	-70434.386
Mass Enthalpy	cal/gm	-3627.718	-3769.298	-3731.640	-3782.889	-3670.179	-3502.754
Molar Entropy	cal/mol-K	-34.067	-38.911	-39.444	-38.885	-37.464	-40.031
Mass Entropy	cal/gm-K	-1.848	-2.146	-2.140	-2.155	-2.013	-1.991
Molar Density	mol/cc	0.048	0.055	0.054	0.055	0.051	0.048
Mass Density	gm/cc	0.889	0.991	0.992	0.992	0.954	0.962
Enthalpy Flow	kW	-33.415	-79.699	-34.372	-37.660	-15.926	-7.039
Average MW		18.434	18.134	18.434	18.046	18.608	20.108
Mass Flows	kg/hr	7.9200	18.1807	7.9200	8.5601	3.7311	1.7279
WATER	kg/hr	7.7397	18.0594	7.7397	8.5456	3.6106	1.5477
CELL-5	kg/hr	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000
CELL-10	kg/hr	0.0001	0.0009	0.0001	0.0000	0.0009	0.0001
CELL-15	kg/hr	0.0002	0.0015	0.0002	0.0000	0.0015	0.0002
CELL-20	kg/hr	0.0004	0.0023	0.0004	0.0000	0.0023	0.0004
CELL-50	kg/hr	0.0037	0.0021	0.0037	0.0000	0.0021	0.0037
CELL-100	kg/hr	0.0057	0.0001	0.0057	0.0000	0.0001	0.0057
CELL-200	kg/hr	0.0009	0.0000	0.0009	0.0038	0.0000	0.0009
CELL-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-5K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-7K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-11K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
GLUCOSE	kg/hr	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000
CELLOBIO	kg/hr	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000
HEMI-5	kg/hr	0.0003	0.0061	0.0003	0.0000	0.0061	0.0003
HEMI-10	kg/hr	0.0006	0.0104	0.0006	0.0000	0.0104	0.0006
HEMI-15	kg/hr	0.0014	0.0167	0.0014	0.0000	0.0167	0.0014
HEMI-20	kg/hr	0.0029	0.0251	0.0029	0.0000	0.0251	0.0029
HEMI-50	kg/hr	0.0374	0.0451	0.0374	0.0000	0.0451	0.0374
HEMI-100	kg/hr	0.0824	0.0037	0.0824	0.0000	0.0037	0.0824
HEMI-200	kg/hr	0.0442	0.0000	0.0442	0.0107	0.0000	0.0442
HEMI-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-2K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-3K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XYLOSE	kg/hr	0.0001	0.0043	0.0001	0.0000	0.0043	0.0001
LACTIC-A	kg/hr	0.0001	0.0006	0.0001	0.0000	0.0006	0.0001
FORMIC-A	kg/hr	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
ACETIC-A	kg/hr	0.0001	0.0005	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000
FURFURAL	kg/hr	0.0001	0.0005	0.0001	0.0000	0.0003	0.0000
LIGNIN	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ASHES	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E-OIL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Stream Name Simulation	Units	P-1.P30	P-1.S1	P-1.S3	P-1.V1	P-2.2	P-2.3
Stream Name FPD		3.4	3.5	3.5	3.5	3.3	3.3
Description							
From		P-1.T-3	P-1.T-4	P-1.T-5	P-1.T-3	P-2.HE-7	P-2.HE-8
To						P-2.T-4	P-2.T-5
Stream Class		CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN
MIXED Substream							
Phase		Liquid Phase	Vapor Phase	Vapor Phase	Vapor Phase	Liquid Phase	Liquid Phase
Temperature	C	69.109	69.119	69.117	69.109	130.000	130.000
Pressure	bar	0.300	0.300	0.300	0.300	8.200	6.700
Molar Vapor Fraction		0.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000
Molar Liquid Fraction		1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000
Molar Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Vapor Fraction		0.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000
Mass Liquid Fraction		1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000
Mass Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Enthalpy	cal/mol	-67674.397	-57407.514	-57407.092	-57407.057	-66504.909	-68652.915
Mass Enthalpy	cal/gm	-3725.050	-3186.478	-3186.551	-3186.573	-3660.958	-3480.824
Molar Entropy	cal/mol-K	-36.737	-7.092	-7.093	-7.093	-33.645	-36.117
Mass Entropy	cal/gm-K	-2.022	-0.394	-0.394	-0.394	-1.852	-1.831
Molar Density	mol/cc	0.052	0.000	0.000	0.000	0.049	0.045
Mass Density	gm/cc	0.952	0.000	0.000	0.000	0.887	0.897
Enthalpy Flow	kW	-7.467	-53.548	-22.948	-25.336	-25.683	-7.955
Average MW		18.167	18.016	18.015	18.015	18.166	19.723
Mass Flows	kg/hr	1.7236	14.4496	6.1922	6.8365	6.0321	1.9650
WATER	kg/hr	1.7091	14.4488	6.1921	6.8365	5.9819	1.7946
CELL-5	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-10	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
CELL-20	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0001
CELL-50	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0021	0.0036
CELL-100	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0057
CELL-200	kg/hr	0.0038	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009
CELL-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-5K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-7K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-11K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
GLUCOSE	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELLOBIO	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-5	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-10	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000
HEMI-15	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0001
HEMI-20	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0026	0.0003
HEMI-50	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0402	0.0332
HEMI-100	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.0823
HEMI-200	kg/hr	0.0107	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0442
HEMI-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-2K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-3K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XYLOSE	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
LACTIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
FORMIC-A	kg/hr	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ACETIC-A	kg/hr	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
FURFURAL	kg/hr	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
LIGNIN	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ASHES	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E-OIL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Stream Name Simulation	Units	P-2.4	P-2.B-P5,10	P-2.B-P10,30	P-2.B-P30	P-2.P5,10	P-2.P10,30
Stream Name FPD		3.3	3.2	3.2	3.2	3.4	3.4
Description							
From		P-2.HE-9				P-2.T-4	P-2.T-5
To		P-2.T-6	P-2.HE-7	P-2.HE-8	P-2.HE-9		
Stream Class		CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN
MIXED Substream							
Phase		Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase
Temperature	C	130.000	27.095	27.095	27.095	69.112	69.168
Pressure	bar	6.700	8.500	7.000	7.000	0.300	0.300
Molar Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Molar Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Mass Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Enthalpy	cal/mol	-67914.129	-68439.955	-70691.580	-69917.164	-68534.095	-79584.016
Mass Enthalpy	cal/gm	-3537.868	-3767.478	-3584.188	-3642.213	-3651.501	-2996.977
Molar Entropy	cal/mol-K	-35.268	-39.098	-41.843	-40.900	-37.763	-50.962
Mass Entropy	cal/gm-K	-1.837	-2.152	-2.122	-2.131	-2.012	-1.919
Molar Density	mol/cc	0.047	0.055	0.051	0.052	0.051	0.037
Mass Density	gm/cc	0.894	0.993	1.000	0.998	0.955	0.987
Enthalpy Flow	kW	-3.372	-26.430	-8.191	-3.472	-5.293	-1.844
Average MW		19.196	18.166	19.723	19.196	18.769	26.555
Mass Flows	kg/hr	0.8196	6.0321	1.9650	0.8196	1.2465	0.5291
WATER	kg/hr	0.7691	5.9819	1.7946	0.7691	1.1963	0.3587
CELL-5	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-10	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15	kg/hr	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
CELL-20	kg/hr	0.0000	0.0005	0.0001	0.0000	0.0005	0.0001
CELL-50	kg/hr	0.0000	0.0021	0.0036	0.0000	0.0021	0.0036
CELL-100	kg/hr	0.0003	0.0001	0.0057	0.0003	0.0001	0.0057
CELL-200	kg/hr	0.0051	0.0000	0.0009	0.0051	0.0000	0.0009
CELL-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-5K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-7K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-11K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
GLUCOSE	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELLOBIO	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-5	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-10	kg/hr	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000
HEMI-15	kg/hr	0.0000	0.0007	0.0001	0.0000	0.0007	0.0001
HEMI-20	kg/hr	0.0000	0.0026	0.0003	0.0000	0.0026	0.0003
HEMI-50	kg/hr	0.0001	0.0402	0.0332	0.0001	0.0402	0.0332
HEMI-100	kg/hr	0.0015	0.0037	0.0823	0.0015	0.0037	0.0823
HEMI-200	kg/hr	0.0434	0.0000	0.0442	0.0434	0.0000	0.0442
HEMI-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-2K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-3K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XYLOSE	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
LACTIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
FORMIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ACETIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
FURFURAL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
LIGNIN	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ASHES	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E-OIL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Stream Name Simulation	Units	P-2.P30	P-2.V1	P-2.V2	P-2.V3	P-3.1	P-3.2
Stream Name FPD		3.4	3.5	3.5	3.5	3.3	3.3
Description							
From		P-2.T-6	P-2.T-4	P-2.T-5	P-2.T-6	P-3.HE-1	P-3.HE-2
To						P-3.T-1	P-3.T-2
Stream Class		CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN
MIXED Substream							
Phase		Liquid Phase	Vapor Phase	Vapor Phase	Vapor Phase	Liquid Phase	Liquid Phase
Temperature	C	69.135	69.112	69.168	69.135	130.000	130.000
Pressure	bar	0.300	0.300	0.300	0.300	11.500	14.500
Molar Vapor Fraction		0.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000
Molar Liquid Fraction		1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000
Molar Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Vapor Fraction		0.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000
Mass Liquid Fraction		1.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000
Mass Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Enthalpy	cal/mol	-75783.006	-57407.034	-57406.578	-57406.840	-67014.410	-66449.833
Mass Enthalpy	cal/gm	-3168.109	-3186.571	-3186.548	-3186.564	-3613.613	-3665.210
Molar Entropy	cal/mol-K	-46.424	-7.093	-7.091	-7.092	-34.215	-33.576
Mass Entropy	cal/gm-K	-1.941	-0.394	-0.394	-0.394	-1.845	-1.852
Molar Density	mol/cc	0.041	0.000	0.000	0.000	0.048	0.049
Mass Density	gm/cc	0.980	0.000	0.000	0.000	0.890	0.887
Enthalpy Flow	kW	-0.753	-17.736	-5.321	-2.280	-17.570	-35.541
Average MW		23.921	18.015	18.015	18.015	18.545	18.130
Mass Flows	kg/hr	0.2043	4.7857	1.4359	0.6153	4.1807	8.3379
WATER	kg/hr	0.1538	4.7857	1.4359	0.6153	4.0594	8.2845
CELL-5	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000
CELL-10	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0000
CELL-15	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0015	0.0000
CELL-20	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0023	0.0000
CELL-50	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0021	0.0000
CELL-100	kg/hr	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003
CELL-200	kg/hr	0.0051	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0051
CELL-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-5K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-7K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-11K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
GLUCOSE	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000
CELLOBIO	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000
HEMI-5	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0061	0.0000
HEMI-10	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0104	0.0000
HEMI-15	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0167	0.0001
HEMI-20	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0251	0.0001
HEMI-50	kg/hr	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0451	0.0002
HEMI-100	kg/hr	0.0015	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.0016
HEMI-200	kg/hr	0.0434	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0434
HEMI-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-2K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-3K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XYLOSE	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0043	0.0000
LACTIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0008
FORMIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0004
ACETIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0006
FURFURAL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0006
LIGNIN	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ASHES	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E-OIL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Stream Name Simulation	Units	P-3.3	P-3.5	P-3.C-P5	P-3.C-P5,10	P-3.C-P10,30	P-3.C-P30
Stream Name FPD		3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	3.2
Description							
From		P-3.HE-3	P-3.HE-7				
To		P-3.T-3	P-3.T-4	P-3.HE-7	P-3.HE-1	P-3.HE-3	P-3.HE-2
Stream Class		CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN
MIXED Substream							
Phase		Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase
Temperature	C	130.000	130.000	40.479	40.479	40.479	40.479
Pressure	bar	13.000	11.500	11.800	11.800	13.300	14.800
Molar Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Molar Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Mass Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Enthalpy	cal/mol	-67175.047	-67259.957	-68983.138	-68730.661	-68898.166	-68142.406
Mass Enthalpy	cal/gm	-3600.509	-3587.737	-3679.653	-3706.159	-3692.866	-3758.568
Molar Entropy	cal/mol-K	-34.406	-34.423	-39.171	-38.944	-39.152	-38.243
Mass Entropy	cal/gm-K	-1.844	-1.836	-2.089	-2.100	-2.099	-2.109
Molar Density	mol/cc	0.048	0.048	0.053	0.053	0.053	0.054
Mass Density	gm/cc	0.890	0.892	0.985	0.982	0.983	0.980
Enthalpy Flow	kW	-25.155	-41.221	-42.277	-18.020	-25.800	-36.447
Average MW		18.657	18.747	18.747	18.545	18.657	18.130
Mass Flows	kg/hr	6.0073	9.8791	9.8791	4.1807	6.0073	8.3379
WATER	kg/hr	5.7992	9.4720	9.4720	4.0594	5.7992	8.2845
CELL-5	kg/hr	0.0003	0.0053	0.0053	0.0005	0.0003	0.0000
CELL-10	kg/hr	0.0004	0.0047	0.0047	0.0009	0.0004	0.0000
CELL-15	kg/hr	0.0006	0.0039	0.0039	0.0015	0.0006	0.0000
CELL-20	kg/hr	0.0008	0.0029	0.0029	0.0023	0.0008	0.0000
CELL-50	kg/hr	0.0038	0.0000	0.0000	0.0021	0.0038	0.0000
CELL-100	kg/hr	0.0057	0.0000	0.0000	0.0001	0.0057	0.0003
CELL-200	kg/hr	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0051
CELL-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-5K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-7K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-11K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
GLUCOSE	kg/hr	0.0002	0.0055	0.0055	0.0003	0.0002	0.0000
CELLOBIO	kg/hr	0.0002	0.0055	0.0055	0.0003	0.0002	0.0000
HEMI-5	kg/hr	0.0036	0.0779	0.0779	0.0061	0.0036	0.0000
HEMI-10	kg/hr	0.0049	0.0724	0.0724	0.0104	0.0049	0.0000
HEMI-15	kg/hr	0.0066	0.0643	0.0643	0.0167	0.0066	0.0001
HEMI-20	kg/hr	0.0090	0.0535	0.0535	0.0251	0.0090	0.0001
HEMI-50	kg/hr	0.0396	0.0027	0.0027	0.0451	0.0396	0.0002
HEMI-100	kg/hr	0.0824	0.0000	0.0000	0.0037	0.0824	0.0016
HEMI-200	kg/hr	0.0442	0.0000	0.0000	0.0000	0.0442	0.0434
HEMI-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-2K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-3K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XYLOSE	kg/hr	0.0030	0.0872	0.0872	0.0043	0.0030	0.0000
LACTIC-A	kg/hr	0.0007	0.0057	0.0057	0.0006	0.0007	0.0008
FORMIC-A	kg/hr	0.0004	0.0067	0.0067	0.0004	0.0004	0.0004
ACETIC-A	kg/hr	0.0006	0.0045	0.0045	0.0005	0.0006	0.0006
FURFURAL	kg/hr	0.0006	0.0045	0.0045	0.0005	0.0006	0.0006
LIGNIN	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ASHES	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E-OIL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Stream Name Simulation	Units	P-3.P5	P-3.P5,10	P-3.P10,30	P-3.P30	P-3.V1	P-3.V2
Stream Name FPD		3.4	3.4	3.4	3.4	3.5	3.5
Description							
From		P-3.T-4	P-3.T-1	P-3.T-3	P-3.T-2	P-3.T-1	P-3.T-2
To							
Stream Class		CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN
MIXED Substream							
Phase		Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Vapor Phase	Vapor Phase
Temperature	C	69.323	69.157	69.138	69.113	69.157	69.113
Pressure	bar	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
Molar Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000
Molar Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000
Molar Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000
Mass Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000
Mass Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Enthalpy	cal/mol	-72357.815	-71150.380	-71982.359	-68255.460	-57409.093	-57408.415
Mass Enthalpy	cal/gm	-3348.360	-3445.306	-3393.014	-3673.393	-3186.140	-3186.330
Molar Entropy	cal/mol-K	-41.967	-40.832	-41.852	-37.425	-7.092	-7.093
Mass Entropy	cal/gm-K	-1.942	-1.977	-1.973	-2.014	-0.394	-0.394
Molar Density	mol/cc	0.045	0.047	0.046	0.051	0.000	0.000
Mass Density	gm/cc	0.978	0.966	0.968	0.954	0.000	0.000
Enthalpy Flow	kW	-8.869	-3.731	-5.391	-7.301	-12.041	-24.564
Average MW		21.610	20.651	21.215	18.581	18.018	18.017
Mass Flows	kg/hr	2.2775	0.9311	1.3662	1.7091	3.2496	6.6288
WATER	kg/hr	1.8806	0.8106	1.1589	1.6567	3.2488	6.6278
CELL-5	kg/hr	0.0053	0.0005	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-10	kg/hr	0.0047	0.0009	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15	kg/hr	0.0039	0.0015	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-20	kg/hr	0.0029	0.0023	0.0008	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-50	kg/hr	0.0000	0.0021	0.0038	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-100	kg/hr	0.0000	0.0001	0.0057	0.0003	0.0000	0.0000
CELL-200	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0009	0.0051	0.0000	0.0000
CELL-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-5K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-7K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-11K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
GLUCOSE	kg/hr	0.0055	0.0003	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000
CELLOBIO	kg/hr	0.0055	0.0003	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-5	kg/hr	0.0779	0.0061	0.0036	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-10	kg/hr	0.0724	0.0104	0.0049	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-15	kg/hr	0.0643	0.0167	0.0066	0.0001	0.0000	0.0000
HEMI-20	kg/hr	0.0535	0.0251	0.0090	0.0001	0.0000	0.0000
HEMI-50	kg/hr	0.0027	0.0451	0.0396	0.0002	0.0000	0.0000
HEMI-100	kg/hr	0.0000	0.0037	0.0824	0.0016	0.0000	0.0000
HEMI-200	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0442	0.0434	0.0000	0.0000
HEMI-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-2K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-3K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XYLOSE	kg/hr	0.0872	0.0043	0.0030	0.0000	0.0000	0.0000
LACTIC-A	kg/hr	0.0057	0.0006	0.0007	0.0008	0.0000	0.0000
FORMIC-A	kg/hr	0.0012	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003	0.0003
ACETIC-A	kg/hr	0.0013	0.0001	0.0002	0.0002	0.0004	0.0004
FURFURAL	kg/hr	0.0030	0.0003	0.0004	0.0004	0.0002	0.0002
LIGNIN	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ASHES	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E-OIL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Stream Name Simulation	Units	P-3.V3	P-3.V5	WS02	WS03	WS-1.1,1	WS-1.1,2
Stream Name FPD		3.5	3.5				
Description							
From		P-3.T-3	P-3.T-4	WS-2	WS-3	WS-1.T-101	WS-1.P-101
To				M-A	M-B	WS-1.P-101	
Stream Class		CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN
MIXED Substream							
Phase		Vapor Phase	Vapor Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase
Temperature	C	69.138	69.323	25.732	25.732	25.000	25.915
Pressure	bar	0.300	0.300	13.000	13.000	1.000	16.000
Molar Vapor Fraction		1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Liquid Fraction		0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Molar Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Vapor Fraction		1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Liquid Fraction		0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Mass Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Enthalpy	cal/mol	-57408.656	-57419.609	-68244.868	-68244.868	-68262.438	-68240.475
Mass Enthalpy	cal/gm	-3186.245	-3184.406	-3788.166	-3788.166	-3789.141	-3787.922
Molar Entropy	cal/mol-K	-7.092	-7.088	-38.907	-38.907	-38.966	-38.893
Mass Entropy	cal/gm-K	-0.394	-0.393	-2.160	-2.160	-2.163	-2.159
Molar Density	mol/cc	0.000	0.000	0.055	0.055	0.055	0.055
Mass Density	gm/cc	0.000	0.000	0.993	0.993	0.994	0.993
Enthalpy Flow	kW	-17.198	-28.152	-88.113	-88.113	-132.203	-132.161
Average MW		18.018	18.031	18.015	18.015	18.015	18.015
Mass Flows	kg/hr	4.6411	7.6016	20.0000	20.0000	30.0000	30.0000
WATER	kg/hr	4.6403	7.5913	20.0000	20.0000	30.0000	30.0000
CELL-5	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-10	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-20	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-50	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-100	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-200	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-5K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-7K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-11K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
GLUCOSE	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELLOBIO	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-5	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-10	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-15	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-20	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-50	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-100	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-200	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-2K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-3K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XYLOSE	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
LACTIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
FORMIC-A	kg/hr	0.0003	0.0056	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ACETIC-A	kg/hr	0.0004	0.0032	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
FURFURAL	kg/hr	0.0002	0.0015	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
LIGNIN	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ASHES	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E-OIL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Stream Name Simulation	Units	WS-1.WATER	WS-2.6	WS-2.7	WS-2.C- WATER2	WS-3.8	WS-3.9
Stream Name FPD							
Description							
From			WS-2.T-2	WS-2.P-2		WS-3.T-2	WS-3.P-2
To		WS-1.T-101	WS-2.P-2		WS-2.T-2	WS-3.P-2	
Stream Class		CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN	CONVEN
MIXED Substream							
Phase		Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase	Liquid Phase
Temperature	C	25.000	25.000	25.732	25.000	25.000	25.732
Pressure	bar	1.000	1.000	13.000	1.000	1.000	13.000
Molar Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Molar Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Vapor Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mass Liquid Fraction		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Mass Solid Fraction		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Molar Enthalpy	cal/mol	-68262.438	-68262.438	-68244.868	-68262.438	-68262.438	-68244.868
Mass Enthalpy	cal/gm	-3789.141	-3789.141	-3788.166	-3789.141	-3789.141	-3788.166
Molar Entropy	cal/mol-K	-38.966	-38.966	-38.907	-38.966	-38.966	-38.907
Mass Entropy	cal/gm-K	-2.163	-2.163	-2.160	-2.163	-2.163	-2.160
Molar Density	mol/cc	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055	0.055
Mass Density	gm/cc	0.994	0.994	0.993	0.994	0.994	0.993
Enthalpy Flow	kW	-132.203	-88.135	-88.113	-88.135	-88.135	-88.113
Average MW		18.015	18.015	18.015	18.015	18.015	18.015
Mass Flows	kg/hr	30.0000	20.0000	20.0000	20.0000	20.0000	20.0000
WATER	kg/hr	30.0000	20.0000	20.0000	20.0000	20.0000	20.0000
CELL-5	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-10	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-20	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-50	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-100	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-200	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-5K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-7K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-11K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELL-15K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
GLUCOSE	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
CELLOBIO	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-5	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-10	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-15	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-20	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-50	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-100	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-200	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-500	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-1K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-2K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
HEMI-3K	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
XYLOSE	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
LACTIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
FORMIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ACETIC-A	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
FURFURAL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
LIGNIN	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ASHES	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
E-OIL	kg/hr	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Stream Name Simulation	Units	WS-3.C- WATER3
Stream Name FPD		
Description		
From		
To		WS-3.T-2
Stream Class		CONVEN
MIXED Substream		
Phase		Liquid Phase
Temperature	C	25.000
Pressure	bar	1.000
Molar Vapor Fraction		0.000
Molar Liquid Fraction		1.000
Molar Solid Fraction		0.000
Mass Vapor Fraction		0.000
Mass Liquid Fraction		1.000
Mass Solid Fraction		0.000
Molar Enthalpy	cal/mol	-68262.438
Mass Enthalpy	cal/gm	-3789.141
Molar Entropy	cal/mol-K	-38.966
Mass Entropy	cal/gm-K	-2.163
Molar Density	mol/cc	0.055
Mass Density	gm/cc	0.994
Enthalpy Flow	kW	-88.135
Average MW		18.015
Mass Flows	kg/hr	20.0000
WATER	kg/hr	20.0000
CELL-5	kg/hr	0.0000
CELL-10	kg/hr	0.0000
CELL-15	kg/hr	0.0000
CELL-20	kg/hr	0.0000
CELL-50	kg/hr	0.0000
CELL-100	kg/hr	0.0000
CELL-200	kg/hr	0.0000
CELL-500	kg/hr	0.0000
CELL-1K	kg/hr	0.0000
CELL-5K	kg/hr	0.0000
CELL-7K	kg/hr	0.0000
CELL-11K	kg/hr	0.0000
CELL-15K	kg/hr	0.0000
GLUCOSE	kg/hr	0.0000
CELLOBIO	kg/hr	0.0000
HEMI-5	kg/hr	0.0000
HEMI-10	kg/hr	0.0000
HEMI-15	kg/hr	0.0000
HEMI-20	kg/hr	0.0000
HEMI-50	kg/hr	0.0000
HEMI-100	kg/hr	0.0000
HEMI-200	kg/hr	0.0000
HEMI-500	kg/hr	0.0000
HEMI-1K	kg/hr	0.0000
HEMI-2K	kg/hr	0.0000
HEMI-3K	kg/hr	0.0000
XYLOSE	kg/hr	0.0000
LACTIC-A	kg/hr	0.0000
FORMIC-A	kg/hr	0.0000
ACETIC-A	kg/hr	0.0000
FURFURAL	kg/hr	0.0000
LIGNIN	kg/hr	0.0000
ASHES	kg/hr	0.0000
E-OIL	kg/hr	0.0000

4.2. CONFIGURACIÓN INVERSA + LAVADO (B)

En la configuración B, hemos utilizado 3 reactor simultáneos (Figura 17) como en la configuración anterior ya que será el método más común de operar con la planta de laboratorio.

En la etapa de separación, el objetivo ha sido también realizar dos etapas de lavado para eliminar los compuestos solubles de la corriente de hemicelulosa y después separarlo en diferentes fracciones. Utilizaremos tres membranas de 5 kDa, una de 10 kDa y otra de 30 kDa.

La configuración se dispone de la siguiente manera (Figura 23). Realizamos tres etapas de separación continua con las membranas de 5 kDa (M1, M2, M3) recuperando el retenido y utilizándolo como alimentación de la siguiente membrana realizando dos lavados intermedios. Los permeados de estas membranas serán descartados.

Una vez obtenida la corriente con hemicelulosas mayores de 5 kDa libre de compuestos ácidos y furfural, realizamos una separación primero con una membrana de 10 kDa (M-4) y seguidamente el retenido lo separamos con una membrana de 30 kDa (M-5) obteniendo 3 corrientes finales de productos con rangos de 5-10 kDa, 10-30 kDa y mayor de 30 kDa.

Las corrientes de hemicelulosas obtenidas se purifican mediante separación flash (Figura 24) eliminando agua y compuestos volátiles que hayan podido quedar.

4.2.1 DIAGRAMA SIMULACIÓN

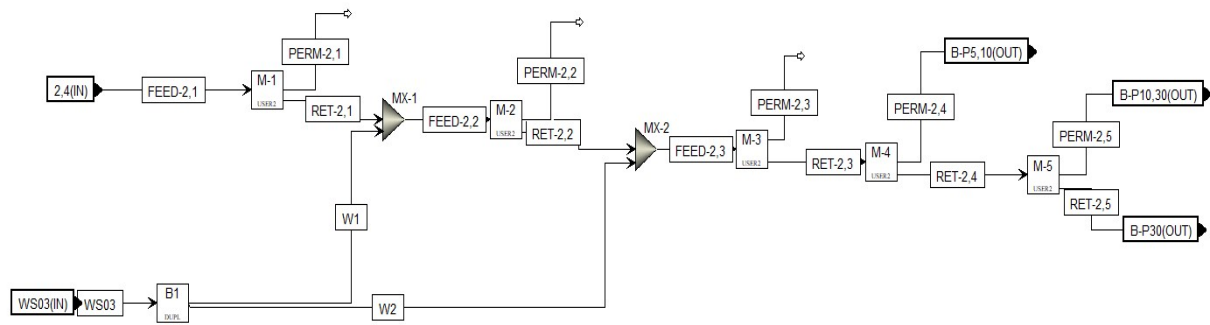


Figura 23. Esquema separación configuración B

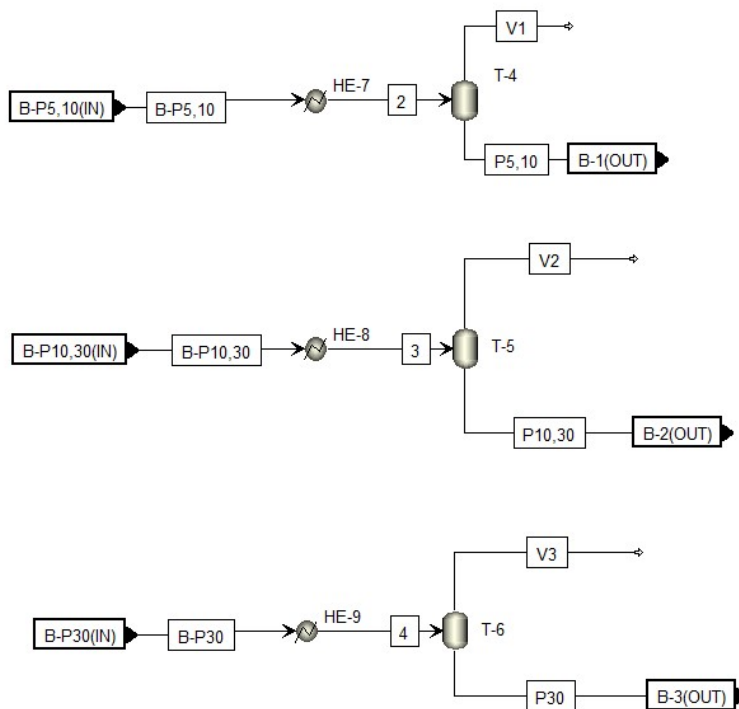


Figura 24. Esquema purificación configuración B

4.2.2 DIAGRAMA DE FLUJO

Diagramas de flujo de las 3 etapas del proceso. FPD-1 FPD-2B FPD-3

Diagrama FPD-1 Y FPD-3 ver apartado 4.1.2.

T-202 WATER SUPPLY TANK

P-203 WATER PUMP

P-204 WATER PUMP

MX-201 MIXER

MX-202 MIXER

GENERAL NOTES

MX-203 MIXER

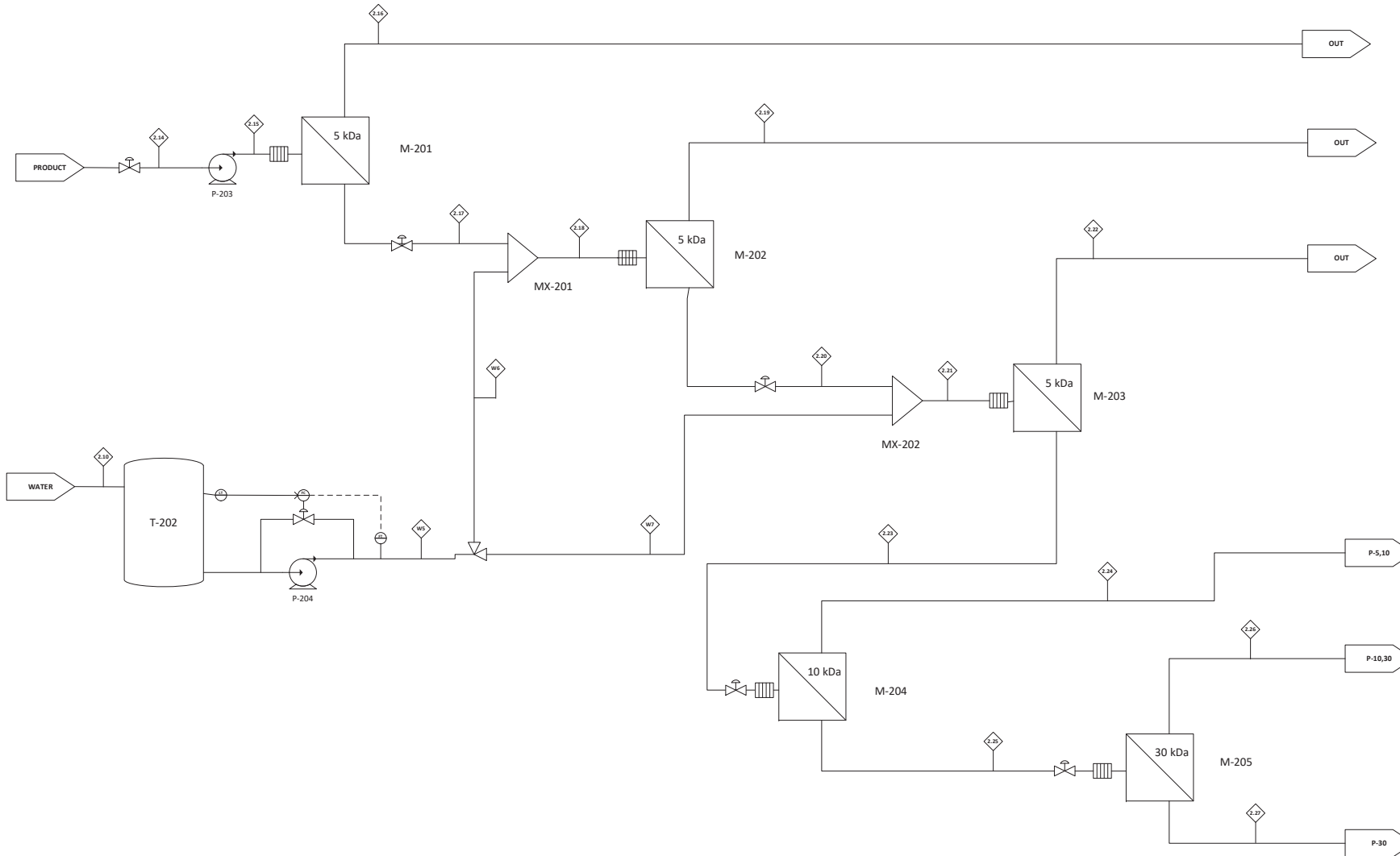
M-201 30kDa MEMBRANE

M-202 30kDa MEMBRANE

M-203 30kDa MEMBRANE

M-204 5kDa MEMBRANE

M-205 10kDa MEMBRANE



NOTES

DESCRIPTION	BY	DATE
LICENSED TO	AGG	26/06/2018
APPROVD		
CLIENT PROJECT NUMBER	CLIENT DWG NUMBER	
JOB NUMBER	UNIT	PAGE
U-202		1 of 1

4.2.3 BALANCE DE MATERIA

Ver apartado 4.1.3

4.3. CONFIGURACIÓN DIRECTA SIMPLE (C)

En la configuración C, hemos utilizado 3 reactor simultáneos (Figura 17) como en la configuración anterior ya que será el método más común de operar con la planta de laboratorio.

La etapa de separación es la más sencilla (Figura 25), utilizando únicamente una membrana de cada tipo (30, 10, 5 kDa) para obtener la separación en fracciones sin realizar lavados intermedios.

Utilizaremos una membrana de 30 kDa donde obtendremos un retenido con hemicelulosas mayores a 30 kDa y el permeado pasara a la membrana de 10 kDa y su permeado a la de 5 kDa. Obtendremos 4 corrientes de productos con fracciones de hemicelulosas según los rangos de 5-10 kDa, 10-30 kDa y mayores de 30 kDa

Las corrientes de hemicelulosas obtenidas se purifican mediante separación flash (Figura 26) eliminando agua y compuestos volátiles que hayan podido quedar.

4.3.1 DIAGRAMA SIMULACIÓN

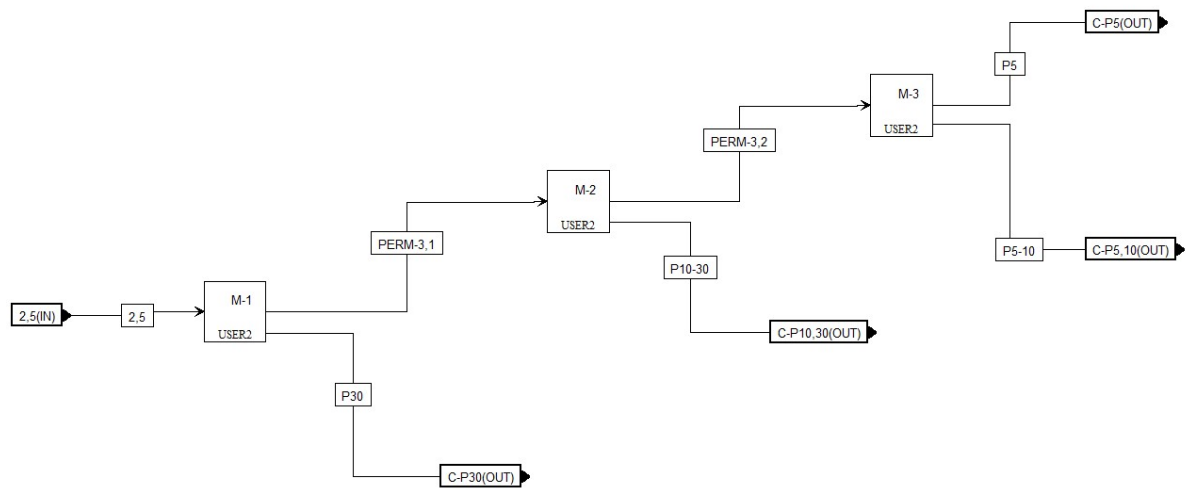


Figura 25. Esquema separación configuración C

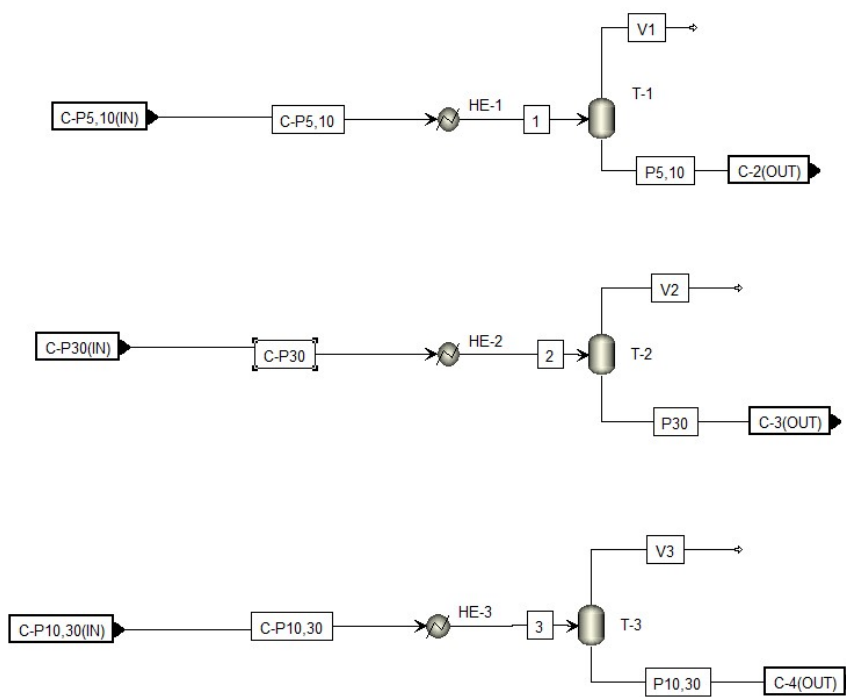


Figura 26. Esquema purificación configuración C

4.3.2 DIAGRAMA DE FLUJO

Diagramas de flujo de las 3 etapas del proceso. FPD-1 FPD-2A FPD-3

Diagrama FPD-1 Y FPD-3 ver apartado 4.1.2.

T-203 PRODUCT TANK

P-205 PUMP

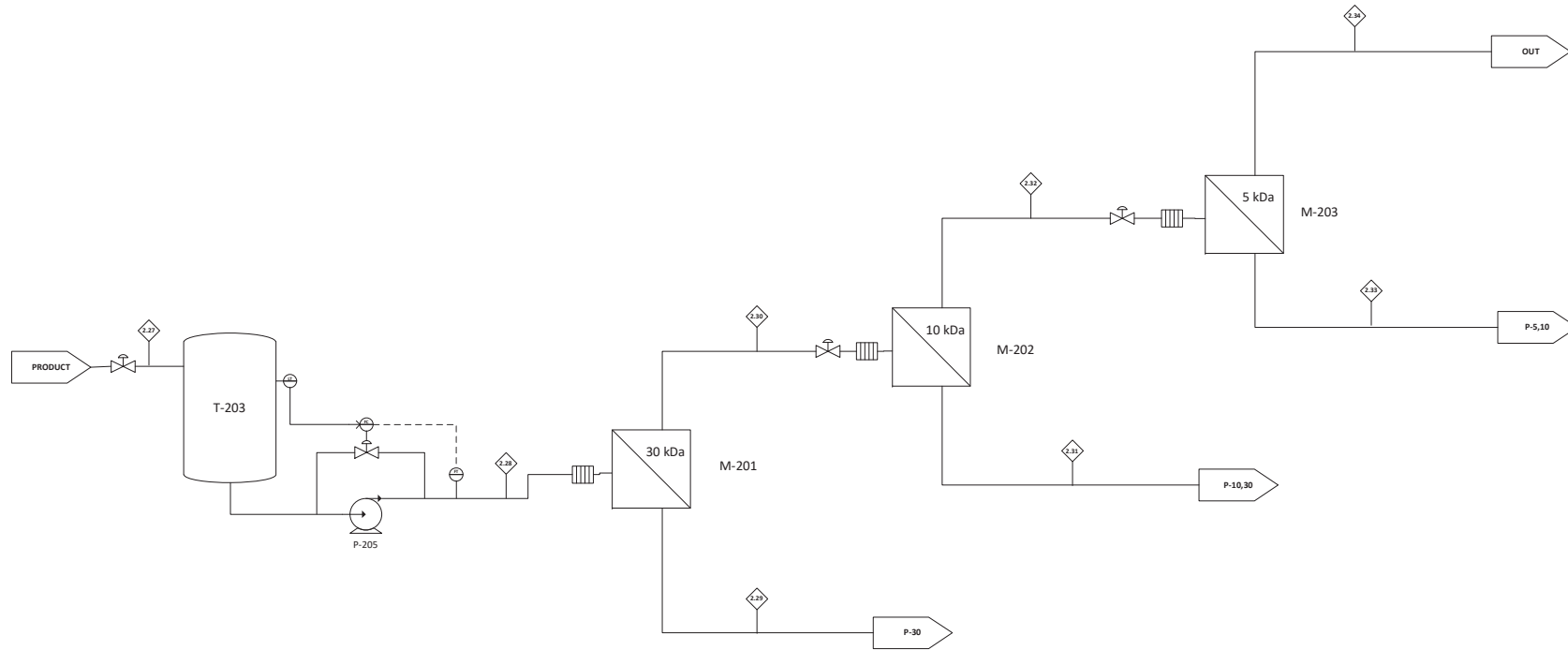
P-202 WATER PUMP

M-201 30 kDa MEMBRANE

M-202 10 kDa MEMBRANE

M-203 5 kDa MEMBRANE

GENERAL NOTES



NOTES

DESCRIPTION	BY	DATE
LICENSED TO	AGG	26/06/2018
APPROVD		
DESIGNOR		
PLANT TITLE		
DIAGRAM TITLE	FPD 2C	
GROUP	1	
DWG FILENAME		
CLIENT PROJECT NUMBER	CLIENT DWG NUMBER	
JOB NUMBER	UNIT	PAGE
U-203	1	1 of 1

4.3.3 BALANCE DE MATERIA

Ver apartado 4.1.3

4.4 RESULTADOS

Los resultados obtenidos para un único reactor en la extracción hidrotérmal de las hemicelulosas a 185°C son los siguientes.

Tabla 13. Resultados extracción hemicelulosas

Compuesto	MW (g/mol)	w/w Hemicelulosas	
HEMI-1K	132133,735	0,316	1
HEMI-2K	264249,455	0,368	
HEMI-3K	396365,175	0,316	
XYLOSE	150,131	0,083	0,621
HEMI-5	678,594	0,077	
HEMI-100	1339,172	0,077	
HEMI-15	1999,751	0,077	
HEMI-20	2660,330	0,077	
HEMI-50	6623,801	0,077	
HEMI-100	13229,587	0,077	
HEMI-200	26441,159	0,077	

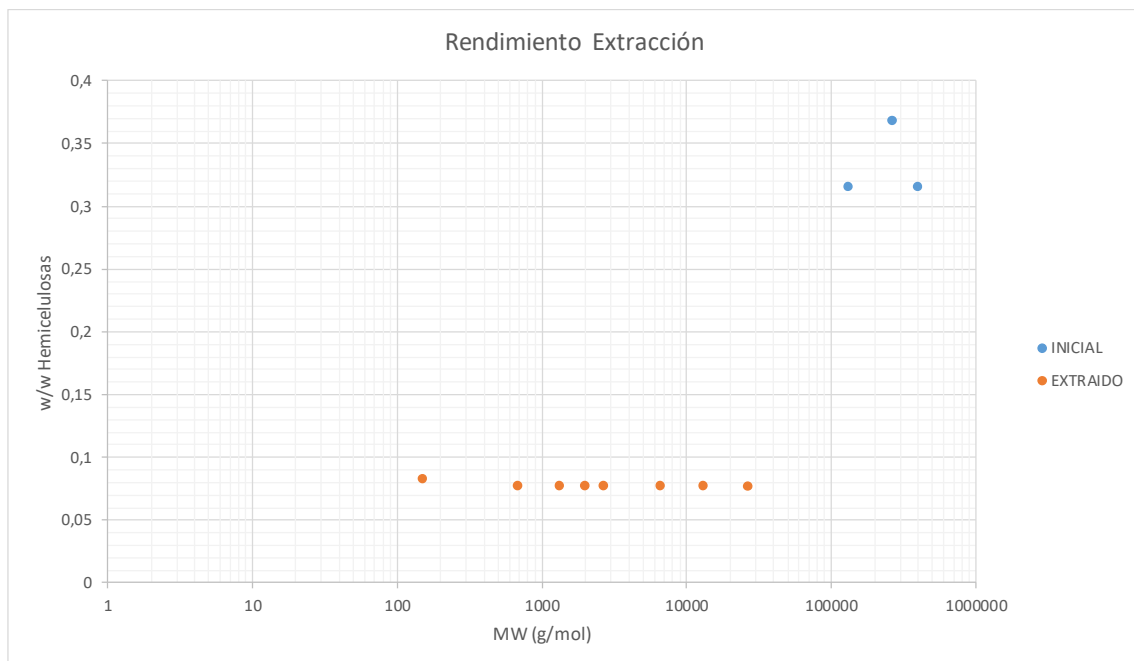


Figura 27. Gráfico extracción a 185°C

Las fracciones másicas presentadas están referidas a la masa inicial de hemicelulosa introducida en el reactor.

Podemos observar que la fracción hemicelulósica de la biomasa representada por los compuestos HEMI-1K, HEMI-2K y HEMI-3K (Tabla 13) ha sido degradada en oligómeros más pequeños donde el total de los compuestos extraídos representa un 62,1% de las hemicelulosas iniciales presentes en la biomasa. Estos datos se corresponden con los obtenidos por el Dr. Gianluca Gallina¹⁷.

Los resultados de la separación por membranas en sus distintas configuraciones son los siguientes.

Tabla 14. Flujo másico (kg/h) configuración A

A	FRACCIÓN	
	10-30 kDa	30 kDa
HEMI-5	0,00026065	0
HEMI-10	0,00061056	0
HEMI-15	0,00136748	0
HEMI-20	0,00286854	0
HEMI-50	0,03736523	0
HEMI-100	0,0823702	5,39E-07
HEMI-200	0,04420706	0,0106682
LACTIC-A	7,03E-05	7,81E-06
FORMIC-A	3,22E-06	1,70E-07
ACETIC-A	1,66E-05	1,84E-06
FURFURAL	3,77E-05	4,19E-06

Tabla 15. Flujo másico (kg/h) configuración B

B	FRACCIÓN	
	10-30 kDa	30 kDa
HEMI-5	1,39E-06	0
HEMI-10	9,56E-06	5,04E-09
HEMI-15	5,79E-05	3,72E-08
HEMI-20	0,00029297	2,30E-07
HEMI-50	0,03324743	8,55E-05
HEMI-100	0,08234428	0,00153693
HEMI-200	0,04420706	0,04343355
LACTIC-A	7,03E-07	7,81E-08
FORMIC-A	8,06E-09	4,24E-10
ACETIC-A	1,66E-07	1,84E-08
FURFURAL	3,77E-07	4,19E-08

Tabla 16. Flujo másico (kg/h) configuración C

C	FRACCIÓN	
COMPONENTE	10-30 kDa	30 kDa
HEMI-5	0,00356316	3,79E-05
HEMI-10	0,00487953	4,62E-05
HEMI-15	0,00664362	5,63E-05
HEMI-20	0,00897599	6,86E-05
HEMI-50	0,03961161	0,00022489
HEMI-100	0,08238317	0,00160591
HEMI-200	0,04420706	0,04343616
LACTIC-A	0,0007029	0,000781
FORMIC-A	6,44E-05	6,79E-05
ACETIC-A	0,00016557	0,00018407
FURFURAL	0,00037677	0,00041877

Como puede verse, la configuración Simple sin lavado C (Tabla 16, elimina menos compuestos de degradación de la corriente siendo la separación de compuestos casi idéntica a las otras dos configuraciones.

Comparando las configuraciones A y B (Tabla 14, Tabla 15), comprobamos que con la configuración B perdemos menos cantidad de hemicelulosas 200 obteniendo una mejor separación de los compuestos.

5. CONCLUSIONES

Tras la realización de este trabajo, hemos conseguido diseñar la simulación de un proceso de extracción hidrotermal de hemicelulosas y su posterior separación por membranas.

El software de Aspen Plus[®] ofrece muchas posibilidades a la hora de simular un proceso químico siempre y cuando se hayan estudiado antes los compuestos y operaciones que este necesita, por ello, la simulación de un proceso de biorrefinería requiere todavía que se desarrollen más los compuestos típicos de la biomasa y las operaciones características de estos procesos.

Con la herramienta adicional de Aspen Polymers[®] hemos podido definir oligómeros de celulosa y hemicelulosa, utilizarlos en corrientes de proceso y realizar balances de energía con ellos a partir de las propiedades calculadas. Sin embargo, sería necesario la creación de un compuesto estructural característico de la hemicelulosa para obtener datos más completos, ya que únicamente existe en la base de datos el compuesto estructural de la celulosa por lo que hemos tenido que aproximar las hemicelulosas a un pseudocompuesto de celulosa.

Por otra parte, se ha creado un fichero Excel base para la simulación de las dos operaciones unitarias importantes para nuestro proceso como son la etapa de extracción y la de separación que nos permiten obtener los balances de materia y energía de ambas unidades. A partir de estos dos ficheros, es posible la implementación de modelos matemáticos más complejos que permitan obtener datos mas completos y fiables a partir de un mayor número de variables.

Finalmente, con los datos obtenidos de las simulaciones realizadas, hemos comparado diversas alternativas a la disposición de las membranas para obtener las hemicelulosas lo más limpias posibles observando que la configuración inversa + lavado B ofrece una mejor separación de por fracciones de las hemicelulosas y una limpieza mayor, habiendo eliminado después de la purificación mayor cantidad de productos de degradación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Singh, Y. D., Mahanta, P. & Bora, U. Comprehensive characterization of lignocellulosic biomass through proximate, ultimate and compositional analysis for bioenergy production. *Renew. Energy* **103**, 490–500 (2017).
2. Bidlack, J., Malone, M. & Benson, R. Molecular structure and component integration of secondary cell walls in plants. *Proc. Oklahoma Acad. Sci.* **72**, 51–56 (1992).
3. Ariza, J., Caparros, S., Jimenez, L. *Subproductos en la fabricación de pastas. Autohidrólisis de Hemicelulosas*. (Ed. Gráficas Sol, 2005).
4. Viikari, L., Suurnäkki, A., Grönqvist, S., Raaska, L. & Ragauskas, A. Forest Products: Biotechnology in Pulp and Paper Processing. *Encycl. Microbiol.* 80–94 (2009). doi:10.1016/B978-012373944-5.00123-1
5. Martín Sampedro, R. INTEGRACIÓN DEL PROCESO KRAFT DE OBTENCIÓN DE PASTA DE CELULOSA EN EL ESQUEMA DE UNA BIORREFINERÍA. (Universidad Complutense de Madrid, 2012).
6. Gallina, G., Alfageme, E. R., Biasi, P. & García-Serna, J. Hydrothermal extraction of hemicellulose: from lab to pilot scale. *Bioresour. Technol.* **247**, 980–991 (2018).
7. Piqueras, C. M. *et al.* Online integrated fractionation-hydrolysis of lignocellulosic biomass using sub- and supercritical water. *Chem. Eng. J.* **308**, 110–125 (2017).
8. Lenntech. Tecnología de membranas. (2018). Available at: <https://www.lenntech.es/tecnologia-de-membrana.htm>. (Accessed: 27th June 2018)
9. Jorda, J., Marechal, P., Rigal, L. & Pontalier, P.-Y. Biopolymer purification by ultrafiltration. *Desalination* **148**, 187–191 (2002).
10. Arkhangelsky, E., Levitsky, I. & Gitis, V. Retention of Biopolymers by Ultrafiltration Membranes. *Chem. Eng. Technol.* **38**, 2327–2334 (2015).
11. Montaña Salazar, E. Tratamiento de Agua. (2013). Available at: <https://emontanos.wordpress.com/2013/11/29/tipos-de-configuracion-de-membranas-para-nanofiltracion/>. (Accessed: 28th June 2018)
12. Lenntech. Ultrafiltración. (2018). Available at: <https://www.lenntech.com/library/ultrafiltration/ultrafiltration.htm>. (Accessed: 27th June 2018)
13. Tetra-Pak. Tipos de membranas. (2018). Available at: <https://www.tetrapak.com/mx/processing/membrane-filtration/membrane-types>. (Accessed: 29th June 2018)
14. Synder-Filtration. Hollow Fiber Membranes. *Synder Filtration* (2018). Available at: <http://synderfiltration.com/learning-center/articles/module-configurations-process/hollow-fiber-membranes/>. (Accessed: 29th June 2018)
15. J. Wooley, R. & Putsche, V. *Development of an ASPEN PLUS Physical Property Database for Biofuels Components*. (1996).
16. Élan Computer Group, I. Polymers Plus 7 3. 452 (1999).
17. Gallina, G., Cabeza, Á., Biasi, P. & García-Serna, J. Optimal conditions for hemicelluloses extraction from Eucalyptus globulus wood: hydrothermal treatment in a semi-continuous reactor. *Fuel Process. Technol.* **148**, 350–360 (2016).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Matriz Lignocelulósica.....	7
Figura 2. Estructura de la celulosa	9
Figura 3. Estructura de una microfibrilla	10
Figura 4. Estructura de la hemicelulosa	11
Figura 5. Hexosas presentes en la hemicelulosa	11
Figura 6. Pentosas presentes en la hemicelulosa	11
Figura 7. Ácidos Urónicos frecuentes en la pared vegetal	12
Figura 8. Alcoholes cinamílicos	14
Figura 9. Productos de degradación ⁷	17
Figura 10. Membrana en espiral.....	19
Figura 11. Membrana tubular	19
Figura 12. Membrana de fibra hueca (hollow fiber)	20
Figura 13. Funciones distribución MWCO	31
Figura 14. Esquema entrada agua	32
Figura 15. Entrada datos del reactor.....	33
Figura 16. Algoritmo de cálculo.....	34
Figura 17. Esquema general etapa extracción	35
Figura 18. Esquema etapa separación membranas	36
Figura 19. Esquema base de la purificación de las hemicelulosas.....	37
Figura 20. Bloque general de purificación	37
Figura 21. Esquema separación configuración A	39
Figura 22. Esquema purificación configuración A	39
Figura 23. Esquema separación configuración B	43
Figura 24. Esquema purificación configuración B	43
Figura 25. Esquema separación configuración C	47
Figura 26. Esquema purificación configuración C	47
Figura 27. Gráfico extracción a 185°C	50

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Membranas típicas en ultrafiltración de biopolímeros	20
Tabla 2. Listado de componentes Aspen Plus	24
Tabla 3. Listado de componentes de Aspen Plus	25
Tabla 4. Parámetro CPSP01.....	26
Tabla 5. Parámetro VSPOLY	26
Tabla 6. Composición inicial biomasa	26
Tabla 7. Tipos de Segmentos	27
Tabla 8. Composición de los oligómeros	27
Tabla 9. Compuestos celulósicos.....	28

Tabla 10. Compuestos hemicelulósicos.....	28
Tabla 11. Compuestos de degradación.....	28
Tabla 12. Parámetros funciones MWCO.....	31
<i>Tabla 13. Resultados extracción hemicelulosas</i>	<i>50</i>
Tabla 14. Flujo másico (kg/h) configuración A.....	51
Tabla 15. Flujo másico (kg/h) configuración B	51
Tabla 16. Flujo másico (kg/h) configuración C	52

ANEXOS

1-Balances de materia y energía de las configuraciones A, B y C (flujo molar, fracción molar, fracción másica).

Table with columns: Stream Name Simulation, Units, and 24 numbered columns. Rows include Stream Name FPD, Description (From, To, Stream Class, MIXED Substream), Phase, Temperature, Pressure, Molar Vapor/Liquid/Solid Fractions, Mass Vapor/Liquid/Solid Fractions, Molar Density, Enthalpy Flow, Average MW, Mole Fractions, and Mass Fractions for various components like Water, Cells, Lactic Acid, Formic Acid, Acetic Acid, Furfural, Xylose, Glucose, and Cellulose.

Main data table with columns: Stream Name Simulation, Units, M-A.W-2, M-A.W-3, M-A.WS022, M-B.FEED-2.1, M-B.FEED-2.2, M-B.FEED-2.3, M-B.PERM-2.1, M-B.PERM-2.2, M-B.PERM-2.3, M-B.PERM-2.4, M-B.PERM-2.5, M-B.RET-2.1, M-B.RET-2.2, M-B.RET-2.3, M-B.RET-2.4, M-B.RET-2.5. Includes sub-sections for Description, Mixed Substream, Mole Flows, Mass Fractions, and Volume Flow.

Table with columns for Stream Name Simulation, Units, P-2.V2, P-2.V3, P-3.1, P-3.2, P-3.3, P-3.5, P-3.C.P5, P-3.C.P5.10, P-3.C.P10.30, P-3.C.P30, P-3.P5, P-3.P5.10, P-3.P10.30, P-3.P30, P-3.V1, P-3.V2. Rows include descriptions of streams (e.g., From, To, Stream Class, Mixed Substream, Temperature, Pressure, Molar Vapor Fraction, Mass Vapor Fraction, Enthalpy Flow, Average MW, Mole Flows) and various chemical components like WATER, CELL-5, CELL-10, etc.

