

**CARACTERIZACIÓN DE LAS MICROALGAS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIODIESEL A TRAVÉS DE MEDIOS QUÍMICOS.**

**JOSE LUIS SANABRIA ROMERO.
RICARDO ARTURO NOEL PEÑARANDA.**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CARIBE
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
BARRANQUILLA**

2014

**CARACTERIZACIÓN DE LAS MICROALGAS PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIODIESEL A TRAVÉS DE MEDIOS QUÍMICOS.**

**JOSE LUIS SANABRIA ROMERO.
RICARDO ARTURO NOEL PEÑARANDA.**

Trabajo de grado para optar el título de ingeniero mecánico

**DIRECTOR ACADÉMICO: KHRISCIA UTRIA SALAS.
ING. MECANICA**

**ASESOR METODOLOGICO: ENRIQUE NIEBLES NUÑEZ
Ph.D**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CARIBE
FACUTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
BARRANQUILLA
2014**

Nota de aceptación

Presidente de jurado

Jurado

Jurado

Barranquilla, Abril de 2014.

DEDICATORIA

Este título se lo dedico a mis padres Luis y Nelly que siempre estuvieron pendiente de mi formación académica brindándome su apoyo en todo momento.

A mi hermana María por su comprensión y solidaridad en el transcurso de mi carrera a mi abuela María del Rosario que siempre me daba su apoyo para seguir adelante.

Además a Dios ofrezco este título que recibo con orgullo y satisfacción por hacer que aquellos momentos difíciles me guiara por el camino correcto.

José

DEDICATORIA

Gracias le doy a Dios por permitirme llegar hasta este momento el cual ha sido fiel conmigo y será siempre fiel, a mi madre Yadira Peñaranda y a mi padre Ricardo Noel Peñaranda quienes han sido un baluarte en mi vida y un ejemplo para los demás, a mi hermana milena y mi abuelita María Márquez quienes siempre me ayudaron a no decaer y a seguir mi camino, por último a mis tíos y tías los cuales con sus palabras fueron de apoyo constante para poder alcanzar mi meta.

Ricardo

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma del Caribe, por ofrecer este programa de formación y reflexión para la comunidad estudiantil, sin los cuales hubiese sido imposible alcanzar esta meta.

A las gestoras de nuestro trabajo de grado Katty Cantero y Khriscia Utria Salas coordinadora del programa de ingeniería mecánica, la mayor cuota a los docentes que nos transmitieron su conocimiento para alcanzar el éxito y terminar felizmente nuestra carrera.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.	2
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	2
1.2 JUSTIFICACIÓN	3
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
CAPÍTULO II. MARCO DE REFERENCIA.	6
2.1 MARCO TEÓRICO.....	6
2.1.1 Microalgas.	6
2.1.2 Clasificación de las microalgas.....	7
2.1.3 Método de producción de microalgas marinas.	10
2.1.3.1 Sistemas de estanque abiertos.	10
2.1.3.2 Sistemas de estanque cerrado.	11
2.1.4 Caracterización de microalgas adecuadas para la región.....	14
2.1.5 Selección de la microalga adecuada.	17
2.1.6 Producción del biodiesel por medio de las microalgas.....	18
2.1.7 Estrategia de desarrollo para la transesterificación.....	25
2.1.7.1 Materiales y equipos.....	28
2.1.7.2 Modelado del proceso.	34
2.2 MARCO LEGAL.....	38
2.3 MARCO CONCEPTUAL	39
2.4 ESTADO DEL ARTE.....	41
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.	43
3.1 TIPO DE ESTUDIO.	43
3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	43

CAPITULO IV. RESULTADOS.....	45
4.1 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN	45
4.2 ANÁLISIS DE LAS CONSTANTES CINÉTICAS DURANTE LA REACCION DE LA TRANSESTERIFICACION	46
4.3 ANÁLISIS DE LAS CONCENTRACIONES EN EL PROCESO DE TRANSESTERIFICACION.....	49
4.4 FACTIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DEL BIODIESEL POR MEDIO DE MICROALGAS Y EL ACEITE DE PALMA AFRICANA.	60
4.4.1 Producción del biodiesel por medio de microalgas.....	63
4.4.2 Producción del biodiesel por palma africana.	65
 CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	 68
5.1 CONCLUSIONES	68
5.2 RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.	69
 BIBLIOGRAFÍA	 71
ANEXOS	77

LISTA DE FIGURAS Y GRAFICAS.

	Pág.
Figura 1. Concentración de cloruro de sodio vs tiempo en la <i>Dunaliella salina</i>	14
Figura 2. <i>Dunaliella salina</i>	15
Figura 3. <i>Botryococcus braunii</i>	15
Figura 4. <i>Chlorella minutissima</i>	16
Figura 5. <i>Chlorella vulgaris</i>	16
Figura 6. Proceso de transesterificación	20
Figura 7. Etapas de desarrollo de la microalga para la producción de biodiesel	26
Figura 8. Diagrama de transesterificación.	26
Figura 9. Reacción de transesterificación	27
Figura 10. Reactor CSTR.....	31
Figura 11. Isomería de la cadena del triglicérido.....	32
Figura 12. Isomería de la cadena del biodiesel	32
Figura 13. Reacción de la transesterificación del aceite vegetal	37
Figura 14. Países productores de biocombustibles	41
Figura 15. Organigrama investigativo.	43
Gráfica 1. Constantes cinéticas K1 vs temperatura.....	46
Gráfica 2. Constantes cinéticas K2 vs temperatura.....	46
Gráfica 3. Constantes cinéticas K3 vs temperatura.....	47
Gráfica 4. Constantes cinéticas K5 vs temperatura.....	47
Gráfica 5. Constantes cinéticas K4 vs temperatura.....	47
Gráfica 6. Constantes cinéticas K6 vs temperatura.....	47
Gráfica 7. Concentraciones de Triglicéridos a temperaturas 323 K.	49
Gráfica 8. Concentraciones de Diglicéridos a temperaturas 323 K.	50
Gráfica 9. Concentraciones de Monoglicéridos a temperaturas 323 K.....	50
Gráfica 10. Concentraciones de Alcohol a temperaturas 323 K.	51
Gráfica 11. Concentraciones de Glicerina a temperaturas 323 K.	51
Gráfica 12. Concentraciones de Biodiesel a temperaturas 323 K.....	52
Gráfica 13. Concentraciones de Triglicéridos a temperaturas 333 K.	52
Gráfica 14. Concentraciones de Diglicéridos a temperaturas 333 K.	53
Gráfica 15. Concentraciones de Monoglicéridos a temperaturas 333 K.....	53
Gráfica 16. Concentraciones de Alcohol a temperaturas 333 K.	54
Gráfica 17. Concentraciones de Glicerina a temperaturas 333 K.	54
Gráfica 18. Concentraciones de Biodiesel a temperaturas 333 K.....	55
Gráfica 19. Concentraciones de Triglicéridos a temperaturas 337,65 K.	55
Gráfica 20. Concentraciones de Diglicéridos a temperaturas 337,65 K.	56
Gráfica 21. Concentraciones de Monoglicéridos a temperaturas 337,65 K.....	56
Gráfica 22. Concentraciones de Alcohol a temperaturas 337,65 K.....	57
Gráfica 23. Concentraciones de Glicerina a temperaturas 337,65 K.	57
Gráfica 24. Concentraciones de Biodiesel a temperaturas 337,65 K.....	58
Gráfica 25. Costo del proceso de palma africana en Colombia, Brasil, Malasia, Indonesia.....	67

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Clasificación de las microalgas.....	8
Tabla 2. Grupos de microalgas	8
Tabla 3. Microalgas adecuadas para la producción de biocombustible	9
Tabla 4. Ventajas y desventajas del sistema de estanque abierto.	10
Tabla 5. Ventajas y desventajas del sistema de estanque abierto.	11
Tabla 6. Costos del sistemas para el desarrollo de la microalga.....	11
Tabla 7. Gastos secundarios para producción de microalga en fotobioreactores.....	12
Tabla 8. Costo de biodiesel	12
Tabla 9. Establecimiento y mantenimiento.....	13
Tabla 10. Perfil de ácidos grasos de la microalga <i>chorella vulgaris</i> como porcentaje del total de lípidos.....	17
Tabla 11. Comparación de las propiedades del aceite de microalgas con combustible diésel convencional y biodiesel de ASTM estándar	18
Tabla 12. Normas para la transesterificación.....	19
Tabla 13. Propiedades de alcoholes monovalentes	22
Tabla 14. Catalizadores.....	25
Tabla 15. Compuestos moleculares en el proceso de transesterificación	28
Tabla 16. Características del aceite de microalga	29
Tabla 17. Características del metanol.	29
Tabla 18. Volúmenes para el llenado del reactor.....	31
Tabla 19. Dimensiones del reactor y agitador	31
Tabla 20. Constantes cinéticas	38
Tabla 21. Microalgas adecuada para la región.....	45
Tabla 22. Constantes cinéticas bajo ajuste de curvas.....	48
Tabla 23. Datos de estimación de la simulación de las concentraciones.	59
Tabla 24. Datos reales de la simulación de las concentraciones.....	59
Tabla 25. Porcentaje de desviación de datos estimados y reales de concentraciones.....	60
Tabla 26. Contenido de aceite por hectárea cultivada de diferentes materias primas	62
Tabla 27. Validación de producción de biodiesel por método de microalgas marinas.....	62
Tabla 28. Costo de producción de biomasa seca por sistema de cultivo	63
Tabla 29. Costo de extracción del aceite de la microalga por diferentes métodos.	64
Tabla 30. Costos de equipos para la extracción del aceite de microalga	65
Tabla 31. Costo del cultivo de la palma africana.....	65
Tabla 32. Costo de extracción del aceite de la palma africana.	66

LISTA DE ABREVIATURAS

STR	-Reactor de tanque agitado.
μm	-Micrómetro.
C TG	-Concentración de triglicérido.
C ALC	-Concentración de alcohol.
C DG	-Concentración de diglicéridos.
C MG	-Concentración de monoglicéridos.
C ESTER	-Concentración de éster.
C GL	-Concentración de glicerina.
K1, K2, K3, K4, K5, K6	-Constantes cinéticas.
F	-Flujos.
ρ	-Densidad.
Cp	-Calor específico.
$\Delta\text{Hr}^*\text{n}$	-Entalpia de formación de la reacción.
T	-Temperatura.
UA	-Coeficiente global de transferencia por área.
Ma	-Flujo másico de agua.
f AC(t)	-Flujo de aceite.
ρ AC(t)	-Densidad de aceite.
f MEZ(t)	-Flujo de mezcla (catalizador alcohol).
f BIO,GLIC(t)	-Flujo de biodiesel y glicerina.
ρ BIO,GLIC(t)	-Densidad de biodiesel y glicerina.
cp1	-Calor específico del aceite.
cp2	-Calor específico de la mezcla.
cp3	-Calor específico del biodiesel y glicerina.
rA	-Tasa de reacción.
cv	-Calor específico del material del reactor.
T(agua, sal)	-Temperatura de agua de salida.
T(agua,ent)	-Temperatura de agua de entrada.
ϕ	-Calor.

INTRODUCCIÓN

Atendiendo la problemática existente a nivel mundial sobre el agotamiento de yacimientos de petróleo y de los recursos, se visualiza mediante esta investigación grandes expectativas con respecto a los biocombustibles para disminuir el impacto que atraviesa el planeta como el calentamiento global, el consumo de combustibles no renovables y la contaminación por dióxido de carbono.

En la actualidad se busca soluciones con fuentes de materia energética para contrarrestar el consumo excesivo de dichos recursos, por lo cual se pretende trabajar con las microalgas debido a su gran potencial de producir lípidos con tasas de crecimientos muy rápidos a diferencias de otras materias primas como la soya, la palma, el maíz entre otras. Este tipo de microorganismo tiene la ventaja de crecer en suelos, en agua (dulce o salada) y aparte de esto, se encargan de regular el medio ambiente debido a que en su proceso de fotosíntesis necesitan dióxido de carbono.

Con el nombre de “Caracterización de las microalgas para la producción de biodiesel a través de medios químicos” se presenta esta propuesta como una alternativa para indagar sobre qué tipo de microalgas es la más adecuada para la producción del biocombustible, con la finalidad de mejorar el medio ambiente y preservar los recursos naturales.

Por medio de la investigación se pretende evaluar la microalga que posea la cantidad de lípidos necesarios y se acoplen a las condiciones ambientales de la región para transformar su aceite en biodiesel y de esta manera buscar el beneficio económico del sector industrial.

CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Debido a la alta producción del combustible que se deriva del petróleo, se estima que las reservas del crudo puedan llegar a escasearse a mediados del año 2.040 bajo cálculos matemáticos y estadísticos de la corporación mundial estadística de energía BP [1], además de las divulgaciones que manifiestan los científicos debido a la alta extracción del petróleo que se está presentando, a finales del siglo XXI el petróleo podría ser reemplazado por recursos como el carbón, el gas natural para prevenir que desaparezca el petróleo hasta que se encuentren nuevos yacimientos. Esto ha generado en las industrias petroleras el aumento del costo del recurso útil para la elaboración del combustible, el cuál es utilizado a nivel mundial en el sector automotriz e industrial.

Además de la contaminación que se está presentando en el siglo XXI a causa de la producción de gases industriales expulsados al medio ambiente por las empresas y el dióxido de carbono emitido por los automóviles ha traído como consecuencia el calentamiento global.

A partir de esto se está promoviendo la sustitución del combustible en países europeos y latinoamericanos en los procesos de nueva generación como lo es el Biodiesel, pero la elaboración de este nuevo recurso se está realizando con alimentos de gran importancia para el sustento del ser humano como el maíz, trigo, remolacha, caña de azúcar, los aceites de soja, canola y cereales para la producción del Biocombustible.

Con base a la problemática generada sobre el agotamiento del petróleo permite impulsar nuevas estrategias para emplear las energías renovables, como la solar fotovoltaica, los

aerogeneradores eólicos, de plantas oleaginosas, las microalgas, entre otras para que en un futuro contemos con este recurso primordial utilizado en diferentes actividades.

Para controlar que no desaparezca este recurso se lleva a cabo esta investigación con la finalidad de producir biocombustible utilizando la microalga adecuada que cumpla los parámetros de elaboración del Biodiesel.

Formulación del problema:

¿De qué manera se puede conocer las propiedades de las microalgas para un tipo específico en la producción de Biodiesel?

¿Qué tipo de microalgas puede adaptarse a las condiciones ambientales en la ciudad de Barranquilla?

1.2 JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación se implementa con el objetivo de producir biodiesel a partir de las microalgas; comparándolas entre sí para identificar la correcta en nuestra región Caribe, para buscar nuevas alternativas de energía que éstas ofrecen para la obtención del biocombustible. En la actualidad el biocombustible es una de las fuentes de energía más utilizadas en el mundo que puede ser generada a partir de algas, bacterias, residuos forestales y alimentos que por medio de estos recursos se puede obtener el biodiesel.

Los países desarrollados como son los estados unidos, la unión europea que disponen de grandes extensiones de tierras están implementando esta forma de producir el biocombustible a través de las microalgas debido a los altos costos del petróleo y la demanda de combustible en el transporte.

Por lo anteriormente, descrito en los países en vía de desarrollo, como los latinoamericanos están optando también este método de obtención del biocombustible por medio de las microalgas. En el caso de Colombia se hace necesaria la búsqueda de nuevas opciones de energía y por esto se están realizando investigaciones para la producción de biodiesel a través de las microalgas, microorganismos que a su debido alto contenido de productividad de lípidos y la velocidad con que se reproducen a gran escala son favorables para la obtención del biodiesel.

El desarrollo de esta investigación aportará información sobre la producción de biodiesel a partir de las microalgas en la ciudad, puesto que hasta el momento solo se han realizado estudios sobre este proceso en otras partes de Colombia. Por esta razón es importante la realización del biocombustible en Barranquilla con el fin de disminuir el impacto que generan los demás combustibles en el medio ambiente y de esta manera contribuir al mejoramiento de esta problemática.

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo general

Caracterizar un tipo específico de microalga para evaluar las variables que influyen en su crecimiento bajo condición ambiente en la ciudad de Barranquilla.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Seleccionar un tipo de microalga de acuerdo a las características adecuadas para el proceso de elaboración del biocombustible en la ciudad de Barranquilla.

2. Simular el modelo matemático de la producción de biodiesel a partir de la microalga especificada.
3. Realizar evaluación económica del proceso de extracción de aceite para la microalga y aceite de palma.

CAPÍTULO II. MARCO DE REFERENCIA.

2.1 MARCO TEÓRICO

En la actualidad el biocombustible es una de las fuentes de energía más utilizadas en el mundo que puede ser generada a partir de algas, bacterias, residuos forestales y alimentos que por medio de estos recursos se puede obtener el biodiesel.

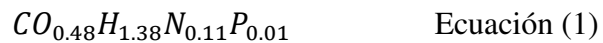
Los países desarrollados como son los Estados Unidos, la Unión Europea y parte de sur América que disponen de grandes extensiones de tierras están implementando esta forma de producción de biocombustible a través de las microalgas debido a los altos costos del petróleo y la demanda de combustible en el transporte [2].

Este microorganismo es vital cultivarlos en estanques tratados por agua salina donde pueden desarrollarse de manera rápida y cumplir con su ciclo de vida, además de que sus propiedades para la obtención de sus aceites serian a gran escala.

2.1.1 Microalgas.

Las microalgas son microorganismos unicelulares o pluricelulares con tamaño microscópico del orden de 2-200 μm , sus células no presentan sistemas de membranas internas que aíslen los orgánulos del citoplasma, estas especies acuáticas en su mayoría abundan en lagos, mares, ríos hasta en piedras rocosas, en el suelo. Se encuentran en diversos colores y tamaño además tienen la posibilidad de crecer más rápido debido a que sus propiedades se pueden alterar en el entorno donde se encuentren. Esta se encuentra comprometida con el mundo porque son responsables en la producción O_2 y la fijación del planeta del carbono Greenwell et al [3].

Grobbelaar [4] formuló mediante la fórmula molecular que se ve en la ecuación (1) que para saber la cantidad necesaria de nutrientes que requieren la microalga para su crecimiento es el nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio entre otros, pero en poca cantidad porque en altas tasas de nutrientes pueden ser limitantes para su crecimiento ocasionando efectos en ellas como en la disminución de las proteínas y los pigmentos fotosintéticos dicho por Gonzales et al [5].



Una de las condiciones a que se deben los incrementos se debe por las condiciones a que son expuestas las microalgas como es la intensidad de luz a temperatura muy bajas quien lo ratifica el autor Tzovenis et al. [6] los cuales son beneficiosos en la productividad de la biomasa de la especie.

Según estos autores Thompson y Renaud [7] también en investigaciones determinaron que para obtener mejores resultados en la producción de lípidos de las microalgas es en mantenerlas en hábitat a temperatura bajo regímenes de 27°C a 30°C con el fin de no tener decrecimientos de los aceites de este microorganismo.

2.1.2 Clasificación de las microalgas.

Existe una gran variedad de estas especies en el mundo por lo menos unas 29.000 especies encontradas donde se han separado en grupo o divisiones debido a la presencia de pigmentos que le dan un color característico y en menor medida a su organización estructura y forma.

Las microalgas se pueden clasificar en dos divisiones como son las procariotas y eucariotas como se vea en la Tabla (1) y en 4 grupos como son las *Bacillariophyceae*, *Chlorophyceae*, *Cyanophyceae*, *Chrysophyceae* como se observa en la Tabla (2):

Tabla 1. Clasificación de las microalgas[8].

Procariota	Eucariota
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cyanophyta ▪ Prochlorophyta 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Glaucophyta ▪ Rhodophyta ▪ Heterokontophyta ▪ Haptophyta ▪ Cryptophyta ▪ Dinophyta ▪ Euglenophyta ▪ Chlorarachniophyta ▪ Chlorophyta

Tabla 2. Grupos de microalgas[8] .

Microalgas	<i>Bacillariophyceae</i> diatomeas	<i>Chlorophyceae</i> algas verdes	<i>Cyanophyceae</i> Verdi-azul	<i>Chrysophyceae</i> Doradas
Cantidad de especies	100.000	8.000	2.000	1.000
Hábitat	Océano y aguas salinas	Agua dulce	Diferente hábitat	Agua dulce

La investigación sobre las microalgas ha descubierto en el mundo una gran variedad de estos microorganismos las cuales a continuación se destacan: las *Ankistrodesmus sp*, *Botryococcus braunii*, *Chaetoceros muelleri*, *Chaetoceros calcitrans*, *Chlorella emersonii*, *Chlorella protothecoides*, *Chlorella sorokiniana*, *Chlorella vulgaris*, *Chlorella sp*, *Chlorella pyrenoidosa*, *Chlorella Chlorococcum sp*, *Cryptothecodinium cohnii*, *Dunaliella salina*, *Dunaliella primolecta*, *Dunaliella tertiolecta*, *Dunaliella sp*, *Ellipsoidion sp*, *Euglena gracilis*, *Haematococcus pluvialis*, *Isochrysis galbana*, *Isochrysis sp*, *Monodus subterraneus*, *Monallanthus salina*, *Nannochloris sp*, *Nannochloropsis oculata*, *Nannochloropsis sp*, *Neochloris oleoabundans*, *Nitzschia sp*, *Oocystis pusilla*, *Pavlova salina*, *Pavlova lutheri*, *Phaeodactylum tricornutum*, *Porphyridium cruentum*, *Scenedesmus obliquus*, *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus sp*, *Skeletonema sp*, *Skeletonema*

costatum, *Spirulina platensis*, *Spirulina maxima*, *Thalassiosira pseudonana*, *Tetraselmis suecica*, *Tetraselmis sp.*

Pero en el caso de las microalgas con gran porcentaje de lípidos para la elaboración del biocombustible se encuentran estas 8 especies:

1. *Dunaliella salina*.
2. *Botryococcus braunii*.
3. *Chlorella minutissima*.
4. *Neochloris oleabundans*.
5. *Nitzschia sp.*
6. *Dunaliella tertiolecta*.
7. *Chlorella vulgaris*.
8. *Nannochloropsis sp.*

Como se pueden ilustrar en la Tabla (3) en nuestra región se puede trabajar para la elaboración del biocombustible con las siguientes microalga: *Dunaliella salina*, *Botryococcus braunii*, *Chlorella minutissima* y la *Chlorella vulgaris*.

Tabla 3. Microalgas adecuadas para la producción de biocombustible [9], [10].

Especies	Composición (% de materia seca)		Contenido de lípidos (% peso de biomasa seca)	Productividad lípidos (mg L ⁻¹ d ⁻¹)
	Proteína	Carbohidratos		
<i>Dunaliella salina</i> .	57	32	6,0 a 25,0	116,0
<i>Botryococcus braunii</i> .	32,62	20	25,0 a 75,0	-
<i>Chlorella minutissima</i> .	24 a 38	33 a 38	65	10,3 a 50,0
<i>Neochloris oleabundans</i>	-	-	29,0 a 65,0	90,0 a 134,0
<i>Nitzschia sp.</i>	-	-	45,0 a 47,0	-
<i>Dunaliella tertiolecta</i>	-	-	16,7 a 71,0	-
<i>Chlorella vulgaris</i> .	51 a 58	12 a 17	5,0 a 58,0	11,2 a 40,0
<i>Nannochloropsis sp.</i>	-	-	31 a 68	60,9 a 76,5

2.1.3 Método de producción de microalgas marinas.

Se estima que la producción anual de aceites por partes de las algas, podría rondar los 90.000 litros por hectárea; frente a los 450 litros de aceite por hectárea que produce la soja, o los 1.200 litros por hectárea que produce la canola o los 6.000 litros por hectárea que produce la palma dicho por Chisti et al [9]. La producción de microalga se da en dos métodos diferentes el primero es el sistema abierto o laguna abierta y el segundo sistema en fotobioreactores (FBRs).

2.1.3.1 Sistemas de estanque abiertos.

Este tipo de sistema abierto es fácil de construir los hay de forma circular o raceway, estos son económicos pero no confiables debido a que se encuentran expuestos al medio ambiente y puede contaminarse con facilidad por diferentes agentes. En este sistema el agua se evapora por exposición al sol lo cual hay pérdida de biomasa microalgal, que al tratar de acondicionarlo con un techo aumentaría el costo del sistema en la Tabla (4) se aprecia algunas de las ventajas y desventajas de este sistema.

Tabla 4. Ventajas y desventajas del sistema de estanque abierto.

Ventajas	Desventaja
Bajo costo en construcción.	Consume gran área de terreno.
Bajo costo de operación y producción de biomasa.	En su sistema tiene gran pérdida de agua por evaporización.
	Contaminación por diferentes agentes.

2.1.3.2 Sistemas de estanque cerrado.

Los sistemas cerrados están dominados por reactores tubulares y de base plana, esto sistemas te permiten controlar mejor las condiciones del cultivo de una sola especie por tiempo prolongado, te permite tener alta productividad de biomasa y con este tipo de sistemas puedes evitar la contaminación, una de sus característica es su gran área de iluminación y una de sus grande desventajas es su alto costo [11].

Tabla 5. Ventajas y desventajas del sistema de estanque abierto.

Ventajas	Desventaja
Alta productividad.	Costoso y Complejo
Menor contaminación, Menor uso de agua, Menor uso de CO ₂ .	Difícil de Controlar su Temperatura.
Mejor uso apropiado de la luz y Mejor mezclado.	Daño celular por turbulencia.
Control en la condición de cultivo.	Deterior de materiales y de equipo por corrosión biológica.

Para poder disminuir estas desventajas lo que hay que hacer es unir ambos sistemas y de esta manera se tendría una mayor productividad de lípido y biomasa. Este proceso se realizaría en dos etapas, en la primera se incrementaría la densidad celular y se reduciría la contaminación en los fotobioreactores, en la segunda etapa se aumentaría la acumulación de lípido en el sistema abierto. Los costos de estos sistemas se calculan a partir de la cantidad de biomasa microalgal como se en la Tabla (6) y los gastos del fotobioreactor para la aceleración de crecimiento del microorganismo.

Tabla 6. Costo del sistema para el desarrollo de la microalga[11].

	SISTEMAS ABIERTO	SISTEMAS CERRADOS
Volumen(m^3)	10^3	5.0
Tiempo de Mezclado (s)	10^4	10^5
Energía(W/m^3)	1	100
Costo ($€/m^3$)	500	10000

Tabla 7. Gastos secundarios para producción de microalga en fotobiorreactores[12].

	Euro	Dólar
El costo de terreno para una planta promedio	87.000	117.520
Laboratorio de Cepas e Instrumentos	53.000	71.592
Vehículo de traslado, materiales y mantenimiento al cultivo	26.000	35.121
Salario para 6 auxiliares	100.000	135.080
Depósitos de aceite y biomasa, Accesorios, energía.	25.000	33.770
Impuesto y otros administrativos	80.000	108.064
Equipo de control de calidad computarizado	79.000	106.713
Total	715.000	965.822

La producción de aceite de microalga está rondando en unos 90.000lts por hectárea esto sería unos 90m³ por hectárea, si se lleva a costos en el sistema de estanque cerrado sería unos 900.000€euros en dólares serían unos 1'224.000 US. Los fotobiorreactores tubulares inclinados tienen para almacenar litro con un diámetro de mm.

Se considera que los fotobiorreactores no son todavía rentables. De acuerdo con el estudio de factibilidad que hizo Gao et .al [13] en este estudio se relacionó los fotobiorreactores y los sistemas de estanque abiertos, en los cuales midieron ciertos tipos de variables, que permitirían bajar los costos en la producción de biodiesel. Se manifestó que bajando el 50 % de inversión y reciclando un porcentaje de hexano en la transesterificación aun así es 16,5 veces más costoso que en sistema de estanque abierto como se observa en la Tabla (8).

Tabla 8. Costo de biodiesel [11].

	Coste de biodiesel de alga\$/gal
Sistema cerrado	16.5 US
Palma africana	1573 pesos/gal

De acuerdo a esto aquí en Colombia la producción de biodiesel se realiza a través del aceite de la palma africana en los que el costo y mantenimiento en la producción de aceite de palma africana se estima en plantación en 1,950 a 2,550 dólares por hectárea y los

rendimientos de aceite de palma para el año 2004 fueron de 3,58 ton/ha. Estudio de actualización de costo de producción de aceite de palma en Colombia 2005 se ha estimado 125 dólares por tonelada con una eficiencia de biodiesel de 98 %.En una hectárea se plantan en promedio 140 palmas africanas, de la cual una produce entre 80 y 230 kilogramos de racimos por cosechas. En el año la palma África en una hectárea produce 8.6 toneladas de aceite [14],[15].

Para una plantación de palma africana, el costo varía bastante según su ubicación geográfica, el tipo de suelo y su infraestructura. Estos costos están relacionados con los primeros 2 y 3 años presentes en la Tabla (9) donde no hay producción de fruto, el cual empieza a crecer al 3 año.

Tabla 9. Establecimiento y mantenimiento[16] .

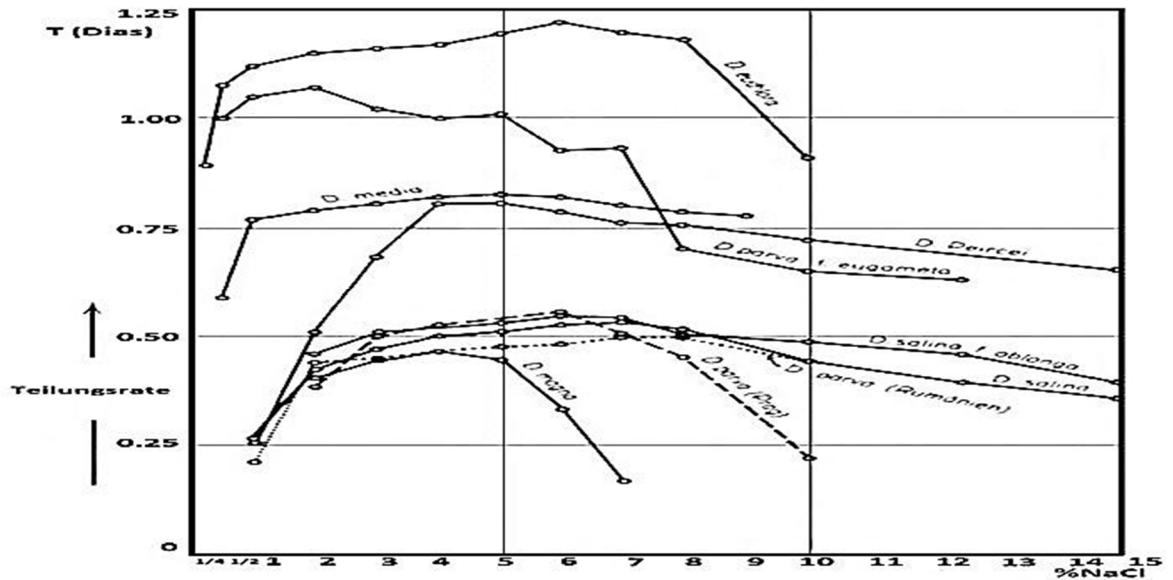
Concepto	Costo (Dólares)
Preparación del terreno	2,621.00
Siembra	9,686.00
Fertilización	1,800.00
Saneamiento	200.00
Control de maleza	3,600.00
Control de Plagas y Enfermedades	1,400.00
Riesgos	51.200.000

Según un proyecto realizado en nuestro país vecino Ecuador se cultivó la palma de aceite africana en una extensión de tierra de casi 1000 hectáreas, el valor del proyecto fueron de unos 1'500.000.00 (dólares), lo que implementar estos sistemas en las microalgas la inversión en los fotobioreactores se recuperaría en corto plazo por la tasa de crecimiento que ellas tienen por lo que resulta la producción de biocombustible del país.

2.1.4 Caracterización de microalgas adecuadas para la región.

La *Dunaliella salina* es una microalga de color rojo como se ve en la Fig.(2) perteneciente al grupo de las *Chlorophyceae* su tamaño es de 10 μ m, las condiciones de crecimiento para este microorganismo es que se pueden emplear a temperaturas de 28 a 30 °C, su hábitat es en aguas salinas bajo concentraciones de salinidad muy altas entre el rango de 1 a 4 moles de NaCl, en la gráfica se puede observar que la tasa optima de crecimiento que es entre el 2 a 7% de NaCl para el caso de la *Dunaliella salina* como se ilustra en la Fig.(1).

Figura 1. Concentración de cloruro de sodio vs tiempo en la *Dunaliella salina* [17].



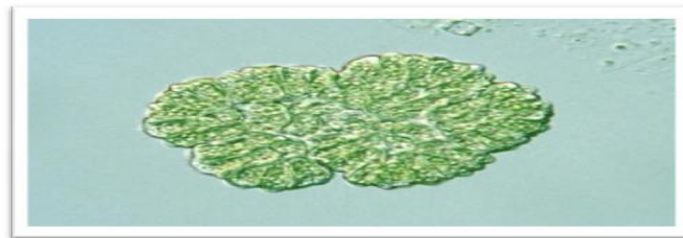
Esta microalga tolera un pH entre un rango de 1 a 11 dicho por Gimmler et al [18], donde se puede utilizar en sistemas de cultivos como son los estanques abiertos que por estar este medio a exposición de la luz solar esta especie incrementa tanto en volumen como productividad lípida, cabe mencionar que en estos sistemas se debe evitar que en el cultivo no intervengan otras especies u otros microorganismos porque la microalga tiende a perder sus propiedades químicas (lípidos, proteínas, azúcares) e incluso de la muerte de la microalga [19].

Figura 2. *Dunaliella salina* [20].



La *Botryococcus braunii* es una microalga como se observa en la Fig. (3) que puede encontrarse en agua dulce y pueden adaptarse a aguas con alta salinidad Derenne et al [21] pero con la dificultad de que estas disminuirían sus propiedades si pasa de un grado de salinidad de 0,5 moles de cloruro de sodio.

Figura 3. *Botryococcus braunii* [22].



Se encuentran en color verde con un pH entre 7 a 8,5 , además poseen la capacidad de producir grandes cantidades de hidrocarburos siempre y cuando las condiciones ambientales no pasen del rango de temperaturas de 25° Ca 30°C, con intensidad de luz de 60 W / m ² dicho por Li Qin[23].

La *Chlorella minutissima* perteneciente al género de *Chlorella* como se ve en la Fig. (4) es una especie de algas verde con hábitat marina de tamaño de diámetro unicelular de 10 a 15 μm y con un volumen de 12,9 μm^3 , su color es verde por su alto contenido de clorofila,

tienen la capacidad de adaptación para los cultivos heterótrofos y fototróficas. Las condiciones adecuadas para su crecimiento son con intensidad de luz de 40 W / m^2 , con un pH entre 7 a 7,5 y temperaturas entre 25 a $28 \text{ }^\circ\text{C}$ [24],[25].

Figura 4. *Chlorella minutissima*[26].



La *Chlorella vulgaris* como se ve en la Fig. (5) es una microalga unicelular que carece de núcleo celular se encuentra clasificada dentro del grupo de la *chorella o chorophyta*. Esta especie comúnmente es de color verde, con tamaño que oscila entre los 2 a $10\mu\text{m}$, soporta pH entre los 9 a 11, y a temperaturas entre los 27°C a 29°C dice Maxwell et al.[27], su hábitat natural en los suelos, agua dulces y residuales.

Para el desarrollo celular de esta microalga es vital ciertos factores por ejemplo grandes porcentajes de nutrientes como el carbono, otra es la exposición a los rayos solares lo cual genera efectos de crecimiento en ellas durante la fotosíntesis generando así aún más en la producción de proteína en base seca casi un 45 %, un 20% de grasa e igual en carbohidratos y 10 % de minerales y vitaminas[28].

Figura 5. *Chlorella vulgaris*[29].



2.1.5 Selección de la microalga adecuada.

La microalga que cumple con las condiciones para la producción de biodiesel en la región atlántica especialmente en la ciudad de Barranquilla debe aclimatarse a la temperatura, sobrevivir a cualquier sistema acuático sea dulce o salado, soportar a la radiación solar a la que pueda estar expuesta, cumplir con las expectativas en cuanto a la producción lípida para el biodiesel.

Un aceite de alta calidad para la elaboración del biodiesel especialmente el de la microalga debe resistir a la oxidación porque puede afectar el rendimiento durante la reacción debido a los desprendimientos de las cadenas de los ácidos grasos libres presente en el aceite. De acuerdo a las microalgas estas aportan para la obtención de biodiesel ácidos grasos como el ácido esteárico, palmítico y el oleico los cuales son presentes en la mayoría de los aceites vegetales dicho por Tyson et al [30]. En la siguiente Tabla (10) se observa los perfiles de ácidos grasos de la microalga *chorella vulgaris*.

Tabla 10. Perfil de ácidos grasos de la microalga *chorella vulgaris* como porcentaje del total de lípidos[31].

Ácido graso	Porcentaje del total de lípido	Nombre de ácido
C14:0	0,38	ácido mirístico
C14:1	tr	ácido miristoleico
C16:0	15,41	ácido palmítico
C16:1n-7	1,17	ácido palmitoleico
C18:0	6,24	ácido esteárico
C18:1n-9	33,14	ácidos oleico
C18:1n-7	1,13	ácido vaccenico
C18:2n-6	9,73	ácido linoleico
C18:3n-6	tr	ácido g-linolénico
C18:3n-3	1,93	ácido alfa-linolénico
C18:4n-3	tr	
C20:0	0,19	ácido arachidico
C20:4n-6	tr	ácido araquidónico
C20:5n-3	3,23	ácido eicosapentaenoico
C22:5n-3	3,11	
C22:6n-3	20,94	ácido docosahexaenoico

Para producir el mayor porcentaje lípido de ácido graso de estas microalgas se deben seguir condiciones en la etapa del proceso de cultivo como son la luz, nutrientes inorgánicos, agua, dióxido de carbono entre otros.

En la producción de biodiesel a través de las microalga se debe realizar bajo condiciones o normas estandarizadas para ver si cumple con los requisitos en la obtención del aceite, en la Tabla. (11) a continuación se pueden observar propiedades del biodiesel de microalgas en general donde se reportan estos datos que están entre el rango del biodiesel estándar y el diésel convencional.

Tabla 11. Comparación de las propiedades del aceite de microalgas con combustible diésel convencional y biodiesel de ASTM estándar [32].

PROPIEDADES	BIODIESEL DE MICROALGAS	DIESEL	BIODIESEL STANDARD ASTM
DENSIDAD (KgL ⁻¹)	0,864	0,838	0,84 a 0,90
VISCOSIDAD(mm ² s ⁻¹ , cStat40°C)	5,2	1,9 a 4,1	3,5 a 5,0
PUNTO DE INFLAMACIÓN (°C)	115	75	100
PUNTO DE SOLIDIFICACION(°C)	-12	-50 a10	-
PUNTO DE FILTRACION EN FRIO (°C)	-11	-3,0 a -6,7	Verano Max 0 Invierno Max <-15
VALOR DE ACIDEZ(mgKOHg ⁻¹)	0,374	0,5	0,5
VALOR CALÓRICO(MJkg ⁻¹)	41	40 a 45	-
RELACIÓN H/C	1,81	1,81	-

2.1.6 Producción del biodiesel por medio de las microalgas.

Desde que se implementó la producción de biodiesel a través de esta materia energética como la microalga promete ser una alternativa de abastecimiento en el mercado del biocombustible por eso hay países se están involucrando y están implementando este sistema de elaboración del biodiesel por el potencial que en ellas ven.

Para la producción de este biocombustible se deben seguir un proceso de transesterificación para las microalgas para reducir la viscosidad e incrementar la fluidez [9].

Un producto como el biodiesel debe ser de alta calidad como lo exigen las normas, por eso en este proceso se debe seguir bajo las condiciones que la norma exige como son las ASTM D6751, D-5554, D-1387, D6584 y las NTC 218 para obtener un producto de alta calidad.

Tabla 12. Normas para la transesterificación.

Implementación de norma en la transesterificación.	Estándares o Normas
Índice de saponificación	ASTM D-1387
Índice de acidez	NTC218
Índice de yodo	ASTM D-5554
Composición de ácidos	ASTM D-6584

La evaluación es primordial a la hora de su preparación y realización para no tener efectos en él, de este modo se verifica si el aceite contiene agua, residuos, índice de acidez y contenido de fosforo que puedan generar daños perjudiciales donde se utilice el biodiesel en automotores.

Para las condiciones de elaboración de este biocombustible hay que tener claro los parámetros que inciden en la formación del éster y la glicerina en el proceso, como la temperatura que es fundamental en la transesterificación para ciertas cantidades de relación molar, tener en cuenta que la temperatura no sea tan elevadas al punto de ebullición del alcohol; debido a que un incremento de la temperatura provoca cambios cinéticos con grandes alteraciones en la velocidad de reacción y genera saponificación en las fases de la reacción [33].

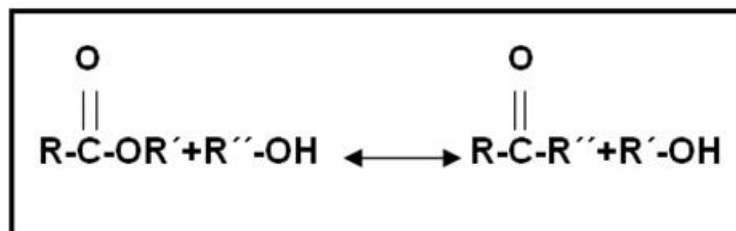
Otro parámetro es la relación molar que en la relación estequiométrica del proceso de la transesterificación que proporciona información sobre la cantidad necesaria de alcohol que se utilizada para generar la cantidad de esteres en la reacción. Un alcohol puro genera la obtención del biodiesel de manera muy rápida tal es el caso del metanol que se trabaja a temperaturas bajas y la reacción se produce en poco tiempo pero no todo es en base del alcohol que se utilice, si no del tipo de catalizador que se emplee en la mezcla del alcohol [34].

La agitación entre la demás es una condición importante en el proceso de obtención del biodiesel; debido a que la mezcla entre el alcohol y el catalizador al momento de entrar en el reactor no se unirán en una sola fase entre sí con el aceite, esto ocurrirá a medida que se le suministre una velocidad de agitación moderada dentro de los parámetros de funcionamiento de la planta lo que generaría la formación de una mezcla homogénea a medida de que transcurre el tiempo y se forme el metil éster más la glicerina [35].

2.1.6.1 Transesterificación.

Este proceso es más que una reacción química por la cual el éster se transforma en otro mediante sustitución de alcohol que lo constituye por otro, de acuerdo con la reacción como se observa en la Fig. (6).

Figura 6. Proceso de transesterificación[36].



El proceso cuenta con diferentes tipos de transesterificación como es la catálisis química, enzimática y técnicas de fluidos súper críticos las cuales tienen sus ventajas como desventajas.

En el proceso de catálisis química las condiciones de reacción se pueden controlar bien de acuerdo al porcentaje de catalizador que vaya uno a utilizar en la relación molar pero eso si la temperatura de reacción son demasiado altas.

Para la catálisis enzimática tiene como ventaja de que se necesita de poco alcohol en la reacción y como desventaja es que la enzima en la conversión de cadena corta de ácidos grasos es muy limitada. Mientras para el proceso de técnicas de fluidos súper críticos es muy seguro, se produce de manera rápida la reacción pero se genera grandes costos de energía lo dicho por GuanHua Huang et al [37].

Para la realización del proceso de transesterificación se necesita un alcohol, un catalizador y principalmente el acetite (vegetal o animal).

2.1.6.2 Alcohol.

Las clases de alcoholes que se utilizan en este proceso son el etanol, metanol, butanol, propanol en la Tabla (13) se encuentra resumida diferente tipo de alcohol.

✚ El etanol es un alcohol etílico de fórmula $CH_3 - CH_2OH$. Es líquido de color transparente y de olor agradable. Este alcohol tiene un punto de fusión -114,4°C, punto de ebullición de 78,4°C, el punto de inflamación de este alcohol puro es de 11°C y del estado gaseoso de 400-500°C.

✚ El metanol es un alcohol metílico compuesto por la fórmula química CH_3OH primer término de los alcoholes alifáticos, es un líquido incoloro, de olor

agradable, miscible con agua, pero muy tóxico. Posee un punto de fusión $-97,8^{\circ}\text{C}$ y un punto de ebullición de $64,7^{\circ}\text{C}$.

El Butanol es un alcohol butílico con cuatro átomos de carbonos que se encuentra en forma de 4 isómeros. El Propanol es un alcohol propílico de fórmula molecular $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$, que se encuentra en dos formas isómeras: n-propanol e iso-propanol líquidos miscibles en agua empleados como disolventes.

Tabla 13. Propiedades de alcoholes monovalentes [36].

NOMBRE	FORMULA	PUNTO DE FUSION ($^{\circ}\text{C}$)	PUNTO DE EBULLICION ($^{\circ}\text{C}$)	PESO ESPECIFICO
Metanol	CH_3OH	-97,8	64,7	0,789
Etanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	-114,4	78,4	0,789
1-Propanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	-127	97,2	0,804
2- Propanol	$\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$	-86	82,4	0,785
1-Butanol	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_2\text{OH}$	-89,9	117,7	0,810
2-Butanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHOHCH}_3$	-114,7	99,5	0,808

2.1.6.3 Catalizador.

El catalizador es más que una sustancia que altera la velocidad de una reacción química, pudiendo recuperarse sin cambios esenciales en su forma o composición al final de la reacción. En la industria se pueden encontrar diferentes tipos de catalizadores de acuerdo a su clasificación como son los catalizadores ácidos, los enzimáticos, los básicos homogéneos y los heterogéneos.

Los catalizadores ácidos son utilizados en los procesos de transesterificación y esterificación para romper las cadenas de los ácidos grasos, cuando se emplea la esterificación en aceites que contienen altos contenidos de ácido graso se debe realizar un proceso continuo con el de transesterificación bajo nuevos catalizadores para obtener los ácidos grasos apropiados que se requieren en la producción de Biodiesel. En los catalizadores ácidos se encuentra el ácido sulfúrico, fosfórico y clorhídrico.

✚ **Ácido sulfúrico:** ácido que está compuesto por oxácido de azufre con formula química H_2SO_4 , este liquido oleoso es muy denso y corrosivo con propiedades físicas como punto de fusión de $10^\circ C$, con punto de ebullición de $335^\circ C$.

Su obtención se basa en la oxidación del dióxido de azufre SO_2 , a trióxido SO_3 que con agua da ácido sulfúrico. Este líquido se disuelve con facilidad en el agua expulsando gran cantidad de calor.

✚ **Ácido fosfórico:** ácido también conocido como orto fosfórico es un líquido incoloro con formula molecular H_3PO_4 , derivado del pentóxido de fósforo, con propiedades físicas como punto de fusión de $21,1^\circ C$, con punto de ebullición de $158^\circ C$.

✚ **Ácido clorhídrico:** es un ácido muriático con formula química HCl , este liquido se encuentra de forma líquida o solución acuosa con propiedades físicas como punto de fusión de $-74^\circ C$, con punto de ebullición de $53^\circ C$ y con peso molecular $36,46 \text{ g/mol}$.

La disolución acuosa de cloruro de hidrogeno que se encuentra en forma de sal en la tierra contiene aproximadamente 40% en peso, mientras el comercial contiene un 24 a 36% en peso de HCl .

Los catalizadores enzimáticos son empleados para alterar el comportamiento de los enlaces químicos, este tipo de catalizador liberan su energía con el fin de hacer que el proceso evolucione de manera rápida. Dentro de estos catalizadores encontramos las lipasas como pueden ser la lipozyme IM, novozym 435, C. antarctica, T. lanuginosa, R. miehei que su función en el proceso de transesterificación resultan ser muy importantes dice el autor Fuduka H.et al [38] que debido a que actúan sin ninguna restricción si se presenta

contenido de ácidos grasos o agua en la reacción para la liberación de la glicerina y los esteres.

Los catalizadores básicos homogéneos intervienen sus moléculas en la reacción de forma individual distribuyéndose así de manera uniforme en el sistema reaccionante estos catalizadores se catalogan de ser buenos para obtener resultados cinéticos en el proceso de transesterificación y esterificación con alta calidad en el producto deseado; además de esto unos de los problemas que presentan estos catalizadores es que no se debe exponer tanto tiempo a el medio ambiente debido a que la humedad disminuye su eficiencia en la reacción [35].

✚ **Hidróxido de potasio:** potasa caustica de fórmula de KOH , es un líquido incoloro que se puede obtener por electrolisis de disolución de cloruro potásico con propiedades físicas como el punto de ebullición de $143^{\circ}C$, con punto de congelación de -89 a $4^{\circ}C$.

✚ **Cloruro de sodio:** es un compuesto de formula $NaCl$ conocido por sal común proveniente del mar y como componente principal en la sal de gema.

Los catalizadores básicos heterogéneos se presentan en una fase diferente a la mezcla reaccionante por lo que lo hacen distinto a los catalizadores homogéneo que se encuentra en una misma fase, los cual posee una ventaja de que se pueden recuperar al final de la reacción[39].

✚ **Oxido de magnesio:** es un compuesto químico con oxígeno y mineral de formula química MgO , se encuentra de forma de polvo es inoloro cuenta con punto de ebullición de $3600^{\circ}C$, un punto de fusión de $2800^{\circ}C$.

✚ **Oxido de calcio:** compuesto químico solido conocido también como oxido cálcico de formula CaO , su aspecto es de color blanco en forma de polvo entre

sus propiedades químicas y físicas posee un punto de ebullición 2850°C, un punto de fusión de 2570°C.

✚ **Hidróxido de sodio:** este compuesto se encuentra de forma sólida, inoloro con un peso molecular de 40 g /mol que se representa con la formula química $NaOH$, contiene propiedades físicas y químicas como su punto de fusión de 318°C, punto de ebullición de 1390°C .Esta base es soluble en metanol, etanol, agua y ácidos reaccionando de tal modo que genera calor.

✚ **Oxido de aluminio:** este compuesto que se representa con formula molecular Al_2O_3 , tiene peso molecular de 101,9 g/mol con punto de fusión de 2030°C y punto de ebullición 2980°C, una propiedad química de este compuesto es que absorbe el agua.

Por lo general para producir biodiesel se utiliza estos catalizadores como se observa resumido en la Tabla (14) a continuación:

Tabla 14. Catalizadores[40].

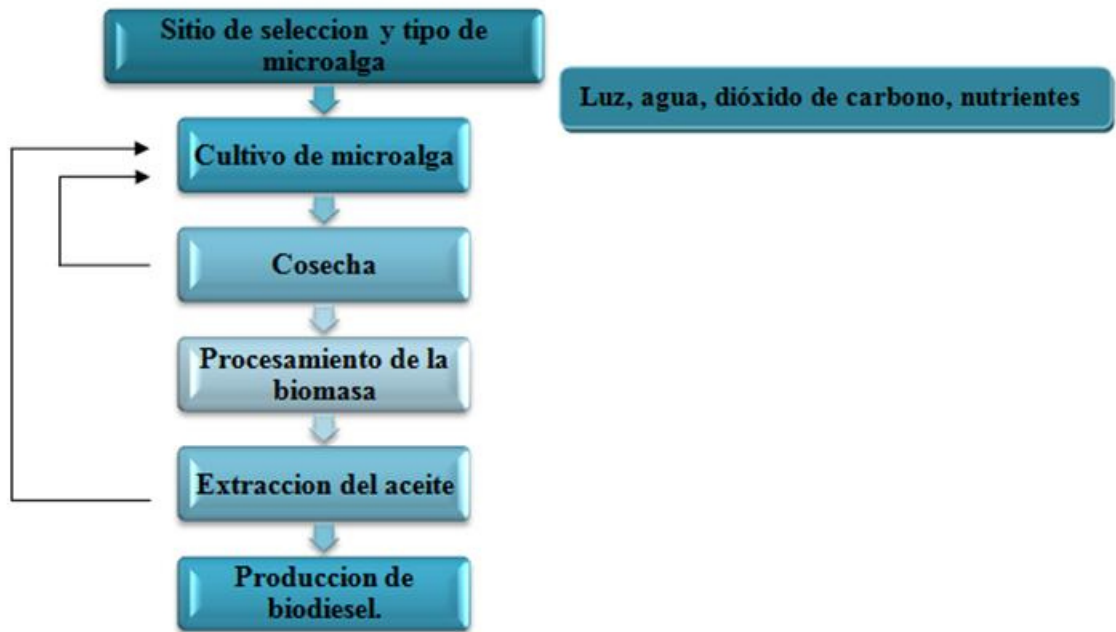
Clasificación de catalizadores	Tipos de catalizadores
Ácidos	H_2SO_4 , H_3PO_4 , HCL
Enzimáticos	Lipasas(C. antarctica, T. lanuginosa, R. miehei) **
Básicos homogéneos	KOH , $NaCL$ **
Básicos heterogéneos	MgO , CaO , $NaOH$, Al_2O_3

2.1.7Estrategia de desarrollo para la transesterificación.

En la investigación se utiliza la microalga *chorella vulgaris* por sus condiciones óptimas de adaptación en nuestra región; además de presentar alto contenido lípido los cuales son importantes para la elaboración del biodiesel.

Para la producción de biodiesel por medio de microalga se debe seguir un proceso desde la cultivación hasta la extracción del aceite como bien se ve en la Fig. (7).

Figura 7. Etapas de desarrollo de la microalga para la producción de biodiesel[10].



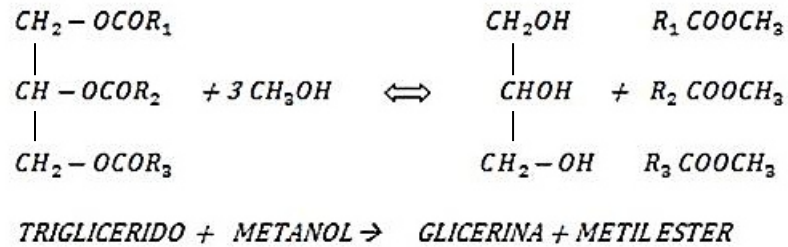
Primordialmente este estudio se focaliza en la etapa de producción de biodiesel donde se procede en la simulación del proceso de transesterificación como se ilustra en el diagrama.

Figura 8. Diagrama de transesterificación.

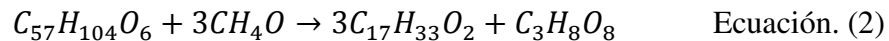


El proceso debe estar compuesto por 3 moléculas de alcohol y una de aceite para convertirse en 3 de éster más una de glicerina quedando representado el modelo de la siguiente manera que se representa en la Fig. (9):

Figura 9. Reacción de transesterificación[41].

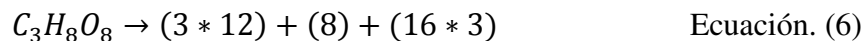
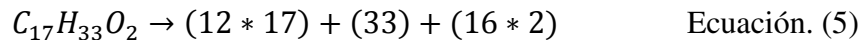
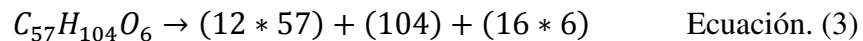


Químicamente la reacción se puede representar de este modo bajo formulas moleculares presente en la ecuación (2):



Para la relación estequiometria presente de 3:1 se procede a balancearla bajo los pesos moleculares de forma independiente como se ve en las ecuaciones (3), (4), (5) y (6) para determinar la cantidad en masa de los compuestos:

Análisis molar:



En la Tabla (15) se representan los resultados de manera resumida.

Tabla 15. Compuestos moleculares en el proceso de transesterificación[42].

Componentes	Estructura moleculares	Pesos moleculares
Aceite	$C_{57}H_{104}O_6$	884 g/mol
Metanol	CH_4O	32 g/mol
Metil éster	$C_{19}H_{36}O_2$	296 g/mol
Glicerina	$C_3H_8O_3$	92 g/mol



$$884 \frac{g}{mol} + 96 \frac{g}{mol} \rightarrow 888 \frac{g}{mol} + 92 \frac{g}{mol}$$

De acuerdo a esta relación se tiene 100 litros de aceite los cuales se asumen en que la masa del aceite se calcula a partir de la ecuación (7) y para los demás componentes:

$$masa\ del\ aceite = v * \rho = 0.864 \frac{kg}{l} * 100l = 86,4\ kg \quad Ecuación.\ (7)$$

$$86400\ g\ de\ aceite * \frac{888\ g\ del\ biodiesel}{884\ g\ de\ aceite} = 86790.95\ g\ de\ biodiesel$$

$$86400\ g\ de\ aceite * \frac{92\ g\ del\ glicerina}{884\ g\ de\ aceite} = 8991.85\ g\ de\ glicerina$$

$$86400\ g\ de\ aceite * \frac{96\ g\ del\ biodiesel}{884\ g\ de\ aceite} = 9382.80\ g\ de\ metanol$$

2.1.7.1 Materiales y equipos.

- ✚ Aceite de microalga.
- ✚ Reactivo Metanol(CH₃OH).
- ✚ Catalizador hidróxido de sodio NaOH.
- ✚ Reactor STR.

- **Proceso de transesterificación.**

Para la transesterificación los principales componentes que hacen parte del proceso son el aceite y el alcohol en las siguientes Tablas (16) y (17) se detalla algunas de sus características importantes en la investigación.

 **Aceite de microalga.**

El aceite de la microalga *chorella vulgaris* contiene una composición de ácidos grasos del 87 % en mol de triglicéridos en los cuales se dividen en el 39% de triglicérido de tripalmitina, el 28% de trioleina, el 20% en trilinoelina.

Tabla 16. Características del aceite de microalga [43].

Composiciones	Fracción molar	Peso molecular
Saturados(palmítico)	0,13	256,42 g/mol
Mono-glicéridos	0,20	358,55 g/mol
di-glicéridos	0,28	620,986 g/mol
Triglicéridos	0,39	884 g/mol

 **Metanol.**

Este alcohol que está compuesto por carbón, hidrogeno y oxígeno, que se implementa en la industria del biocombustible para el biodiesel. Comúnmente se aplica este alcohol por su bajo costo y la capacidad que nos brinda por lo que se trabaja con bajas temperatura por lo que su temperatura de ebullición es de 64,5°C.

Tabla 17. Características del metanol.

Tipo de Alcohol	Densidad	Pureza	Peso molecular
Metanol	0,7866 g/cm ³	99%	32 g/mol

Hidróxido de sodio (NaOH).

Se utiliza este sólido para ser disuelto con el alcohol en un tanque a parte antes de la transesterificación, porque puede ser muy peligroso debido a que esta mezcla genera calor y puede causar riesgos de incendios. Esta mezcla por lo general se introduce en el reactor a temperatura ambiente para que no se evapore el alcohol.

- **Descripción del equipo.**

Reactor STR.

Se utilizara este reactor para la reacción debido a que las condiciones que presenta este tanque son las apropiadas para el proceso de obtención del biocombustible. Este tipo de reactor nos brinda el funcionamiento adecuado para manipular bajo nuestras condiciones de operación como son la agitación y temperatura.

Diseño del reactor

En el diseño de los reactores se realiza bajo los estándares o normas ASME de calderas y códigos de recipiente de presión sección VIII de la de la división 1,2, y 3 de acuerdo a su aplicación. Para el diseño se tiene tener claro aspecto y parámetros químicos para el funcionamiento del reactor como son: Las reacciones químicas, energía química, ecuaciones de termodinámica para así escoger el material adecuado del reactor y cumplir con las condiciones del llenado del volumen de la mezcla dentro del reactor que sean del 80%.

En la Tabla (18) se observa que las condiciones de llenado de un reactor los volúmenes de los componentes para la reacción no debe sobrepasar al volumen de trabajo del reactor para evitar presiones durante el proceso.

Tabla 18. Volúmenes para el llenado del reactor.

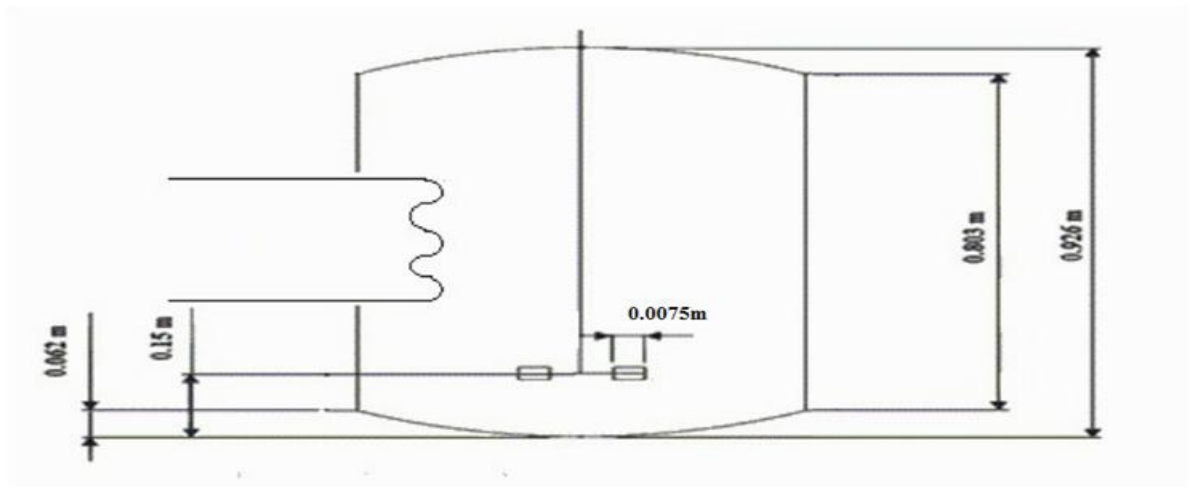
Componentes	Volúmenes (lts)
Aceite de microalga	100 lts
Metanol	20 lts
Volumen total	120 lts
Volumen de trabajo del reactor	150 lts

Para la construcción de las partes del reactor como es el agitador, las tapas y el cilindro se estipularon las siguientes formula:

Tabla 19. Dimensiones del reactor y agitador [44].

Partes	Dimensiones	Formula	Magnitud
Reactor	altura del reactor	$Hr = Vr/\pi r^2$	0.926 m
	Diámetro del reactor	$Dr = \sqrt[3]{\frac{4 * Vtotal}{\pi}}$	0.53 m
	Volumen de tapas	$Vtap = 0.13 * Dr^3$	0.01m ³
	Volumen del cilindro	$Vcil = Vr - 2Vtap$	0.13m ³
	Altura del cilindro	$Hcil = Vcil/\pi(r)^2$	0.803 m
Agitador	Diámetro del agitador	$Da = Dr/3$	0.15 m
	Altura del agitador	$Ha = DA$	0.15 m

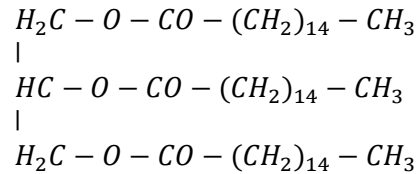
Figura 10. Reactor STR.



Cálculo del reactor y del intercambiador:

Para el calor del reactor se procede a calcular el cambio de entalpia de formación de la cadena del ácido palmítico perteneciente de la microalga como se ve en la Fig. (11):

Figura 11. Isomería de la cadena del triglicérido

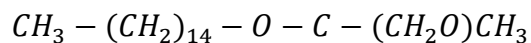


Los valores para la entalpia de formación del aceite producido por la microalga marina es de [45]:

$$\Delta H_{fo} \text{Aceite} = -2870 \frac{kJ}{mol}$$

De igual manera se determinan las entalpias de formación del biodiesel por medio de la isomería de sus moléculas que lo componen como se representa en la Fig. (12):

Figura 12. Isomería de la cadena del biodiesel



Los valores para la entalpia de formación para el biodiesel es de[46]:

$$\Delta H_{fo} \text{biodiesel} = -11094.4 \frac{kJ}{mol}$$

Para los demás compuestos por medio de tablas sus valores de entalpia de formación de la glicerina y metanol son los siguientes:

$$\Delta H_{fo} \text{Glicerina} = -488,20 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H_{fo} \text{metanol} = -238,81 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

Para calcular la entalpia de la reacción se determina sus reactivos en la ecuación (8) y los productos en la ecuación (9):

$$\Delta H_{fo} \text{Reactivos} = \Delta H_{fo} \text{Aceite} + 3\Delta H_{fo} \text{metanol} \quad \text{Ecuación. (8)}$$

$$\Delta H_{fo} \text{Reactivos} = 2153,57 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H_{fo} \text{Productos} = 3\Delta H_{fo} \text{Biodiesel} + \Delta H_{fo} \text{Glicerina} \quad \text{Ecuación. (9)}$$

$$\Delta H_{fo} \text{Productos} = -33771,4 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta H^0 \text{Reaccion} = \sum \Delta H_{fo} \text{Productos} - \Delta H_{fo} \text{Reactivos} \quad \text{Ecuación. (10)}$$

$$\Delta H^0 \text{Reaccion} = -31617,83 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

La determinación del flujo de calor de energía del reactor debido a la reacción se emplea la ecuación de la primera ley de la termodinámica para un sistema cerrado con la ecuación (11) [47].

$$\dot{Q} - \dot{W} = \frac{dU}{dt} \quad \text{Ecuación. (11)}$$

Y la determinación del flujo de calor del intercambiador a partir del balance de energía del sistema con la ecuación (12) [48].

$$Q = mcp(\Delta T) \quad \text{Ecuación. (12)}$$

A igual que el coeficiente global de transferencia por medio del método de la temperatura media logarítmica con la ecuación (13) y (14).

$$Q = U * A * (\Delta T_{ml}) \quad \text{Ecuación. (13)}$$

$$\Delta T_{ml} = \frac{(\Delta T_1 - \Delta T_2)}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} \quad \text{Ecuación. (14)}$$

Que reemplazando la ecuación de (14) en (13) resulta:

$$UA = \frac{Q}{\left(\frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)}\right)} \quad \text{Ecuación. (15)}$$

Datos incluidos en la lista de anexos 8.

2.1.7.2 Modelado del proceso.

Para el proceso de transesterificación se implementaran los modelos de balance de masa, energía y de concentraciones para el análisis de la reacción dentro del reactor.

- **Modelo de balances del reactor.**

Para el modelado del reactor se presentan consideraciones como las entradas de flujo volumétrico del aceite y el metóxido de sodio de forma separada, además no hay entrada ni salida de volumen cuando se realiza el proceso de transesterificación.

$$\text{Ecuación de continuidad.} \quad \text{Ecuación. (16)}$$

$$\frac{d[M_{vc}]}{dt} = 0$$

Donde los flujos para cada componente por medio de un balance de masa queda expresado de la siguiente manera:

Balance de masa para la concentración de aceite Ecuación. (17)

$$-k * V * C_{AC,sal} C_{MEZ,sal} = V \frac{d[C_{AC,sal}]}{dt}$$

Balance de masa para la concentración de la mezcla Ecuación. (18)
(Catalizador +alcohol)

$$-k * V * C_{AC,sal} * C_{MEZ,sal} = V \frac{d[C_{MEZ,sal}]}{dt}$$

Balance de masa para la concentración del biodiesel Ecuación. (19)

$$k * V * C_{AC,sal} * C_{MEZ,sal} = V \frac{d[C_{BIO,sal}]}{dt}$$

Balance de masa para la concentración de glicerina Ecuación. (20)

$$k * V * C_{AC,sal} * C_{MEZ,sal} = V \frac{d[C_{GLIC,sal}]}{dt}$$

Ecuación de balance de energía del reactor. Ecuación. (21)

$$\sum_{j=1}^3 \Delta H r_j r_j - UA (T_{agua} - T(t)) = C_v V \frac{d[T(t)]}{dt}$$

Donde:

$$\sum_{j=1}^3 \Delta H r_j r_j = \Delta H_{r1} * r_1 + \Delta H_{r2} * r_2 + \Delta H_{r3} * r_3$$

$\sum_{j=1}^3 \Delta H_{r_j} r_j$: Este término de la ecuación. (21) se define como la entalpia de reacción por la velocidad de reacción durante el proceso de las 3 reacciones en el reactor.

$UA(T_{agua,sal}(t) - T(t))$: En esta ecuación esta expresado el coeficiente de transferencia de calor dependiente del área del intercambiador por el gradiente de la temperatura del líquido a la salida del sistema y la de la reacción que varía en el tiempo.

$C_v V \frac{dT(t)}{dt}$: Este término representa el comportamiento dinámico de la reacción donde está involucrado la capacidad calorífica de las sustancias por el volumen de la reacción y la temperatura en función del tiempo dentro del reactor.

Ecuación de balance de energía del intercambiador.

Ecuación. (22)

$$f_{H_2O}(t) * \rho_{H_2O} * C_{pH_2O} * [T_{H_2O,ent}(t) - T_{H_2O,sal}(t)] + \varphi = C_{pH_2O} * \rho_{H_2O} * V * \frac{dT}{dt}$$

$$\varphi = UA(T(t) - T_{H_2O})$$

$f_{H_2O}(t) * \rho_{H_2O} * C_{pH_2O} * [T_{H_2O,ent}(t) - T_{H_2O,sal}(t)]$: Este término es referente al líquido que entra en el intercambiador, la densidad, el calor específico por la diferencia de temperatura que entra y sale del sistema en este caso es agua.

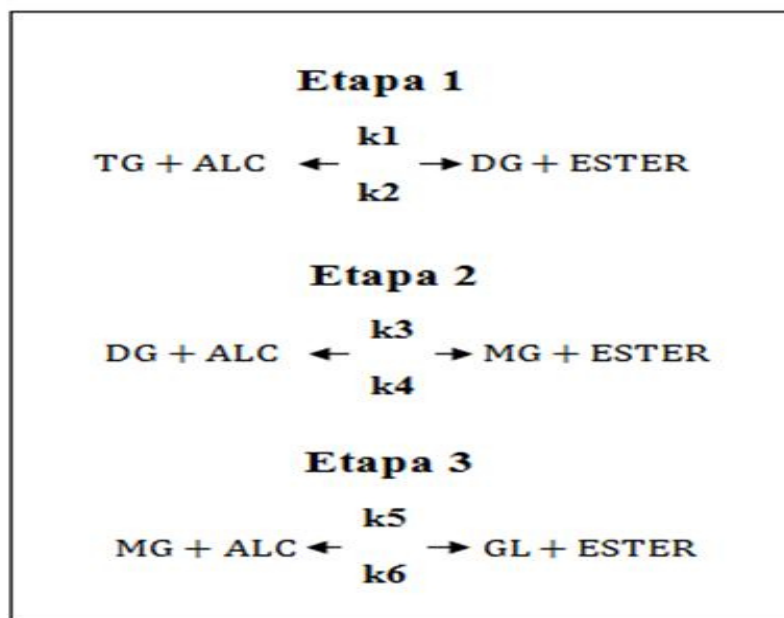
φ : Este representa el flujo de calor donde interviene nuevamente el coeficiente de transferencia y la diferencia de temperatura de la reacción y el agua en el intercambiador.

$C_{pH_2O} * \rho_{H_2O} * V * \frac{dT}{dt}$: Esta expresión se refiere al calor específico y densidad del agua en el intercambiador por la variación de la temperatura en el tiempo por el volumen en el reactor.

- **Modelo cinético de la reacción.**

El análisis cinético de la reacción va a depender del mecanismo de la reacción reversible del aceite de la microalga debido a su composición de ácidos como los triglicéridos, diglicéridos y monoglicéridos en la Fig. (13) se observa el comportamiento de la reacción a medida que se convierten los ácidos grasos en éster y glicerina. Como la agitación del reactor es constante durante el proceso el comportamiento las concentraciones se descomponen para generar nuevos componentes durante el proceso.

Figura 13. Reacción de la transesterificación del aceite vegetal[41].



La determinación de las ecuaciones de esta reacción de segundo orden para obtener las variables que influye en la reacción; se determina a partir de las concentraciones de tal modo que se expresaría para las tres cadenas químicas del proceso de transesterificación de la siguiente manera [49] :

$$\frac{dC_{TRIG}}{dt} = -k1C_{TG}C_{ALC} + K2C_{DG}C_{ESTER}$$

$$\frac{dC_{DIG}}{dt} = k1C_{TG}C_{ALC} - K2C_{DG}C_{ESTER} - k3C_{DG}C_{ALC} + K4C_{MG}C_{ESTER}$$

$$\frac{dC_{MONO}}{dt} = k3C_{DG}C_{ALC} - K4C_{MG}C_{ESTER} - k5C_{MG}C_{ALC} + K6C_{GL}C_{ESTER}$$

$$\frac{dC_{ALC}}{dt} = -k1C_{TG}C_{ALC} + K2C_{DG}C_{ESTER} - k3C_{DG}C_{ALC} + K4C_{MG}C_{ESTER} - k5C_{MG}C_{ALC} + K6C_{GL}C_{ESTER}$$

$$\frac{dC_{GLICER}}{dt} = k5C_{MG}C_{ALC} - K6C_{GL}C_{ESTER}$$

$$\frac{dC_{ESTER}}{dt} = k1C_{TG}C_{ALC} - K2C_{DG}C_{ESTER} + k3C_{DG}C_{ALC} - K4C_{MG}C_{ESTER} + k5C_{MG}C_{ALC} - K6C_{GL}C_{ESTER}$$

De acuerdo a la Tabla (20) se realizaría el ajuste de curvas para la determinación de las constantes cinéticas a temperaturas de 323K, 333K y a 337,65K con la herramienta en Matlab.

Tabla 20. Constantes cinéticas[50].

Temperatura	Coeficiente Cinéticos (L/mol s)					
	k1	k2	k3	k4	k5	k6
318K	0,0070	0,0258	0,0315	0,0245	0,0563	0,0003
328K	0,0064	0	0,0273	0,0236	0,0316	0,0002
338K	0,0050	0,0058	0,0291	0,0243	0,0400	0,0002

2.2 MARCO LEGAL

Según la constitución nacional de Colombia en el artículo 80. El cual dice “Que el estado planificara el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, conservación, restauración o sustitución. Además deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados”[51].

Otro de los apoyos legales que fundamenta este trabajo de investigación son las normas estadounidenses como la ASTM D6751-08, “Que especifican que para las existencias de mezclas de combustible Biodiesel para combustibles de destilación intermedia”[52].

Igual, las normas europeas EN 14214 también rigen criterios para la producción del Biodiesel y cuanto contenido de ácido graso tiene que poseer las microalgas para la instauración del aceite para la elaboración del biocombustible [53].

2.3 MARCO CONCEPTUAL

Dentro de esta investigación son fundamentales los términos como: Microalgas, Biodiesel, Biocombustible, lípidos.

Se empieza por conceptualizar el término clave del trabajo; microalga este organismo unicelulares fotosintéticos que se encuentran en habitas como los ambientes acuáticos, en el suelo. Por su capacidad son las responsables del proceso de fijación del dióxido de carbono además de que son capaces de producir más de 25 veces la cantidad de aceite (por año por unidad de área de tierra) cuando se la compara contra las mejores fuentes terrestres productoras de aceite [7].

Biocombustible también conocido como biocarburante es un combustible de origen biológico obtenido de manera renovable a partir de restos orgánicos. Encontrados dos tipos de biocombustible como el Biodiesel y el Bioetanol.

El concepto de biodiesel se define como un biocombustible sintético que se obtiene a partir de los recursos renovables como el aceite o grasas más un alcohol este una mezcla de monoalquilesteres de ácidos grasos saturados e insaturados con bajos porcentajes de impurezas. El tipo de alquileres y la proporción en que se encuentran dependen del mono alcohol y del aceite o grasa utilizados en las reacciones de transesterificación y

esterificación. Además éste es biodegradable para el medio ambiente, no es tóxico y se puede mezclar con gasóleo procedente del refinado de petróleo en diferentes cantidades. Este se encuentra compuesto por dos cadenas ligadas como es el monoalquilester ($R-COO-R'$). La cadena más corta R pertenece al grupo alquílico de mono alcohol y la cadena más larga es R' proviene de los ácidos grasos [54].

En la cadena de los ácidos grasos se presentan enlaces dobles por el grado de insaturación estos enlaces puede afectar la disposición espacial de la cadena de ácido graso por la rigidez que los compone. La densidad del biocombustible parte del incremento de los metil esterios a medida que disminuyen la longitud de cadena y aumenta el número de enlaces dobles en la molécula. El biodiesel no posee punto de fusión determinado y por tener alto contenido de alqui esterios saturados se ve afectado a bajas temperaturas. Se presenta en estado líquido se caracteriza por ser biodegradable, no tóxico y reduce emisiones de gases efecto invernadero[2].

Por último la definición sobre lípidos aparece del nombre genérico de una gran familia de Biomoléculas orgánicas insolubles en agua y solubles en disolventes orgánicos apolares. Estas características comunes derivan de la presencia de largas cadenas hidrocarbonadas como componentes estructurales de la molécula lípidas. La clasificación más satisfactoria de los lípidos es la que atiende a la estructura de sus esqueletos[36].

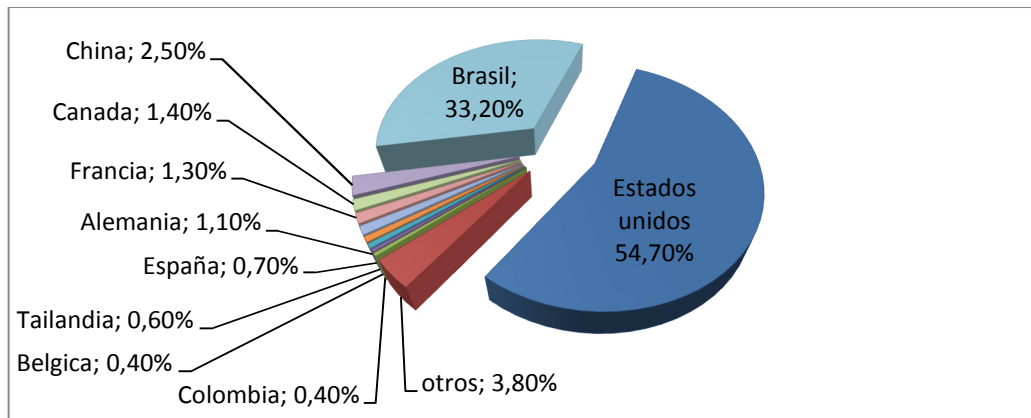
Los lípidos complejos se caracterizan por contener ácidos grasos, generalmente con un número par (12-22) de átomos de carbono y configuración cis en el caso de los insaturados; comprenden los acilgliceridos, los fosfogliceridos, los esfingolipidos y las ceras, que difieren entre sí por las estructuras a las que están unidos covalentemente los ácidos grasos. Los lípidos simples o no saponificables no contienen ácidos grasos en su molécula se dividen en terpenos, esteroides y prostaglandinas [36].

2.4 ESTADO DEL ARTE

Avances científicos e investigadores en la actualidad están brindando estudios con un motivo en el desarrollo de fuentes renovables para el empleo de biocombustibles. En 1.912 el ingeniero Rudolf Diesel propuso el empleo de biocombustibles a través de aceites vegetales pero esta iniciativa no resultó tan aceptada por la abundancia de petróleo que desde ese entonces había, caso contrario de lo que transcurre en la actualidad que se buscan nuevas materias energéticas para la sustentabilidad de este recurso. Desde el año 2.000 con materias como la soya, la semilla de algodón, ajonjolí, palma se implementa la producción del biocombustible de manera consecutiva en los países europeos y americanos [55].

En sur América los grandes países productores son Brasil, Argentina y Colombia, el país colombiano se encuentra dentro del ranking mundial en producción de bioetanol en el noveno puesto en el 2010 como se ilustra en la Fig. (14).

Figura 14. Países productores de biocombustibles [56].



Además de todo esto en los vegetales se visualiza el gran potencial de producir el biodiesel tal son los estudios que se han realizado en las algas marinas, que se ha investigado profundamente en esta especie por medio de estudios cromatográficos que se han realizado, se determinaron que las cepas de microalgas contienen un alto porcentaje de lípidos en

materia seca y contenidos de ácidos grasos que son requerido en el procedimiento de la elaboración del biocombustible [57].

Como parte de estas investigaciones las microalgas podrían convertirse en el recurso más efectivo para la obtención del Biodiesel. Donde científicos e investigadores promueven en este tema para que este biocombustible se comercialice en el mercado [58].

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1 TIPO DE ESTUDIO.

La investigación es de tipo descriptivo e información de carácter cualitativo. Este trabajo se realiza de forma descriptiva del modo que se analiza cómo es el ciclo de vida de las microalgas bajo con las condiciones ambientales de la región Caribe principalmente en la ciudad de Barranquilla. Con el fin conocer sus propiedades, características, comportamiento debido a la temperatura, densidad, su velocidad de crecimiento, su reproducción en climas cálidos y si la morfología de los sistemas acuáticos va a depender en la región para esta comunidad de microalgas.

3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.

Esta investigación se realiza bajo las siguientes pautas como se vea en la Fig. (15).

Figura 15. Organigrama investigativo.



Esta investigación está basada bajo el método analítico con el fin de analizar y determinar las propiedades importantes que conforman a las microalgas en la producción del biodiesel.

La realización del estudio de la microalga en general abarca una gran cantidad de especies con lo que cabe resaltar que las más utilizadas en la producción del biodiesel son pocas por su contenido de biomasa seca y el alto contenido lípido, a partir de este grupo específico de esta especie se escoge la microalga más adecuada de acuerdo a las condiciones óptimas de adaptación como temperatura, hábitat y humedad con el fin de saber cuál es la más apropiada en la ciudad de Barranquilla.

Se escoge la microalga *chorella vulgaris* por la condición de adaptación y la composición de contenido de ácidos grasos que ellas tienen, las cuales son esenciales en la elaboración del biodiesel. Con un volumen específico de aceite de esta microalga más la mezcla de compuestos químicos como el catalizador y alcohol se realiza la obtención del biocombustible a través del proceso de transesterificación que se realiza en un reactor STR. Este proceso al momento de reaccionar tendrá un comportamiento cinético irreversible, el análisis se realizara mediante el programa de Matlab con la herramienta Simulink para determinar el comportamiento de las concentraciones en la reacción.

El proyecto es factible desde el punto de vista económico si se elabora a gran escala con los equipos adecuados para el proceso de crecimiento y extracción del aceite de la microalga para producir el biodiesel.

CAPITULO IV. RESULTADOS.

4.1 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN

Para la selección de la microalga se tiene que tener en cuenta ciertos parámetros, los cuales cumpla con los requisitos de supervivencia de la especie en una determinada población como lo son la temperatura, la humedad, tolerancias a altas concentraciones de pH, alto grado de salinidad e intensidad luminosa lo cual refiere en la adaptación al medio ambiente este microorganismo; en cuanto a aporte de productividad lípida, cantidad de biomasa seca y rápidas tasas de crecimientos las microalgas que tienen mejor comportamiento a cumplir a estos criterios son la *Dunaliella salina*, *Botryococcus braunii*, *Chlorella vulgaris* y la *Chlorella minutissima* descritas en la Tabla (21).

Tabla 21. Microalgas adecuada para la región.

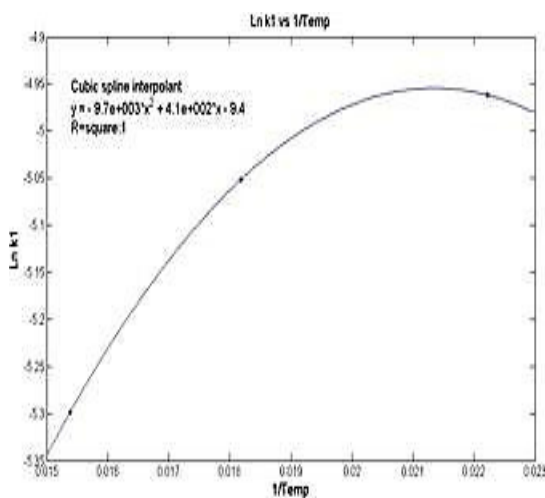
Parámetros de selección	<i>Botryococcus braunii</i>	<i>Dunaliella salina</i>	<i>Chlorella minutissima</i>	<i>Chlorella vulgaris</i>
Temperatura optima de crecimiento	23°C[59]	20 °C[60]	25 °C[61]	25°C[61]
Tasas de crecimiento rápidas (Vel. máxima)	0.18(1/d)	0.22(1/d)	0.75(1/d)	0.75(1/d)
Biomasa seca	25,0–75,0 %	6,0–25,0 %	65%	5,0–58,0%
Productividad lípida	30-40mg/Ld	116.0 mg/Ld	10,3 a 50,0 mg/Ld	11.2–40.0 mg/Ld
Tolerancia de pH	7 a 8,5	1 a 11	7 a 7,5	9 a 11
Radiación o iluminación	60 W/m ²	72W/m ²	40W/m ²	40W/m ²
Disponibilidad de la cepa	En Lagos y Estuarios con mucho oxígeno, templados y tropicales(Escocia, Sudáfrica)[59]	En lugares de alta salinidad en lagos salados (Nueva Zelanda)[62]	Se puede desarrollar en aguas residuales (Japón, Cuba México e Israel)[63]	Se desarrollan en habitas marinos también se fijan en rocas y en la leña de los árboles. (Cuba, México y Chile)[64]
Factores de crecimientos nutrientes	Alta cantidad Fosforo inorgánico disuelto	Cloruro de sodio, Nitrato de potasio, Bicarbonato de sodio, Sulfato de magnesio	Concentración de carbono, nitrógeno y fosforo.	Nitrato, nitrógeno, dióxido de carbono, sales (Fe, Zn, Mn, B, Br, Si)

La microalga que va de acuerdo a estos criterios para la selección es la *chorella vulgaris* porque tiene la capacidad de adaptación a los factores ambientales que se presentan en la ciudad de Barranquilla donde estas pueden soportar las temperaturas entre los 26 a 30° C, los altos grados de salinidad que hay en aguas marinas o bien sea en sistemas de agua dulce y residuales. Por estar ubicada la ciudad en la zona tropical de la tierra tiene como ventaja la influencia de los rayos solares en la costa por lo que las hace más eficaces en su desarrollo de vida dando así aumento en los perfiles de ácidos grasos y productividad de lípidos lo que las hace esencial para la elaboración del biodiesel.

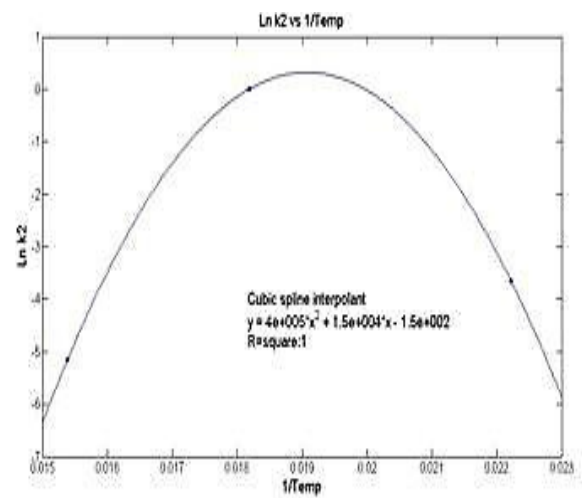
4.2 ANÁLISIS DE LAS CONSTANTES CINÉTICAS DURANTE LA REACCION DE LA TRANSESTERIFICACION

El análisis para las constantes cinéticas proporciona como resultado el desarrollo de la formación de las concentraciones de los ácidos grasos a medida que la temperatura aumenta dando así a los nuevos componentes que se pretenden en el proceso de transesterificación. En las siguientes graficas se aprecia su comportamiento para las constantes cinéticas K1, K2, K3, K4, K5, K6.

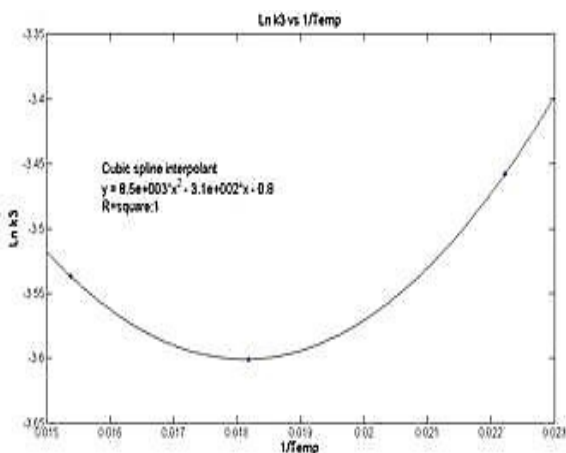
Gráfica 1. Constantes cinéticas K1 vs temperatura.



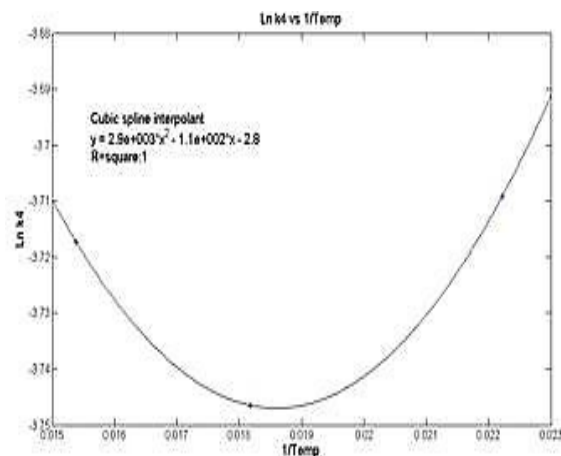
Gráfica 2. Constantes cinéticas K2 vs temperatura.



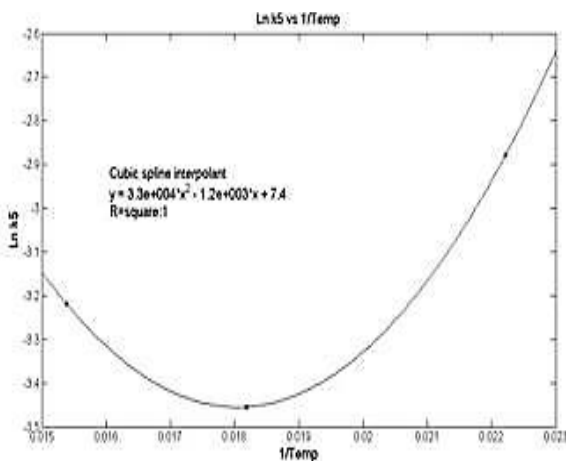
Gráfica 3. Constantes cinéticas K3 vs temperatura.



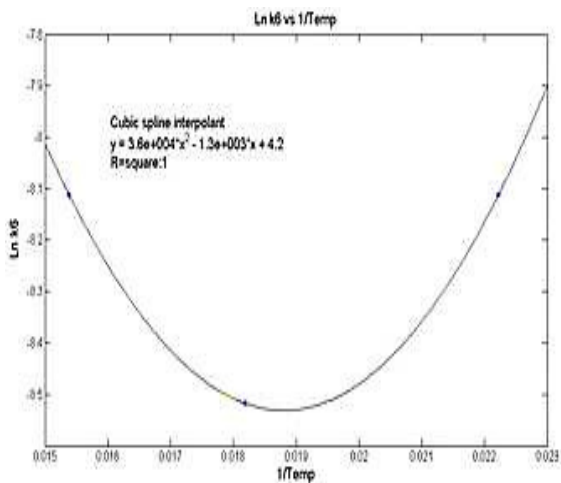
Gráfica 5. Constantes cinéticas K4 vs temperatura.



Gráfica 4. Constantes cinéticas K5 vs temperatura.



Gráfica 6. Constantes cinéticas K6 vs temperatura.



El cual se determinan las constantes cinéticas por medio de las ecuaciones (19-24) se obtuvieron los valores para las temperaturas de 323 K, 333 K y 337.65 K tal como se representan en la Tabla 22.

$$\ln k_1 = -9,7 * 10^3 * \frac{1}{Temp}^2 + 4,1 * 10^2 * \frac{1}{Temp} - 9,4 \quad \text{Ecuación. (19)}$$

$$\ln k_2 = 4 * 10^5 * \frac{1}{Temp}^2 + 1,5 * 10^4 * \frac{1}{Temp} - 1,5 * 10^2 \quad \text{Ecuación. (20)}$$

$$\ln k_3 = 8,5 * 10^2 * \frac{1}{Temp}^2 - 3,1 * 10^2 * \frac{1}{Temp} - 0,8 \quad \text{Ecuación. (21)}$$

$$\ln k_4 = 2,9 * 10^3 * \frac{1}{Temp}^2 - 1,1 * 10^3 * \frac{1}{Temp} - 2,8 \quad \text{Ecuación. (22)}$$

$$\ln k_5 = 3,3 * 10^4 * \frac{1}{Temp}^2 - 1,2 * 10^3 * \frac{1}{Temp} - 7,4 \quad \text{Ecuación. (23)}$$

$$\ln k_6 = 3,6 * 10^4 * \frac{1}{Temp}^2 - 1,3 * 10^3 * \frac{1}{Temp} - 4,2 \quad \text{Ecuación. (24)}$$

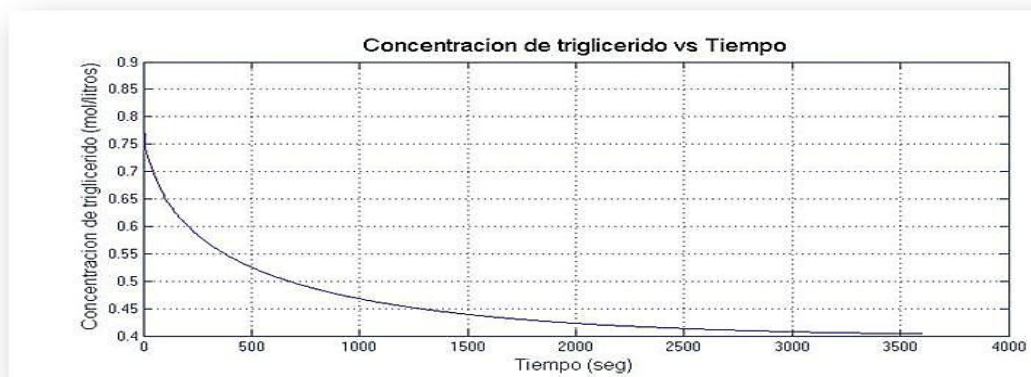
Tabla 22. Constantes cinéticas bajo ajuste de curvas.

coeficientes cinéticos (mol/litros)						
Temperatura	K1	K2	K3	K4	K5	K6
323 K	0.0069	0.9772	0.02815	0.0237	0.0357	0.00020
333 K	0.00568	0.1339	0.02787	0.02375	0.0337	0.00023
337.65K	0.00504	0.0073	0.02901	0.02423	0.0395	0.00029

4.3ANÁLISIS DE LAS CONCENTRACIONES EN EL PROCESO DE TRANSESTERIFICACION.

En este análisis por medio de la herramienta de Simulink se pretende determinar cómo es el comportamiento de las concentraciones de los triglicéridos, monoglicéridos, diglicéridos, alcohol, éster y glicerina a temperaturas de 323 K, 333 K y 337,65 K. En las gráficas a continuación se observa el comportamiento de estas concentraciones en un periodo de tiempo de 3600 segundos.

Gráfica 7. Concentraciones de Triglicéridos a temperaturas 323 K.



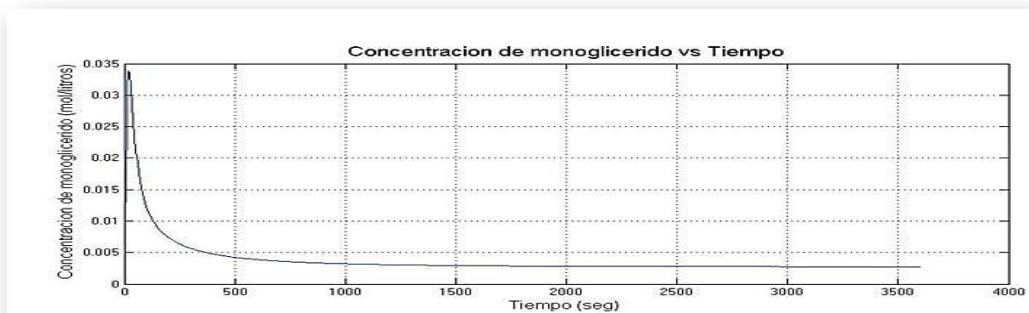
En la Gráfica (7) el compuesto triglicérido tiene una concentración de 0,844 mol/litros al inicio de la reacción, a medida que el tiempo transcurre durante el proceso de la transesterificación estas tienden a decrecer porque se produce la formación de los compuestos de diglicéridos y monoglicéridos.

Gráfica 8. Concentraciones de Diglicéridos a temperaturas 323 K.



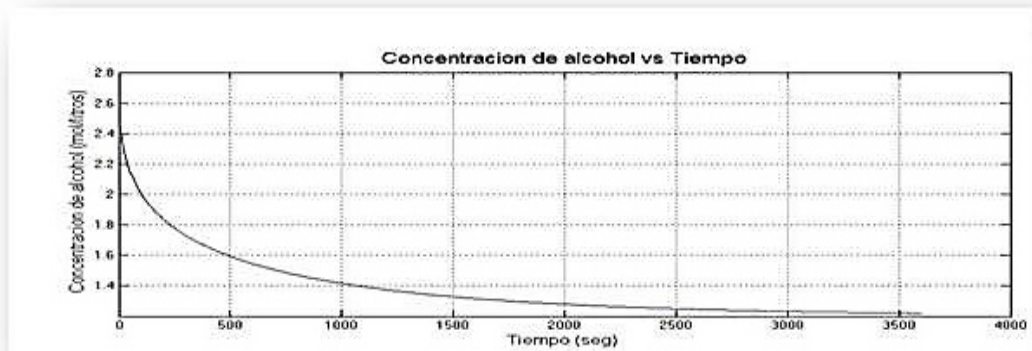
Para los diglicéridos se observa que la concentración se forma a partir que el proceso empieza a reaccionar debido a que los ataques químicos tanto del catalizador y del alcohol empiezan a tener su función en el proceso de transesterificación el cual es el de descomponer el triglicérido para generar los demás perfiles durante las 3 etapas o fases, en la gráfica se observa que alcanza los valores de concentraciones de 0,06 mol/litros y después desciende a tal punto que su comportamiento es constante desde los 1.500 segundos hasta el finalizar la reacción.

Gráfica 9. Concentraciones de Monoglicéridos a temperaturas 323 K.



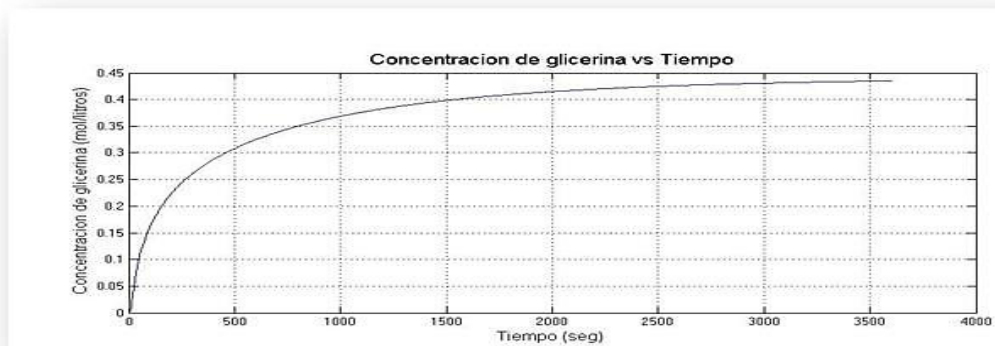
En la presente Gráfica (9) es parecida a la ilustración anterior porque su comportamiento tiende a tener un pico de alteración con concentración de 0,033 mol/litros a un tiempo muy corto debido a que este componente en la reacción de transesterificación a formarse para luego descomponerse de manera que se mantiene constante a los 1.760 segundos hasta culminar el proceso.

Gráfica 10. Concentraciones de Alcohol a temperaturas 323 K.



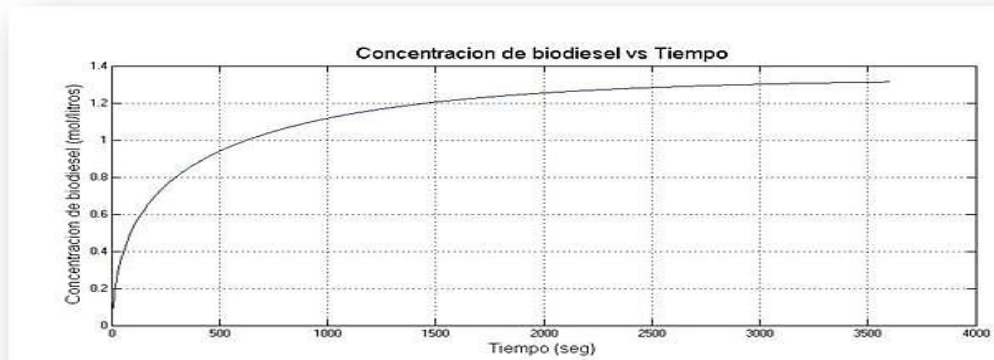
Al igual que los triglicéridos el alcohol también posee una cierta cantidad de concentración molar alrededor de los 2,533 mol/litros dentro del reactor, a medida que la reacción avanza la concentración de alcohol disminuye hasta obtener valores de los 1,303 mol/litros entre los 1.722 segundos hasta finalizar la reacción.

Gráfica 11. Concentraciones de Glicerina a temperaturas 323 K.



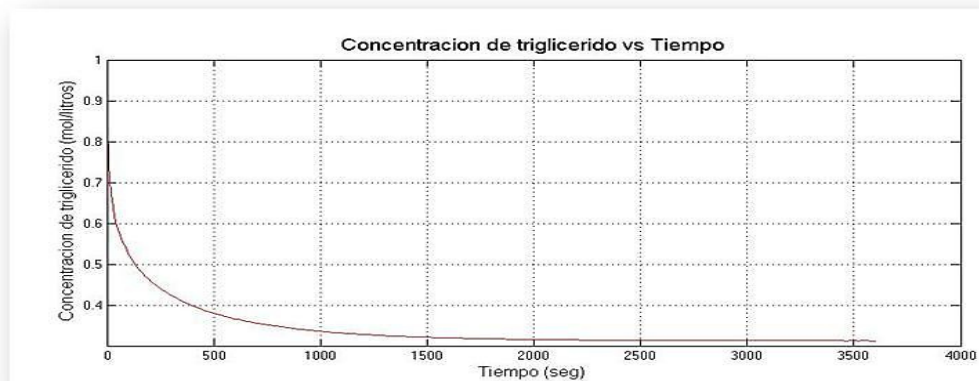
Lo que se aprecia en la gráfica es que se produce las concentraciones de glicerina de forma proporcional donde se nota una curva típica de crecimiento al transcurrir el tiempo, en lo que se obtiene concentraciones de 0,4350 mol/litros al finalizar la reaccionar debido a que los compuestos durante el proceso se descomponen dando los valores máximos de glicerina.

Gráfica 12. Concentraciones de Biodiesel a temperaturas 323 K.



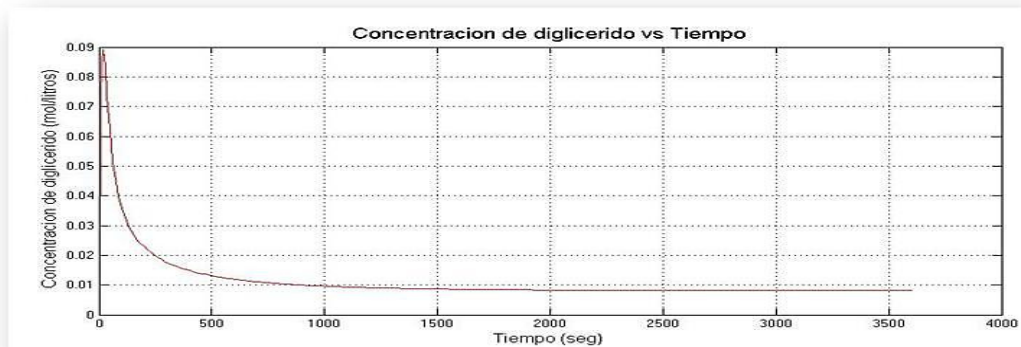
Las concentraciones de biodiesel en la transesterificación resultan ser de los 1,31 mol/litros al finalizar el proceso desde los 2973 segundos se presenta esta tendencia en este compuesto; esta grafica tiene el mismo comportamiento de las concentraciones de la glicerina en lo que se aprecia con los valores máximos de formación.

Gráfica 13. Concentraciones de Triglicéridos a temperaturas 333 K.



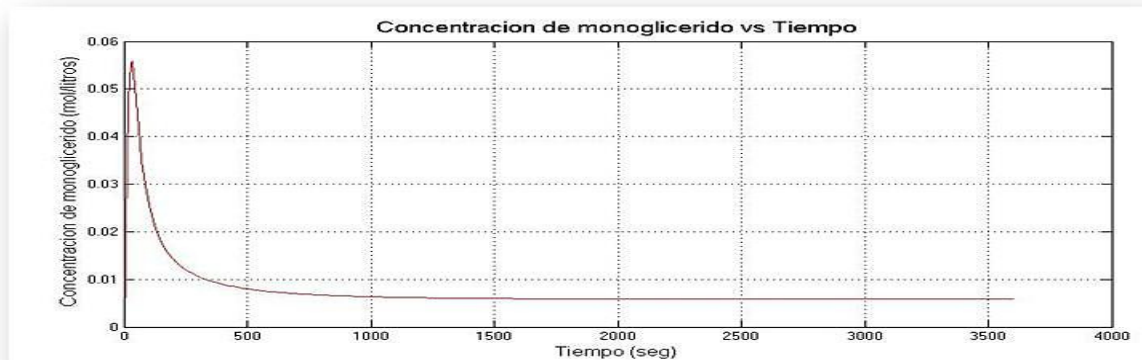
El comportamiento de los triglicéridos en este esquema decrece al igual a la Gráfica (7) porque va relacionada con la estequiometria a diferencia que los valores de concentración disminuyen a cierta cantidad por motivo a que en esta grafica se realiza a temperatura de 333 K por consecuente se obtienen valores de concentración a 0,312mol/litros.

Gráfica 14. Concentraciones de Diglicéridos a temperaturas 333 K.



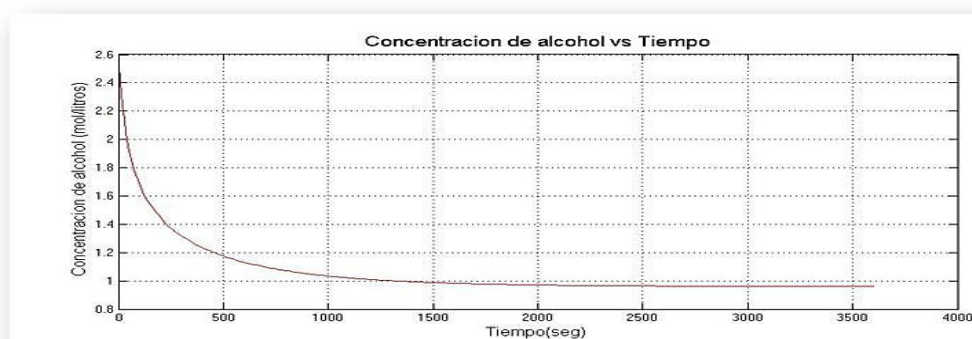
En la Gráfica (14) se aprecia que las concentraciones de los diglicéridos tienden a comportándose de la misma manera a determinadas temperaturas pero en esta se presenta que las concentración aumento un poco en el pico de manera que después esta decreció hasta mantenerse constante desde los 1333 segundos y obtener una concentración menor de 0,00811 mol/ litros a diferencia de la Gráfica (8).

Gráfica 15. Concentraciones de Monoglicéridos a temperaturas 333 K.



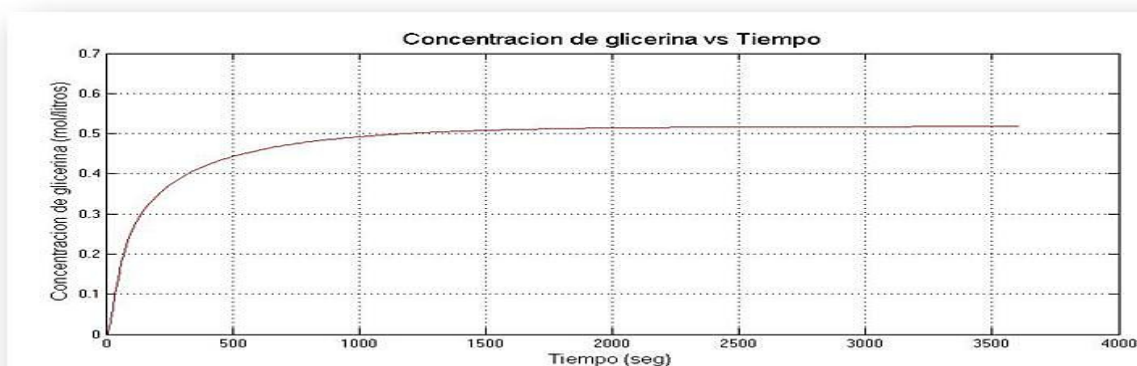
El análisis de esta gráfica al compararla con la gráfica de concentración de los monoglicéridos a temperatura de los 333 K es similar en su comportamiento del transcurrir del tiempo durante el proceso pero con valores de concentración de 0,05592 mol/litros en el pico máximo.

Gráfica 16. Concentraciones de Alcohol a temperaturas 333 K.



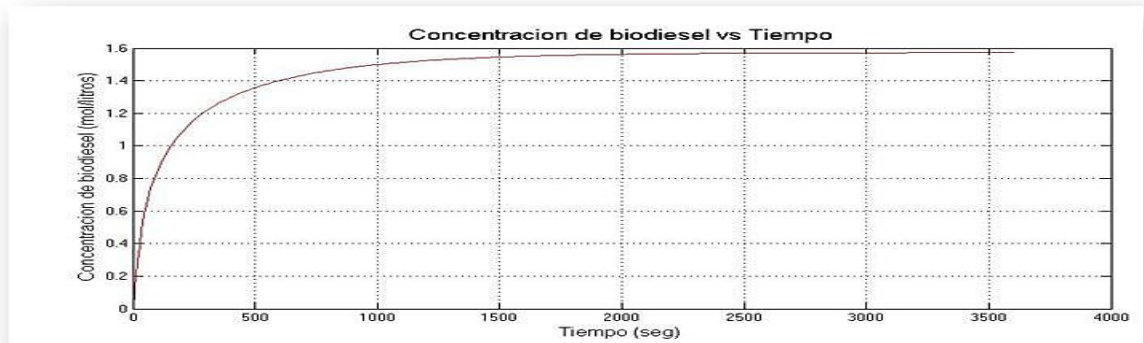
El alcohol en la gráfica a esta temperatura disminuye muy rápido, con sentido de formar los componentes como la glicerina y los esteres en tan poco tiempo, en el comportamiento de la concentración del alcohol tiende a decrecer y ser uniforme a lo largo de los 1700 segundos.

Gráfica 17. Concentraciones de Glicerina a temperaturas 333 K.



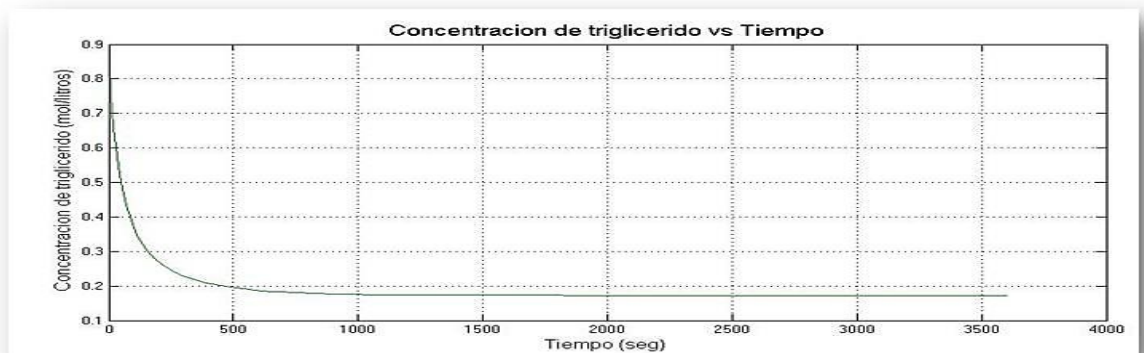
La concentración a esta temperatura resulto positiva en el proceso de transesterificación donde se refleja que el comportamiento es igual al que se presentó en la Gráfica (11) hasta que a los 2000 segundos se presentan las mayores concentraciones de este compuesto.

Gráfica 18. Concentraciones de Biodiesel a temperaturas 333 K.



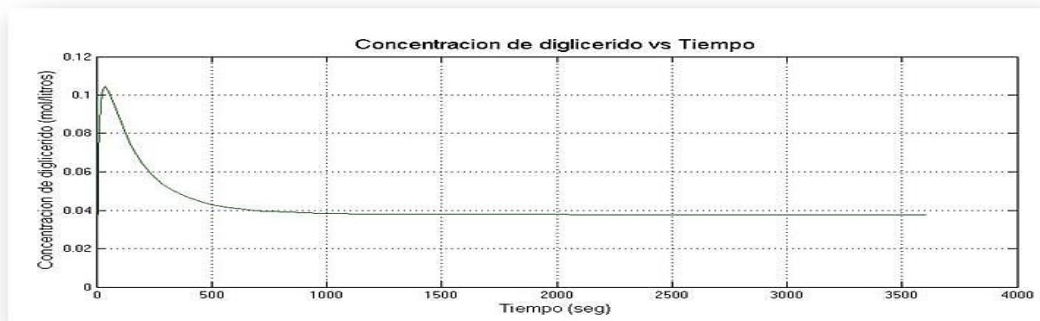
Semejante a lo que sucede con el alcohol, el éster posee los resultados de concentraciones más elevados debido a que a esta temperatura el proceso de la reacción actúa muy rápida por las transformaciones de los perfiles de ácidos grasos lo que genera que la concentración de biodiesel sea de 1,9 mol/litros a tiempo de 1745 segundos.

Gráfica 19. Concentraciones de Triglicéridos a temperaturas 337,65 K.



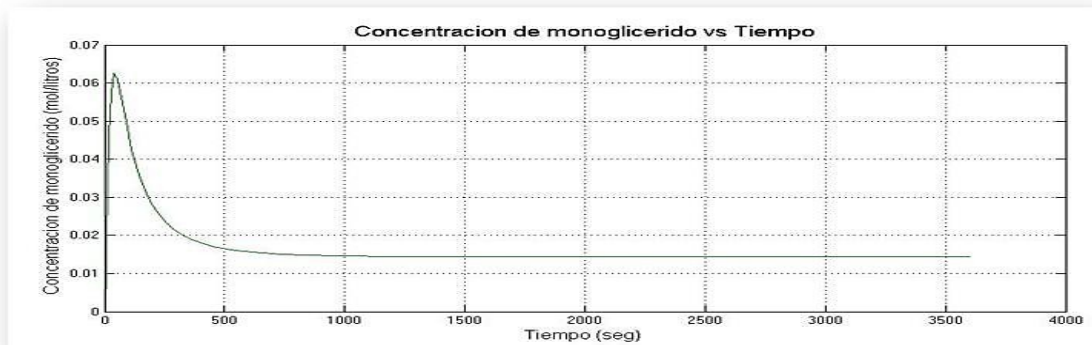
La concentración de triglicérido a esta temperatura llega a degradarse o consumirse a diferencia de la Gráfica (13) porque la velocidad de formación en la transesterificación es tan rápida que surge efecto en este componente proporcionando la formación de las demás concentraciones en periodos muy cortos.

Gráfica 20. Concentraciones de Diglicéridos a temperaturas 337,65 K.



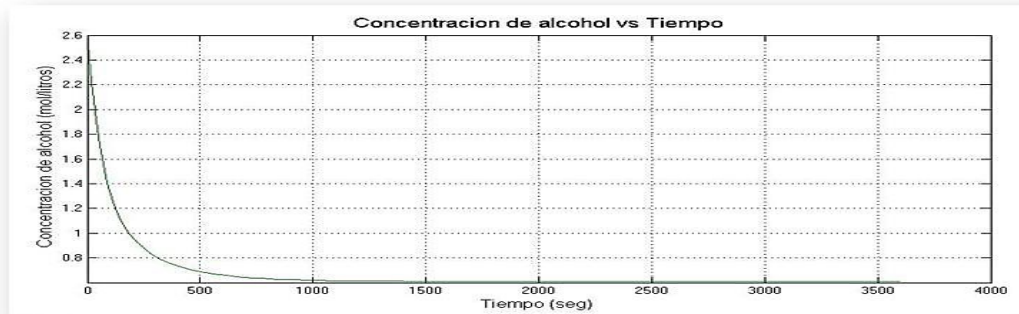
En la gráfica este componente tiene las concentraciones más elevadas que se han podido presentar, debido a que en el proceso no se consume las concentraciones como en las demás gráficas porque el alcohol no cumple como atacante químico.

Gráfica 21. Concentraciones de Monoglicéridos a temperaturas 337,65 K.



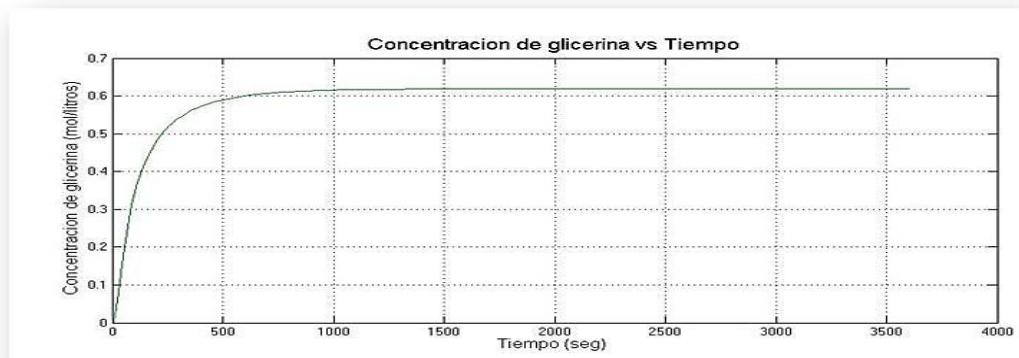
Parecido a lo que ocurre en la gráfica anterior las concentraciones para los monoglicéridos no se consumen como se espera, esto se debe a que la reacción se realiza de manera instantánea, en periodo de tiempo de los 1000 segundos el proceso sus componentes tienden a ser constante durante la transesterificación.

Gráfica 22. Concentraciones de Alcohol a temperaturas 337,65 K



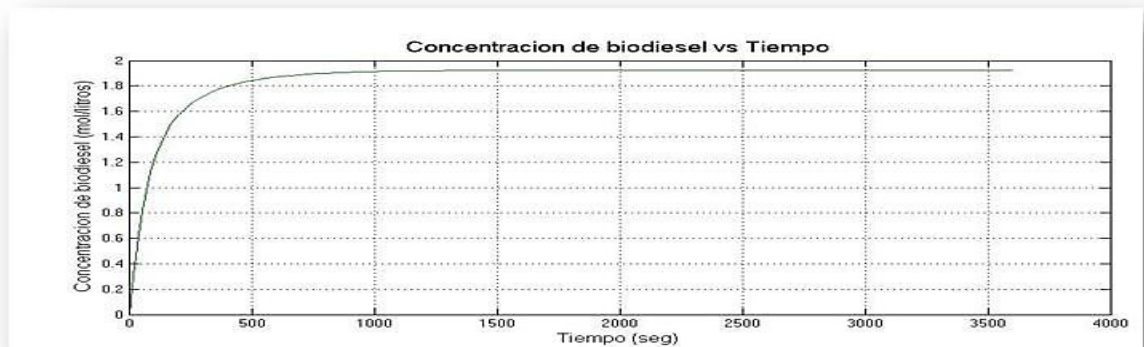
La concentración de alcohol en esta gráfica resulta que a los 620 segundos es constante. En este componente lo que se comprueba que no se consume en su totalidad la masa molar estando a la temperatura de ebullición pero a diferencia que a esta temperatura disminuyo considerablemente.

Gráfica 23. Concentraciones de Glicerina a temperaturas 337,65 K.



Lo que se logra visualizar en esta gráfica es que los valores de concentraciones aumento favorablemente a los que venía presentando a temperaturas inferiores esto por motivo a que la función del alcohol de reaccionante para formar la glicerina es muy rápida en las fases de degradación de los ácidos grasos del aceite.

Gráfica 24. Concentraciones de Biodiesel a temperaturas 337,65 K.



Para las concentraciones del éster se percibe que a temperatura por encima de los 333 K y no mayores a las de punto de ebullición del alcohol se obtienen los valores más altos de biodiesel porque el alcohol tiende a evaporarse en el proceso de transesterificación lo cual genera que se consumen los componentes más rápidos y se formen el éster con valores de 1,923 mol/litros como se presenta en la Gráfica (24) a esta temperatura.

El análisis del resultado previo del proceso de transesterificación para la producción de biodiesel en el reactor STR se determina en un período de tiempo de 1 hora en el cual se examina la evolución de las concentraciones en la reacción a temperaturas de 323 K, 333 K y 337,65 K con el programa MATLAB en lo que se obtienen resultados en tiempos muy cortos para las concentraciones de biodiesel; consecuente a esto se comprueba con la de los autores J. Correa y K. Villamizar [50] donde utilizan el aceite de la microalga y reportan comportamientos de concentraciones constantes entre rangos de tiempo de los 500 segundos a 700 segundos por esto se compara las concentraciones de datos reales y estimados como se puede ver en la Tabla (23), (24) y (25) de las cuales se obtienen un porcentaje de desviación, además se comparan estos resultados con la literatura de H. Noureddiniy D. Zhu [65] y Freedman B [66] para una reacción con aceite de palma en los que se obtienen perfiles de concentración similares a las gráficas de las concentraciones de los triglicéridos, diglicéridos, monoglicéridos, alcohol, éster y glicerina.

Tabla 23. Datos de estimación de la simulación de las concentraciones.

Tiempo	Triglicérido	Diglicéridos	Monoglicéridos	Alcohol	Glicerina	Biodiesel
10	0,76049457	0,12652625	0,071790785	5,75633	0,09119	0,543673
35	0,42207575	0,09553242	0,06442255	4,67171	0,46797	1,628285
98	0,14791992	0,03727616	0,023488694	3,6918	0,84132	2,608199
185	0,0516874	0,01540935	0,011747271	3,34763	0,97116	2,952372
353	0,01416024	0,00718322	0,007915362	3,21476	1,02074	3,085237
590	0,00877146	0,00602398	0,007405318	3,19577	1,0278	3,104232
795	0,00842734	0,00595033	0,007372802	3,19456	1,02825	3,105445
930	0,00840091	0,00594585	0,007368234	3,19446	1,02829	3,105537
1100	0,0083947	0,00594205	0,007372003	3,19444	1,02829	3,10556
1500	0,00839346	0,00594396	0,007368057	3,19444	1,02829	3,105564
2000	0,00839328	0,00594573	0,007364843	3,19444	1,0283	3,105564
2490	0,00839289	0,00594976	0,007357543	3,19444	1,0283	3,105564
3050	0,00839458	0,00593207	0,007389576	3,19444	1,02828	3,105563
3440	0,00839454	0,00593247	0,007388841	3,19444	1,02828	3,105563
3600	0,00839279	0,00595076	0,007355731	3,19444	1,0283	3,105564

Tabla 24. Datos reales de la simulación de las concentraciones.

Tiempo	Triglicérido	Diglicéridos	Monoglicéridos	Alcohol	Glicerina	Biodiesel
10	0,77007704	0,12791472	0,07245051	5,82451106	0,09155773	0,54748894
35	0,4278551	0,09679812	0,06529577	4,72845731	0,47205101	1,64354269
98	0,14997602	0,03778604	0,02380627	3,73530639	0,85043168	2,63669361
185	0,05237883	0,01560784	0,01189247	3,38624464	0,98212086	2,98575536
353	0,01433512	0,00726813	0,00800706	3,25154868	1,03238969	3,12045132
590	0,00887256	0,00609303	0,00748999	3,23229373	1,03954442	3,13970627
795	0,00852372	0,0060184	0,00745698	3,23106495	1,04000089	3,14093505
930	0,00849693	0,00601386	0,00745234	3,23097087	1,04003686	3,14102913
1100	0,00849065	0,00600992	0,00745633	3,23094811	1,0400431	3,14105189
1500	0,00848936	0,00601208	0,00745192	3,23094416	1,04004664	3,14105584
2000	0,00848916	0,00601405	0,00744835	3,23094394	1,04004844	3,14105606
2490	0,00848877	0,00601817	0,00744088	3,23094353	1,04005218	3,14105647
3050	0,00849048	0,0060003	0,00747324	3,23094528	1,04003598	3,14105472
3440	0,00848841	0,0060219	0,00743414	3,23094317	1,04005555	3,14105683
3600	0,0084887	0,00601892	0,00743954	3,23094346	1,04005285	3,14105654

Tabla 25. Porcentaje de desviación de datos estimados y reales de concentraciones.

% DE DESVIACIÓN						
Tiempo	Triglicérido	Diglicéridos	Monoglicéridos	Alcohol	Glicerina	Biodiesel
10	1,26003115	1,09737308	0,918955987	1,1845063	0,40503045	0,70188123
35	1,3692679	1,32489954	1,355458725	1,2146007	0,8722202	0,93701749
98	1,39000619	1,36782289	1,352043585	1,1784387	1,08359559	1,09249288
185	1,33770697	1,28809603	1,236055373	1,1535467	1,12905489	1,13073647
353	1,23500123	1,18211949	1,158482132	1,1442886	1,14118141	1,1413655
590	1,15257808	1,14623608	1,143444458	1,1429512	1,1427501	1,14276022
795	1,14372542	1,14396451	1,141748142	1,142865	1,14285157	1,14284846
930	1,14299956	1,14387359	1,141485982	1,1428588	1,14285993	1,14285535
1100	1,14293387	1,14213321	1,143928353	1,1428575	1,1428530	1,1428567
1500	1,14263905	1,14607966	1,13815104	1,1428565	1,1428740	1,1428577
2000	1,14244233	1,14897592	1,133914537	1,1428560	1,1428892	1,1428582
2490	1,14238399	1,14983161	1,132646944	1,1428558	1,1428937	1,1428584
3050	1,14236013	1,15020655	1,13217665	1,1428558	1,1428955	1,1428585
3440	1,11820679	1,50734422	0,613074689	1,1427912	1,144762	1,1429249
3600	1,14269297	1,14527075	1,139321243	1,1428567	1,1428698	1,1428576

4.4 FACTIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DEL BIODIESEL POR MEDIO DE MICROALGAS Y EL ACEITE DE PALMA AFRICANA.

La producción del biodiesel en Barranquilla es una propuesta para el desarrollo económico de la ciudad, los cuales generarían beneficios en la venta de este producto al sector automotriz e industrial y así ser competitivos a nivel nacional e internacional con países productores de este biocombustible. En la actualidad la federación de biocombustibles da a conocer que el litro de biodiesel hasta mediados de Marzo del 2014 el precio será de \$ 2.287,46 pesos colombianos y el galón a un costo de \$ 8.716,33 pesos, lo cual motiva en la producción de este biocombustible [67].

En Colombia se viene produciendo biocombustible porque es una manera de generar rentabilidad al país y además se contribuye a la disminución del impacto ambiental ocurrido por el dióxido de carbono por lo que conviene trabajar a un más con las microalgas.

En el país se produce biodiesel con la palma africana, *Jatropha curcas* y otras materias energéticas que en comparación con la microalga posee ciertas desventajas en cuanto a:

- El requerimiento de grandes proporciones de tierras para su cultivo.
- Sus tasas de crecimiento son muy lentas lo cual son periodos muy largos para la recolección del cultivo.
- Se necesita de fertilizantes y nutrientes para acelerar su ciclo de vida.

Mientras en la microalga necesita de radiación solar, dióxido de carbono y su propagación lípida aumenta por día de manera satisfactoria en periodos muy cortos; aunque en los costos de cultivo pueden ser un poco más altos debido a que se necesitan de fotobiorreactores o lagunas para el crecimiento de la especie para poder obtener la materia seca vital para la extracción del aceite.

La razón principal para tener rentabilidad en producir biodiesel es por medio de cuanta biomasa seca se produce en los fotobiorreactores o en sistemas abiertos como son los estanques, que es otra opción de implementación de cultivo a gran escala y de menor costo. Al producir biodiesel por microalgas origina gastos alrededor de \$49.862 por galón de aceite en los cultivos cerrado y \$79.779,19 por galón en los cultivos abiertos, ya sea por costos energéticos o por los sistemas de extracción, secado y recolección que se implementen en la planta de producción, lo que se produciría pérdidas rápidamente y el proyecto no tendrá sustentabilidad económica [68].

En la tabla se determinan cuanto rendimiento de aceite se produce por hectárea y se logra apreciar que la microalga es una fuente potencial de aceite y futura materia prima para producir biodiesel.

Tabla 26. Contenido de aceite por hectárea cultivada de diferentes materias primas [9].

Cultivo de producción de biodiesel.	Produce(l/ha)	Costo(pesos/gal)
Palma africana	1.565	8.716,33
Microalga marina	15.447	49.862

Tabla 27. Validación de producción de biodiesel por método de microalgas marinas.

Cultivos	Rendimiento de aceite (litros/hectárea)
Maíz	172
Coco	2689
Palma	5950
Jatropha curcas	1892
Microalga (70% materia seca)	136.900
Microalga (30% materia seca)	58.700

La Tabla (26) de valores nos da unos índices de cuanta relación tiene la palma africana con las microalgas marinas, en este sentido la relación que se produce es de 1 a 10 por cada galón por hectárea que se produce de palma africana obtendríamos 10 veces de microalga marina, pero en lo monetario la realidad es otra porque cada galón de microalga marina se paga casi 6 veces más de lo que pagara con uno de palma africana, este proyecto sería válido cuando el precio a pagar en la producción de microalga fuese igual o menor al precio de palma africana, por lo tanto no sería factible para el bolsillo de los colombianos siempre y cuando el proyecto de las microalgas se hiciese a gran escala para así generaría gran beneficio económico la producción del biodiesel.

4.4.1 Producción del biodiesel por medio de microalgas.

La producción de biodiesel por medio de microalga con lleva una serie de procesos antes de hacer el biocombustible en lo que se procede primero al cultivo de la especie y la extracción del aceite por lo siguiente se evalúa económicamente.

4.4.1.1 Sistema de Cultivo para la microalga.

Para la aceleración del crecimiento de la microalga se implementan sistemas como puede ser cerrados (fotobioreactores) o abiertos (lagunas o estanques). En estos cultivos para las microalgas hay que tener en cuenta la instalación de la planta para obtener los mejores resultados de producción lípida en ambos sistemas.

Al cultivar las microalgas por estos sistemas se nota que los costos disminuyen a medida de que se produzcan grandes cantidades de biomasa de la microalga a diferentes cultivos por lo que es beneficioso el cultivo por fotobioreactores como se presenta en la tabla se ve que a 10000 toneladas el costo es solo del 0.35 €/kg.

Tabla 28. Costo de producción de biomasa seca por sistema de cultivo[9].

	Fotobioreactores		Estanques	
Producción de biomasa anual (toneladas)	100	10000	100	1000
Costo para producir 1 kg de biomasa de alga	2.21	0.35	2.84	0.45

4.4.1.2 Extracción del aceite de la microalga.

Las microalgas producen lípidos por lo que la extracción es simplemente llevarla a un proceso de separación donde se emplea métodos para adquirir el aceite de la especie después de haber sido cultivada en los sistemas. Actualmente existen muchos modos de

extracción del aceite de las microalgas en el que se encuentra método de extracción por prensado, el de ultrasonidos y el supercrítico.

El método de prensado la microalga debe estar completamente seca y para eso se usa para secarla es la luz solar, es un método de bajo costo ya que hay otros como el de tambor rotatorio y el secado por medio de spray en los que son muy costo para la implementación de la sustraer el aceite de la microalga. Este método de prensado tiene un rendimiento de un 65% que al ser combinado por el método de extracción por solvente orgánico se produce un rendimiento del 95% de la extracción de aceite de la microalga lo que implica que este proceso tiene un costo de 1.90€/kg de aceite extraído [69].

El método de extracción por ultrasonido es un método en el cual se crean una burbuja a través de la cavitación en el solvente, la cual al explotar cerca de las células de la microalgas producen ruptura en sus paredes, liberando sus aceites. El rendimiento de este proceso es del 80% y su costo es de 1.72€/kg de aceite extraído [69].

Extracción con fluido supercrítico en este proceso se licua el dióxido de carbono y calienta a presión para que actuara como solvente en la extracción de aceite, su rendimiento es de 95% y su costo es de 1.88€/kg de aceite extraído [69].

Tabla 29. Costo de extracción del aceite de la microalga por diferentes métodos.

Métodos de extracción	rendimientos	Costos de extracción
Prensado por solventes	95%	1.90€/kg
ultrasonidos	80%	1.72€/kg
Supercríticos	95%	1.88€/kg

Los equipos y suministros para la extracción del aceite de la microalga se estiman alrededor de los 175.085 € como se representan en la Tabla (30) sin contar con el gasto de energía y obra de mano del personal que se involucre en la planta.

Tabla 30. Costos de equipos para la extracción del aceite de microalga[70].

Equipo	Capacidad	Coste , € /unidad	Unidades	Coste total
fotobioreactores	4.0 m ³ /h	15000	10	150000
Tanques de cosechas	1.0 m ³ /h	127	1	127
Bomba de cosecha	2.0 m ³ /h	1000	1	1000
Suministro de CO ₂	4.0 kg/h	459	1	458
Preparación del medio	4 m ³ /h	6000	1	6000
esterilización del medio	2 m ³ /h	15000	1	15000
Soplante de aire	200 m ³ /h	2500	1	2500

4.4.2 Producción del biodiesel por palma africana.

Para la producción del biodiesel por medio del aceite de la palma africana se necesita de un sistema de cultivo abierto especialmente es el suelo de la tierra por lo que este cultivo lo hace ser más costoso porque se necesita de fertilizantes, productos químicos para evitar las plagas que puedan dañar la fruta como se presenta en la Tabla (9).

Los cultivos de la palma africana pueden variar en sus costos debido a que la tierra debe estar en constante mantenimiento y después que la palma de fruto a los 5 años se presentan costos uniformes.

Tabla 31. Costo del cultivo de la palma africana[71].

Costo del cultivo de palma	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4 al 14	Año15 al20
Total US\$	1273.00	246.00	249.00	263.00	255.00	251.00

4.4.2.1 Extracción del aceite de la palma africana.

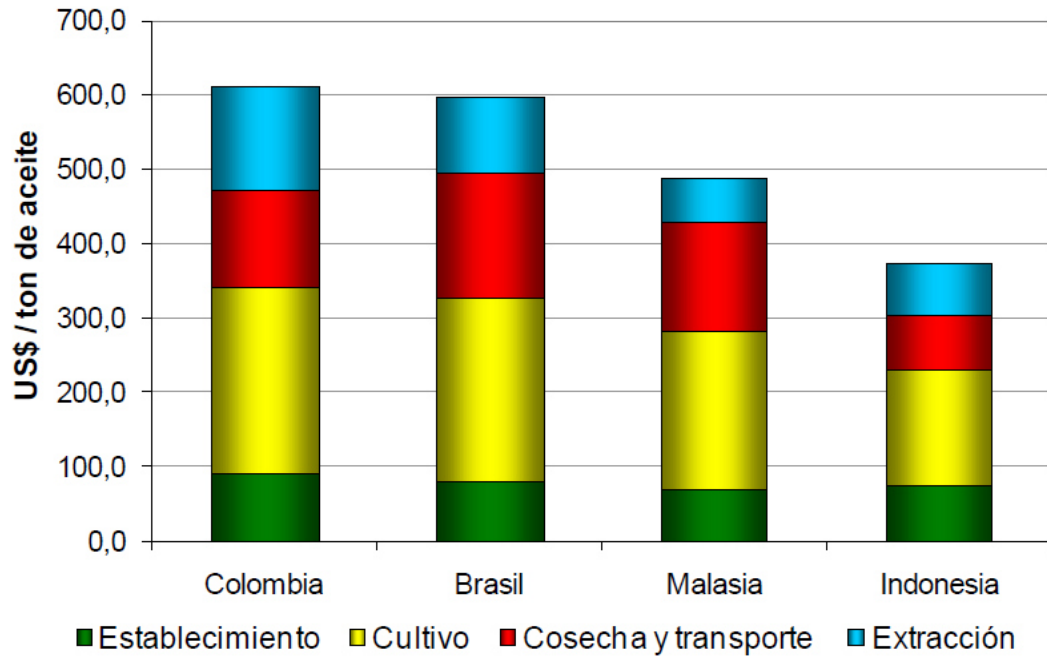
En la extracción del aceite de la palma africana, el primer paso es recolección de fruto, enseguida se hace un control de calidad al 10% de los frutos para ver cuáles están en buen estado y en descomposición. Después de esto son llevados por medio de una góndola a la planta. Lo siguiente es un a esterilización al fruto, se pasa por vapor de 45 psi para soltar el aceite del fruto y luego es prensa dándonos un rendimiento del 60% teniendo un costo de extracción como presenta en la Tabla. (32).

Tabla 32. Costo de extracción del aceite de la palma africana.

Método de Extracción	Costos de extracción
Prensado	0.031€/kg

A mediados del año 2005 y 2006 para la extracción de aceite de palma por prensado obtuvieron costos de 54 US/tonen Colombia y en México alrededor de los 78 US/ton. De acuerdo a la federación de palma reporto en el año 2008 que los costos en la planta solamente entre gastos de maquinaria, mano de obra y energía el proceso de extracción esta alrededor de los 109US para la producción de una tonelada de aceite de la palma africana donde se observa que los costos son los más elevados en el país en comparación con Malasia que genera costos de 56 US por tonelada de palma cultivada como se ve en la Gráfica. (25)[72],[73].

Gráfica 25.Costo del proceso de palma africana en Colombia, Brasil, Malasia, Indonesia[74].



Este proceso de extracción en este momento para la palma africana resulta ser más costoso que para la microalga porque los procesos de obtención de aceite se hacen en maquinarias que generan mucho gasto energético y de personal a cargo para extraer la materia lípida del fruto; mientras que para la microalga por medio de solventes se extrae el mayor rendimiento de sustancia lípida y en costos muy bajos [69],[74].

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos propuestos se dan como conclusiones al finalizar este trabajo que para "*la selección de la microalga que cumple con las condiciones en el proceso de la producción del biocombustible en Barranquilla*" es la *chorella vulgaris* ya que esta puede:

1. Adaptarse a las condiciones climatológicas de la ciudad.
2. Aporta los perfiles de ácidos grasos necesarios para la producción del biodiesel.
3. Tasas de crecimiento muy rápidas.

En lo concerniente a la parte de "*la simulación de la producción de biodiesel acorde al proceso de transesterificación*" para obtener biodiesel es primordial:

1. La utilización y manipulación a temperatura de 337,65 K para obtener las más altas concentraciones de estos compuestos en el proceso de transesterificación.
2. La velocidad de biodiesel es muy rápida más o menos tantos segundos partiendo de reactivos en la proporción estequiométrica.

Por medio de una breve comparación de los resultados obtenidos con investigaciones hechas sobre las microalgas, los componentes de los perfiles ácidos de esta para "*la producción de biodiesel resulta factible*" por lo que emplear los fotobioreactores para la aceleración del crecimiento de la microalga *chorella vulgaris* es un motivo para la:

1. Disminución en los costos de mantenimiento para la fabricación del aceite.
2. El uso de la microalga en estos sistemas cerrados se obtienen resultados a corto plazo debido a que su crecimiento es ascendente en comparación con la palma africana que se utiliza en el país para los biocombustibles.

3. La reutilización de la materia seca para generar nuevamente el aceite de la microalga.
4. Los costos en la extracción del aceite de la microalga resultan ser muy bajos que los de la palma africana por que a medida que se extraiga el contenido lípido estos amortiguan el gasto de la extracción.

Al abordar la investigación sobre la caracterización de las microalgas para la producción de Biodiesel a través de medios químicos permite deducir que mediante este estudio la identificación de la especie más apropiada en la ciudad de Barranquilla es la *chorella vulgaris* en las que sus propiedades brindan una alternativa en la elaboración del biodiesel en la ciudad. Por lo que en la producción de biocombustibles por medio de estas nuevas tecnologías trae como resultado la reducción del impacto ambiental a causa del dióxido de carbono y el excesivo consumo energético en las industrias.

5.2 RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.

A continuación se plantearán unas sugerencias dirigidas a la comunidad interesada involucrada a futuras investigaciones que tenga que ver con las microalgas marinas:

1. Realización experimental del proceso de transesterificación y comparación de los datos obtenidos en la simulación para tener exacto porcentaje de error con la investigación realizada.
2. Estudio cromatográfico de la microalga *chorella vulgaris* para el análisis de los perfiles ácido graso con fines del uso energético (Biodiesel).
3. Creación de nuevos sistemas para el crecimiento proporcional de la cepa diferente a los sistemas abiertos (raceway) y el sistema cerrado de fotobioreactor (tubular).
4. Producción de biodiesel a través de procesos diferentes al de transesterificación.
5. Implementación en la elaboración de biocombustible con diferentes tipos de catalizadores para determinar su comportamiento durante la reacción.

6. Realización un balance económico de los factores que influyen en el desarrollo de materias energéticas (aceite de palma y la microalga) para la producción del biodiesel.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Erica Hidalgo Lopez. El mundo, economía & negocios. (citado: 15 septiembre 2013) [en línea]. <http://www.elmundo.com.ve/noticias/economia/energia/en-2040-el-carbon-seguira-como-segundo-combustible.aspx>
- [2] John Ramiro Agudelo Santamaría, Luis Alberto Ríos. Pedro Nel Benjumea Hernández, Biodiesel: Producción, calidad y caracterización. Colombia, pp. 15-17, 2009. ISBN 978-958-714-347-8.
- [3] A. Richmond, "Algal Nutrition. In: Handbook on microalgal culture, biotechnology and applied phycology," *blackWellSci*, vol. 1, pp. 97-115, 2004.
- [4] C., Marciniak, J., Villaverde, S., García-Encina, P.A., Muñoz, R. González, "Microalgae based processes for the biodegradation of pretreated piggery wastewaters," *Appl Microbiol Biotechnol*, vol. 80, no. 5, pp. 891-898, 2008.
- [5] Tzovenis y col, Optimization of T-ISO biomass rich in essential fatty acids: I. Effects of different light regimes on growth and biomass production., 2000-2003, pp.203-222.
- [6] Luong-van T, Lambrinidis G, Parry, D. Renaud S, "Effect of temperature on growth, chemical composition and fatty acid composition of tropical Australian microalgae grown in batch cultures.," *Aquaculture*, pp. 195-214, 2002.
- [7] H. C., Laurens, M. L., Shields, R. J., Lovitt, R. W. y Flynn, K. J. reenwell, "Placing microalgae on the biofuels priority list," *the technological challenges.J. Roy. Soc.*, vol. 10, pp. 703-726, 2009.
- [8] Hussain, M. Z., Prasad, S. y Banerjee, U. C. Khan, "Prospects of biodiesel production from microalgae in India.," *Energy*, vol. 13, no. 9, pp. 2361-2372, 2009.
- [9] Chisti Y, "Biodiesel from microalgae," *Biotechnol Advances*, vol. 25, no. 3, pp. 294-306, 2007.
- [10] T, Caetano, N. y Martins, A. Mata, "Microalgae for biodiesel production and other applications," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, no. 1, pp. 217-232, 2010.
- [11] Maribel M. Loera, Las microalgas oleaginosas como fuente de biodiesel: retos y oportunidades, (citado: 25 de noviembre 2013)[en línea],http://www3.inacol.edu.mx/relbaa/images/docs/loera_olguin_2010_revlatinoam_biotecnolambalgal_v1n1.pdf.
- [12] Intelligent energy Europe, Tecnología para Todos. (citado : 25 noviembre 2013) [en línea]. <http://www.tecnologiaparatodos.com.ar/bajar/algas1-2008.pdf>
- [13] Gao, Yihe, Gregor, Chapin, Liang, Yuanjie, Tang, Dawei, Tweed. Caitlin (2009) Algae

- biodiesel a feasibility report. Chemistry Central Journal.
- [14] CEDES. Consejo Empresarial Salvadoreño para el Desarrollo Sostenible. [en línea]. <http://www.cedes.org.sv/index.php/publicaciones/category/9-modulos-de-cultivos-para-biodiesel.html?download=15%3Apalma-africana>
- [15] Fidel., Minelli, Flamini., Le du, helene. Mingorance. (2004) raulzelik. [en línea]. http://www.raulzelik.net/images/rzt_extarchiv/uniseminare/Pal_ma_africana_Choco.pdf
- [16] Alfredo Sandoval Esquives. (2011) Instituto Nacional de Investigaciones Forestales ,Agrícolas y Pecuarias. [en línea]. http://www.inifap.gob.mx/Documents/inicio/paquetes/palma_aceite_establecimiento.pdf.
- [17] Lerche W., "Untersuchungen über Entwicklung Fortpflanzung und in der Gattung Dunaliella.," Arch f Protistenkd, vol. 88, pp. 236-268, 1937.
- [18] Weis U, Weiss C, Kugel H, Treffny B. Gimmler H, "An alga with a positive membrane potential," New Phytol, vol. 113, pp. 175–184, 1989.
- [19] J.R Goldman, "Fuels from solar energy photosynthetic systems—state of the art and potential for energy production.," Report, U.S. Dept. of Energy, pp. 4141-4241, 1979.
- [20] Aquatic Biosystems. [en línea]. <http://www.aquaticbiosystems.org/content/1/1/2/figure/F1?highres=y>
- [21] Metzger P, Largeau C, Van Bergen P. F., Gatellier J. P., Damste J. S. S., De Leeuw J. W. and Berkaloff C. Derenne S., "Similar morphological and chemical variations of in Ordovician sediments and cultured Botryococcus braunii a response to changes in salinity.," Organic geochemistry Oxfordetc, vol. 19, pp. 299-313, 1992.
- [22] The Japanese Fresh-water Algae. [en línea]. http://protist.i.hosei.ac.jp/pdb/images/Chlorophyta/Botryococcus/braunii/sp_14.html
- [23] Qin JG Li Y, "Comparison of growth and lipid content in three Botryococcus braunii strains. ," J Appl Phycol, vol. 17, pp. 551–556, 2005.
- [24] Wu H, Zong MH. Zhang W, "Study on microbial oil production with Chlorella pyrenoidosa," Microbiology/WeishengwuxueTongbao, vol. 78, pp. 855–860, 2008.
- [25] LiX, Xiang J, WuQ XiongW, "High density fermentation of microalga Chlorella protothecoides in bioreactor for micro biodiesel production," Appl Microbiol Biotechnol, vol. 78, pp. 29–36, 2008.
- [26] Culture collection de autotrofos organismos. [en línea]. http://ccala.butbn.cas.cz/col_images/886.jpg
- [27] Falk S, Trick CG, Huner NPA Maxwell DP, "Growth at low temperature mimics high-light acclimation in Chlorella vulgaris. ," Plant Physiol, vol. 105, pp. 535–543, 1994.
- [28] Zelitch Israel, "photosynthesis, photorespiration and plant productivity," Academic

- press, vol. 177, no. 4050, pp. 348, 1971.
- [29] Coleccion de cultivos del centro de algologia. [en linea]. http://ccala.butbn.cas.cz/col_images/788.jpg
- [30] J. Bozell., R. Wallace., E. Petersen and L. Moens. Tyson K. S., "Biomass oil analysis: Research needs and recommendations," National Renewable Energy Laboratory., 2004.
- [31] Ö. Tokus, oğlu AND M.K. Ünal, "Biomass Nutrient Profiles of Three Microalgae: *Spirulina platensis*, *Chlorella vulgaris*, and *Isochrysis galbana*," Journal of food science, vol. 68, no. 4, pp. 1144-1148, 2003.
- [32] Miao XL, Wu QY. Xu H, "High quality biodiesel production from a microalga *Chlorella protothecoides* by heterotrophic growth in fermenters.," J Biotechnol, vol. 126, pp. 499–507, 2006.
- [33] Thomas. B Saraf. F, "Influence of Feedstock and Process Chemistry on Biodiesel Quality.," Process Safety and Environmental Protection., vol. 85, no. 5, pp. 360-364, 2007.
- [34] D. Y. C., Wu, X., Leung, M. K. H., Leung, "A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. ," Applied Energy., vol. 87, no. 4, pp. 1083-1095, 2010.
- [35] D. VidyaSagar, S.N. Naik, L.C. Meher, "Technical aspects of biodiesel production by transesterification," Renewable and Sustainable Energy , vol. 10, pp. 248–268, 2006.
- [36] Pedagogico Universal, 7th ed.: Prolibros, pp . 717 ,1999, ISBN 958-9120-45-5.
- [37] Feng Chen b,c, Dong Wei c, XueWu Zhang c, Gu Chen GuanHua Huang a, "Biodiesel production by microalgal biotechnology," Applied Energy, vol. 87, pp. 38–46, 2010.
- [38] Fudoka,h, kondo.a.,noda h 2001 Biodiesel fuel produccion by transesterification of oils.j biosci bioeng 92(5)pag 405-416.
- [39] Peter. De Paula, julio. Atkins, Química física, 8th ed., ISBN 978-84-9969-124-4., Ed.: Panamericana, 2006.
- [40] Du W, Liu D, Zeng J. Xu Y, "A novel enzymatic route for biodiesel production from renewable oils in a solvent-free medium.," Biotechnol Lett, vol. 25, pp. 1239–1241, 2003.
- [41] András Erdôhelyi László Guzzi, "Catálisis for alternative energy generation.," Springer, pp. 241 -242, Abril 2012.
- [42] Royal Society of Chemistry. [en linea]. <http://www.chemspider.com/>
- [43] A. Garzón, L.Gonzalez, A. Guzmán, A. Kafarov, V. Moreno. Núñez, V. Plata, G. Velásquez Barajas, Bioprospección de microalgas colombianas para la producción de biodiesel, ISBN 9789588536144, pp. 44, Ed. Bogota, 2010.

- [44] JR. Charles G. Hill, An introduction to chemical engineering kinetics & reactor design,.New York: Jhon Wiley & Sons, 1997 .ISBN 0471396095.
- [45] Reinhardt Acuña Torres. (2011, Mayo) Biotecnología Práctica. . (citado : 21 marzo 2014) [en línea]. <http://bioreactorcrc.wordpress.com/2011/05/06/diseo-de-foto-bioreactores-para-el-cultivo-micro-algas-oleaginosas-parte-1-teora-y-generalidades/>.
- [46] Eliseo Avella Moreno, "Biocombustibles, Promisión o Falacia," Revista de Fisica, No 44, Junio 2012, no. 44, pp. 35-48, 2012.
- [47] Michael A. Boles Yunus A.Cengel, Termodinámica, ed.: Mc GRAW-HILL , ISBN 69789701072868174.
- [48] Yunus A.Cengel, Transferencia de calor, ed.: Mc GRAW-HILL, ISBN29701044843680.
- [49] Adrián. Bula, Antonio y Sanjuán, Homero. Ávila, "Cinética de la transesterificación de la oleína de palma africana con etanol.," Interciencia, vol. 33, no. 3, pp. 232-236, 2008.
- [50] Juan Correa ,Karen Villamizar "Modelamiento de la cinetica de la transesterificacion en fase homogenea del aceite de microalga"Universidad Industrial de Santander 2011.
- [51] Republica de Colombia, Constitucion politica de Colombia, 1991, Capitulo 3. Art 80.
- [52] ASTM. American Society for Testing and Materials. (citado:22 octubre 2012) [en línea]. http://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPJF09/nelson_spjf09.html
- [53] European Committee for Standarization. (citado : 22 Octubre 2012) [en línea]. <http://www.biofueltesting.com/specifications.asp>
- [54] Circulo de Lectores, Gran Enciclopedia Ilustrada Circulo, vol. 2. pp. 505,1993, ISBN958-28-0591-9.
- [55] Raúl Gasparini, María Elena Rodríguez, Guillermo José Huarte ,José Estrada ,Ernani Filgueiras José Guillermo León. Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura. (2012) [en línea]. http://www.iica.int/Esp/regiones/sur/argentina/Documents/2012/Publicaciones/Manual_Biocombustibles_ARPEL_IICA.pdf.
- [56] CEPAL. Comision Economica para America Latina y el Caribe. (citado : 29 marzo 2011) [en línea]. <http://www.eclac.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/prensa/noticias/comunicados/8/42938/P42938.xml&xsl=/prensa/tpl-i/p6f.xsl&base=/tpl-i/top-bottom.xsl>
- [57] Hassan Basari, Nor Ashikeen Mukti, Razali Sabuddin, A. Razak Muda, Suhaina Sulaiman, Yasmin Anum Mohd Yusof, "Fatty acids composition of microalgae *Chlorella vulgaris* can be modulated by varying carbon dioxide concentration in outdoor culture," African Journal of Biotechnology, vol. 10, no. 62, pp. 13536-13542,

Octubre 2011.

- [58] Xavier elias castells, *Biomasa y bioenergía: energía, agua, medioambiente territorialidad y sostenibilidad, combustible a partir de biomasa*, 2012, pp.782-798. ISBN 978-84-9969-124-4.
- [59] Webacademia *Botryococcus braunii*, "Entorno de crecimiento óptimo, Floraciones tóxicas y la competencia", Aplicaciones biofuel de aceites *Botryococcus*, Óleos, Investigación, Cepas potencialmente útiles. (Citado: 21 de marzo 2014), de http://centrodeartigos.com/articulos-utiles/article_104570.html
- [60] Ana S .Cifuentes, Mariela González, Oscar Parra, y miguel Zúñiga ."Cultivo de cepas de *Dunaliella salina* en diferentes medios bajo condiciones de laboratorio". Revista chilena de historia natural. Vol. (69) pag.105-112.(citado :28de marzo 2014)[en línea]. http://rchn.biologiachile.cl/pdfs/1996/1/Cifuentes_et_al_1996.pdf
- [61] Tredici, M. (2004). Mass Production of Microalgae: Photobioreactors. En Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology Blackwell Science page. 178-215.
- [62] Cubas, Paloma. (2008) Chlorophyta (algas verdes). (Citado: 21 de marzo 2014), [en línea] de http://www.aulados.net/Botanica/Curso_Botanica/Algas_verdes/9_Chlorophyta_texto.pdf
- [63] Algas verdes o Clorófitas.. (Citado: 21 de marzo 2014) de <http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,365,m,2624&r=ReP-27395>
DETALLE_REPORTAJESPADRE
- [64] Riveros González, Roger Dennis. (2010) "Cultivo de *Chlorella vulgaris* sobre residuales industriales". Una alternativa responsable y útil,(Citado : 21 de marzo 2014, [en línea] <http://revistas.mes.edu.cu/greenstone/collect/repo/import/repo/20100401/978959161164203148.pdf>
- [65] Zhu D Nouredini H, "Kinetics of transesterification of soybean oil," Oil Chemistry Society, vol. 74, pp. 1457-1463, 1997.
- [66] Pryde E, Mounts T Freedman B, "Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetable oils," Chemistry Society, vol. 61, pp. 1638-1643, 1984.
- [67] Ministerio de Minas de Colombia. Boletín informativo No 88. Mayo 2013 Federación de biocombustible de Colombia. (citado : 14 marzo 2014) [en línea]. <http://www.fedebiocombustibles.com/v3/>
- [68] SaiGu Jasvinder Singh, "Commercialization potential of microalgae for biofuels production Renewable and Sustainable," Energy Reviews, vol. 14, pp. 2596–2610, 2010.

- [69] Monthieu, Chloé. (Junio, 2010) Estudio técnico económico de la extracción de los lípidos de las microalgas para la producción de biodiesel. Consulta del 14 marzo, 2014, de <http://www.iit.upcomillas.es/pfc/resumenes/4c2200f964f8e.pdf>.
- [70] Acién F.G., Fernández J.M., Magán J.J., González A, Molina E. “Evaluación global de la producción de biocombustibles con microalgas: Establecimiento de capacidades, limitaciones y factores determinantes de la viabilidad del proceso Latinoam Biotecnol Amb Algal vol.3 (1)2012. Pag. 40-58.
- [71] Guoron, Antonio, Cultivo de Palma Africana 2011 (consulta: 23 de marzo 2014) [en línea],<http://cultivodepalmaafricana.blogspot.com/2011/11/costo-de-produccion.html>
- [72] Mauricio Mosquera Montoya; Paloma Bernal Hernández; Álvaro Silva Carreño “Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena de oleaginosas, grasas y aceites en Colombia con énfasis en oleína roja” universidad nacional de Colombia Bogotá D.C, 2009 (consulta: 23 de marzo 2014) [en línea]www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2009424103533_OLEINA.pdf
- [73] Miguel Ángel Ramírez "Cultivo para la producción sostenible de biocombustibles: Una alternativa para la generación de empleos e ingresos"2008. Módulo IV (consulta: 23 de marzo 2014) [en línea]<http://www.snvworld.org/es/publications/cultivos-para-la-produccion-sostenible-de-biocombustibles-una-alternativa-para-la>.
- [74] Gabriel Martínez Peláez.Fedepalma,“La agroindustria de la palma de aceite: un negocio sostenible e inclusivo”Fedepalma, APE y Universidad de la Sabana Panorama de la agroindustria palmera-retos y oportunidades .Bogotá, 5 de octubre de 2013. (consulta: 23 de marzo 2014) [en línea] <http://www.indepaz.org.co/blogs/palma/wpcontent/uploads/2012/09/INFORMEFINAL-ESTUDIO-DE-ALIANZAS-DE-PALMA-AFRICANA-A-NIVEL-NACIONAL.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Propiedades físicas para el ácido sulfúrico.

PROPIEDADES	VALOR
Peso Molecular (g/mol)	98,08
Estado Físico	Líquido
Punto de Ebullición (°C) (760mmHg)	290; 100 % 310-335; 98 %
Punto de Fusión (°C)	10,4-10,5; 100 % 3; 98 % -64; 65 %
Presión de Vapor (mmHg)	<0,001; 20 °C 1; 146 °C
Gravedad Especifica (Agua = 1)	1,841; 100 %

Anexo 2. Propiedades físicas para el ácido clorhídrico.

PROPIEDADES	VALOR
Peso Molecular (g/mol)	36,46
Estado Físico	Líquido
Punto de Ebullición (°C) (760mmHg)	-84,9; anhidro 53; solución acuosa 37 %
Punto de Fusión (°C)	-114,8; anhidro -74; solución acuosa 37 %

Anexo 3. Propiedades físicas para el hidróxido de potasio.

Estado Físico	Líquido
Apariencia	Clara
Color	Incoloro
Olor	Inodoro
Punto de Ebullición	102-143 °C (216-289 °F)
Punto de congelación	-89 a 4 °C (-128 a 39 °F)
Presión de Vapor	No disponible
Densidad del Vapor	No disponible
Gravedad Especifica (Agua=1)	1,09-1,52 @ 15,6 °C
Densidad	9,09-12,67Lbs/gal @ 15,6 °C
Solubilidad en agua	100 %
PH	12-14
Volatilidad	No disponible
Umbral de Olor	No disponible
Velocidad de evaporación	No disponible
Coefficiente de Distribución en Agua/Aceite	No disponible

Anexo 4. Propiedades físicas para el óxido de magnesio.

<p>ESTADO FISICO: ASPECTO Polvo blanco, muy fino, higroscópico.</p> <p>PELIGROS FISICOS</p> <p>PELIGROS QUIMICO Reacción vigorosamente con ácidos fuertes.</p> <p>LIMITE DE EXPOSICION TLV (como TWA): $10\text{mg}/\text{m}^3$ (Fracción inhalable). A4 (ACGHI 2010). MAK: $4\text{mg}/\text{m}^3$ (Fracción inhalable). $1,5\text{mg}/\text{m}^3$ (Fracción respirable). Riesgo para el embarazo: grupo C MAK: (humo MgO) 11b (No estable pero hay datos disponibles) (DFG2009)</p>	<p>VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol o humo</p> <p>RIESGOS DE INHALACION Se puede alcanzar rápidamente una concentración molesta de partículas en el aire cuando es dispersión.</p> <p>EFECTO DE EXPOSICION DE CORTADURACION Puede causar irritación mecánica.</p> <p>EFECTO DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA Los pulmones pueden resultar afectados por la exposición Prolongada o repetida a las partículas de polvo.</p>
<p>Punto de ebullición :3600° C Punto de fusión: 2800° C</p>	<p>Densidad relación (agua =1) 3,6 Solubilidad en agua: escasa</p>

Anexo 5. Propiedades físicas para el hidróxido de calcio.

<p>ESTADO FISICO: ASPECTO Polvo blanco, muy fino, higroscópico.</p> <p>PELIGROS FISICOS</p> <p>PELIGROS QUIMICO Reacciona violentamente con ácidos fuertes, agua, trifluoruro de cloro o trifluoruro de boro; reacciona con agua generando el calor suficiente para encender materiales</p> <p>LIMITE DE EXPOSICION TLV: $2\text{mg}/\text{m}^3$ (ACGHI 1990 -1991).</p>	<p>VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación y por ingestión.</p> <p>RIESGOS DE INHALACION La evaporación a 20 ° c es depreciable, sin embargo se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire por dispersión.</p> <p>EFECTO DE EXPOSICION DE CORTADURACION La sustancia es corrosiva de los ojos, piel y tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión. La inhalación de puede originar edema pulmonar (véanse notas). Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica.</p> <p>EFECTO DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis, ulceración y perforación del tabique nasal.</p>
<p>Punto de ebullición : a 101,325 kPa: 2850 ° C Punto de fusión: 2570 ° C</p>	<p>Densidad relación (agua =1) 3,3-3,4 Solubilidad en agua: reacciona formando hidróxido de calcio</p>

Anexo 6. Propiedades físicas para el hidróxido de sodio.

PROPIEDADES FÍSICAS	
Umbral de Olor	Inodoro
Punto de Inflamación	No Combustible
Densidad de Vapor	2,1 (aire =1)
Presión de Vapor	0 mm Hg a 68 °F (20 °C)
Densidad Relativa	2,1 (agua =1)
Solubilidad en Agua	Soluble
Punto de Ebullición	2534 °F (1390 °C)
Punto de Fusión	604 °F (318 °C)
Peso Molecular	40

Anexo 7. Propiedades físicas para el óxido de aluminio.

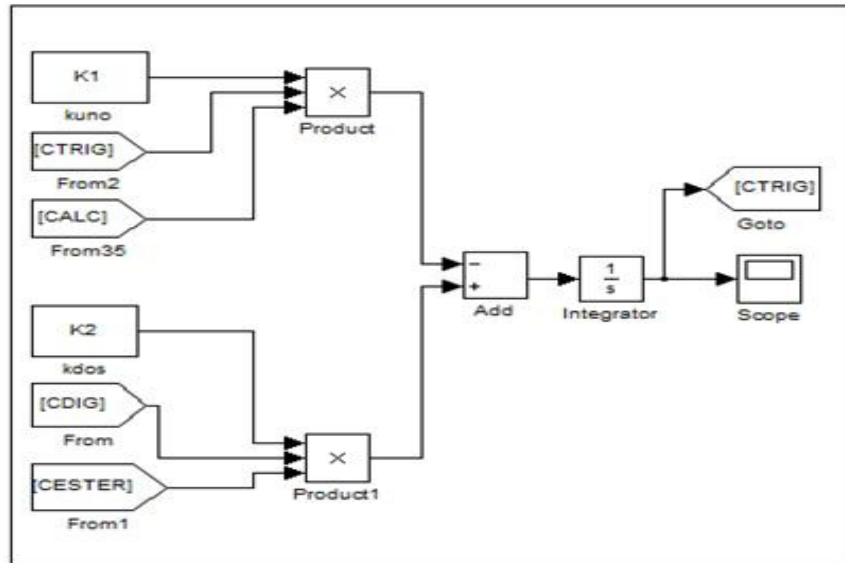
PROPIEDADES FÍSICAS	
Umbral de Olor	Inodoro
Punto de Inflamación	No Combustible
Presión de Vapor	0 mm Hg a 68 °F (20 °C)
Densidad Relativa	4 (agua =1)
Solubilidad en Agua	Insoluble
Punto de Ebullición	5396 °F (2980 °C)
Punto de Fusión	3632 °F (2030 °C)
Peso Molecular	101,9

Anexo 8. Parámetros de los componentes en la transesterificación.

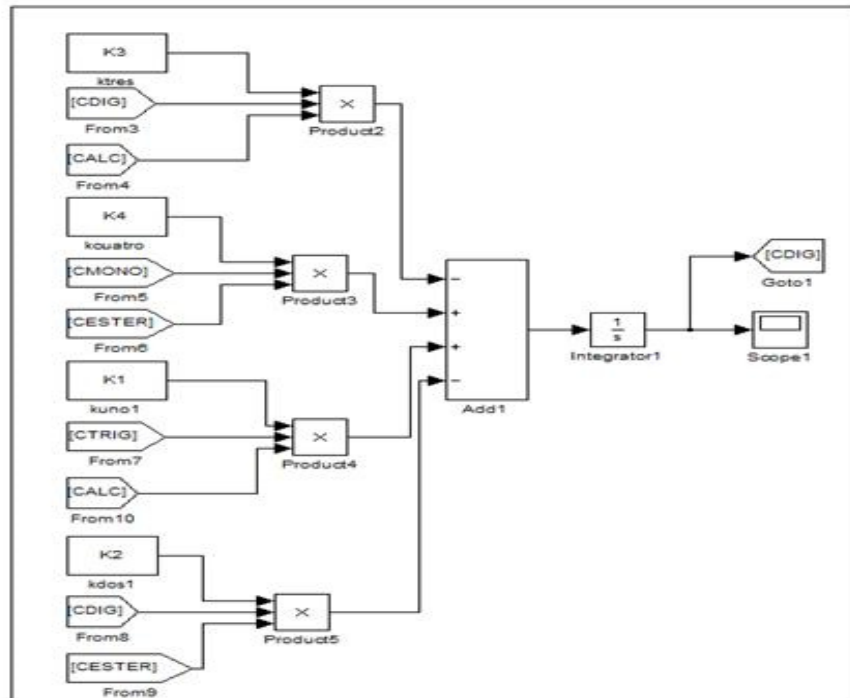
Parámetro	Valor	Unidades
F aceite(t)	3.531	ft3
F mezcla(t)	0.706	ft3
ρ aceite de microalga	53.937758	lb/ft3
ρ metanol	49.3	lb/ft3
ρ hidroxido de sodio	132.97	lb/ft3
ρ biodiesel standard	56.185165	lb/ft3
ρ glicerina	79.7 kg/l	lb/ft3
Cp1 aceite	0.410	Btu/lbm °F
Cp2 metanol	0.604	Btu/lbm °F
Cp2 hidróxido de sodio	0.018	Btu/lbm °F
Cp2 biodiesel	0.21	Btu/lbm °F
Cp2 agua	0.003	Btu/lbm °F
ΔH_r^*n	-1029.98	BTU / lbmole
T aceite	140	°F
T mezcla	82.4	°F
UA	270.59	W/°F
Ma	73.2	lb/min
Q	242.31	BTU
T Ent agua	50	°F
T Sal agua	77	°F
C _o TRIG	0.844	mol /litros
C _o ALC	2.533	mol /litros

Fuente: Elaboración propia a partir de información secundaria

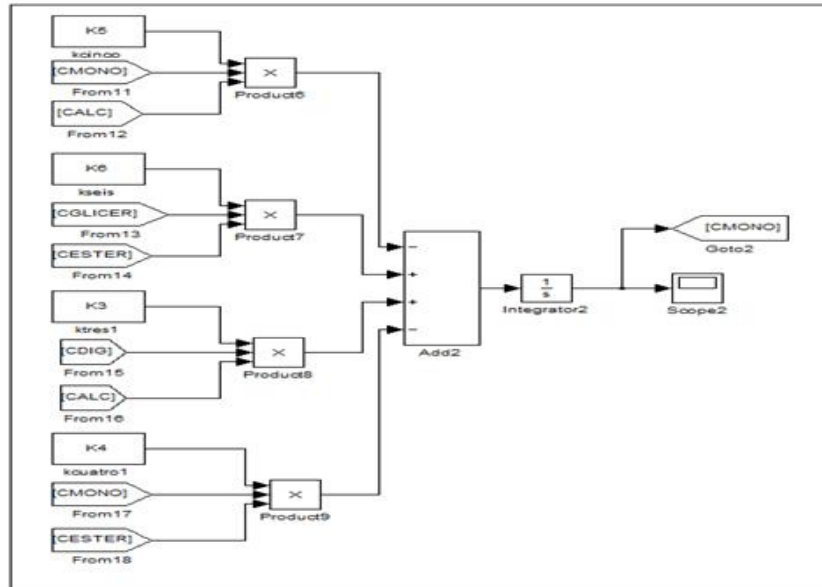
Anexo 9. Diagrama de concentración de triglicéridos.



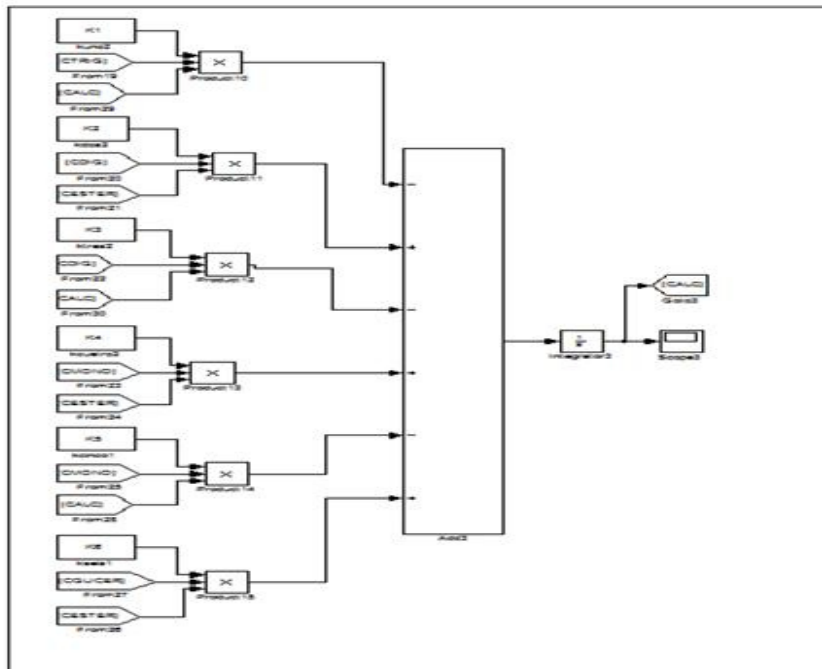
Anexo 10. Diagrama de concentración de diglicéridos.



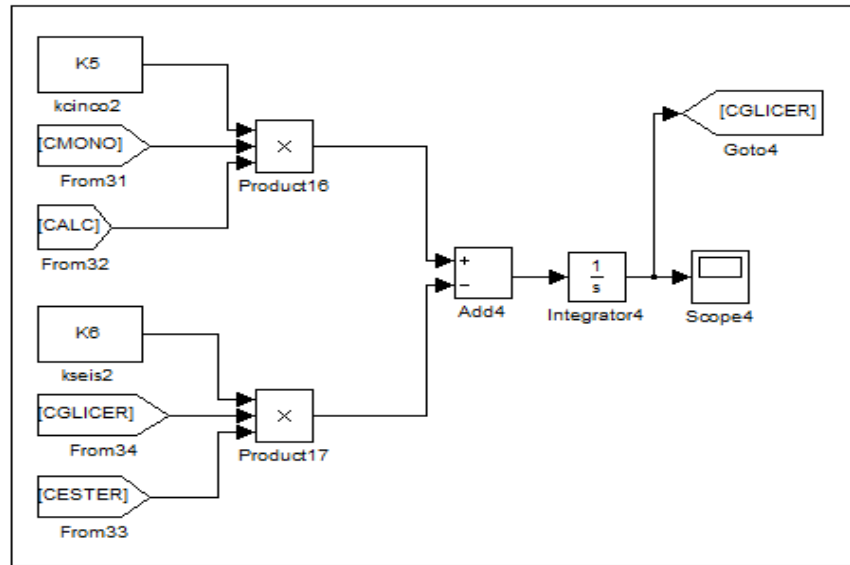
Anexo 11. Diagrama de concentración de monoglicéridos.



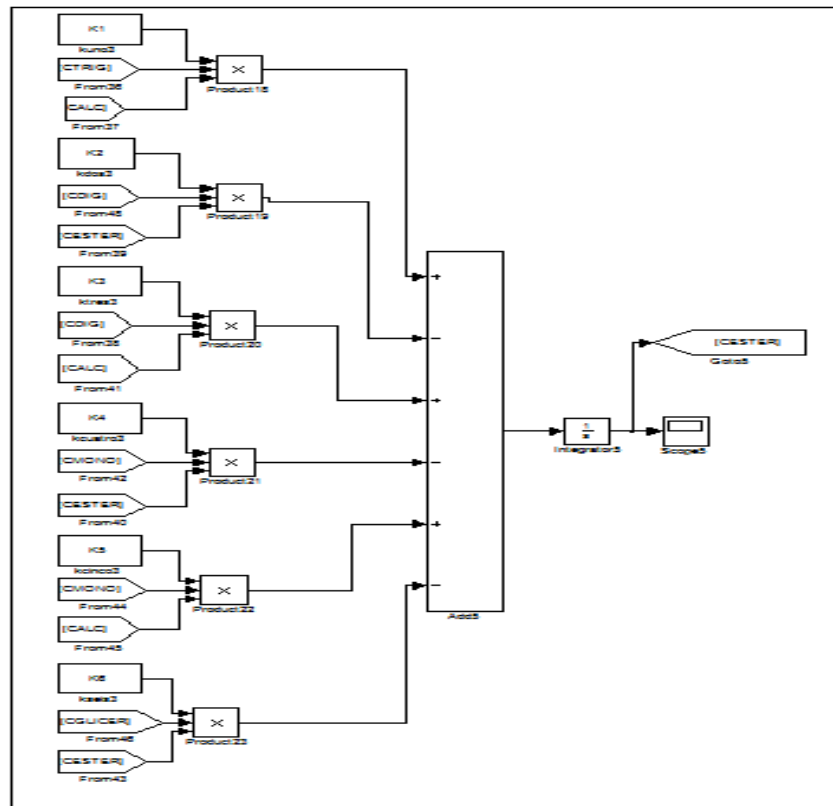
Anexo 12. Diagrama de concentración de alcohol.



Anexo 13. Diagrama de concentración de glicerina.



Anexo 14. Diagrama de concentración de biodiesel.



Anexo 15. Comportamiento de concentraciones a temperaturas de 323 K.

Tiempo (seg)	Triglicéridos (mol/litros)	Diglicéridos (mol/litros)	Monoglicéridos (mol/litros)	Alcohol (mol/litros)	Glicerina (mol/litros)	Ester (mol/litros)
0,0	0,844	0	0	2,533	0	0
0,0	0,84380	0,00020	9,75E-08	2,53280	4,00E-11	0,00020
0,1	0,84280	0,00120	3,49E-06	2,53179	8,62E-09	0,00121
0,4	0,83781	0,00610	0,00009	2,52671	1,17E-06	0,00629
2	0,81405	0,02777	0,00204	2,50074	0,00013	0,03226
5	0,78154	0,05210	0,00891	2,45873	0,00145	0,07427
8	0,75967	0,06256	0,01707	2,42220	0,00470	0,11080
11	0,74426	0,06308	0,02548	2,38543	0,01118	0,14757
15	0,73496	0,05698	0,03132	2,35114	0,02075	0,18186
20	0,72848	0,04925	0,03386	2,31879	0,03241	0,21421
25	0,72146	0,04121	0,03354	2,28134	0,04779	0,25166
31	0,71437	0,03528	0,03116	2,24581	0,06320	0,28719
36	0,70836	0,03152	0,02857	2,21770	0,07554	0,31530
42	0,70236	0,02858	0,02591	2,19117	0,08714	0,34183
47	0,69638	0,02619	0,02340	2,16591	0,09804	0,36709
53	0,69052	0,02422	0,02116	2,14216	0,10810	0,39084
59	0,68488	0,02259	0,01926	2,12010	0,11726	0,41290
65	0,67955	0,02124	0,01767	2,09979	0,12555	0,43321
71	0,67454	0,02010	0,01636	2,08118	0,13300	0,45182
77	0,66985	0,01913	0,01527	2,06410	0,13974	0,46890
83	0,66546	0,01830	0,01436	2,04833	0,14588	0,48467
88	0,66132	0,01757	0,01359	2,03367	0,15153	0,49933
94	0,65740	0,01692	0,01292	2,01996	0,15676	0,51304
99	0,65369	0,01634	0,01234	2,00710	0,16162	0,52590
105	0,65017	0,01582	0,01184	1,99501	0,16616	0,53799
110	0,64683	0,01536	0,01139	1,98360	0,17042	0,54940
115	0,64365	0,01493	0,01099	1,97279	0,17443	0,56021
120	0,64060	0,01454	0,01063	1,96249	0,17823	0,57051
125	0,63767	0,01418	0,01031	1,95267	0,18185	0,58033
130	0,63487	0,01384	0,01001	1,94330	0,18528	0,58970
135	0,63218	0,01353	0,00974	1,93434	0,18855	0,59866
140	0,62959	0,01324	0,00949	1,92575	0,19168	0,60725
145	0,62710	0,01297	0,00926	1,91749	0,19467	0,61551
150	0,62468	0,01272	0,00904	1,90952	0,19756	0,62348
155	0,62235	0,01248	0,00884	1,90184	0,20033	0,63116
159	0,62009	0,01225	0,00866	1,89444	0,20300	0,63856

164	0,61791	0,01204	0,00848	1,88730	0,20556	0,64570
169	0,61579	0,01184	0,00832	1,88038	0,20805	0,65262
173	0,61374	0,01165	0,00816	1,87367	0,21045	0,65933
178	0,61173	0,01147	0,00802	1,86716	0,21278	0,66584
182	0,60979	0,01129	0,00788	1,86084	0,21503	0,67216
187	0,60790	0,01113	0,00775	1,85472	0,21722	0,67828
191	0,60606	0,01097	0,00763	1,84876	0,21934	0,68424
196	0,60427	0,01082	0,00751	1,84296	0,22140	0,69004
200	0,60251	0,01068	0,00740	1,83729	0,22341	0,69571
204	0,60080	0,01054	0,00729	1,83178	0,22537	0,70122
209	0,59914	0,01040	0,00719	1,82641	0,22727	0,70659
213	0,59751	0,01028	0,00709	1,82118	0,22912	0,71182
217	0,59592	0,01015	0,00700	1,81606	0,23093	0,71694
221	0,59436	0,01003	0,00691	1,81105	0,23270	0,72195
226	0,59283	0,00992	0,00682	1,80615	0,23443	0,72685
230	0,59134	0,00981	0,00674	1,80137	0,23612	0,73163
234	0,58988	0,00970	0,00666	1,79670	0,23776	0,73630
238	0,58845	0,00960	0,00658	1,79212	0,23937	0,74088
242	0,58704	0,00950	0,00651	1,78763	0,24095	0,74537
246	0,58566	0,00940	0,00644	1,78322	0,24250	0,74978
250	0,58431	0,00931	0,00637	1,77891	0,24402	0,75409
254	0,58298	0,00922	0,00630	1,77469	0,24550	0,75831
258	0,58168	0,00913	0,00624	1,77055	0,24695	0,76245
263	0,58040	0,00905	0,00618	1,76648	0,24837	0,76652
267	0,57914	0,00896	0,00612	1,76248	0,24977	0,77052
271	0,57791	0,00888	0,00606	1,75855	0,25115	0,77445
275	0,57669	0,00881	0,00600	1,75469	0,25250	0,77831
278	0,57550	0,00873	0,00595	1,75092	0,25382	0,78208
282	0,57433	0,00865	0,00590	1,74720	0,25512	0,78580
286	0,57317	0,00858	0,00585	1,74354	0,25640	0,78946
290	0,57203	0,00851	0,00580	1,73992	0,25766	0,79308
294	0,57091	0,00844	0,00575	1,73638	0,25889	0,79662
298	0,56981	0,00838	0,00570	1,73290	0,26011	0,80010
302	0,56873	0,00831	0,00566	1,72948	0,26130	0,80352
306	0,56767	0,00825	0,00561	1,72611	0,26247	0,80689
310	0,56661	0,00819	0,00557	1,72277	0,26363	0,81023
313	0,56557	0,00813	0,00553	1,71948	0,26478	0,81352
317	0,56455	0,00807	0,00549	1,71626	0,26590	0,81674
321	0,56354	0,00801	0,00545	1,71309	0,26700	0,81991
325	0,56255	0,00795	0,00541	1,70996	0,26809	0,82304

329	0,56157	0,00790	0,00537	1,70687	0,26916	0,82613
332	0,56060	0,00784	0,00533	1,70381	0,27023	0,82919
336	0,55964	0,00779	0,00530	1,70080	0,27127	0,83220
340	0,55870	0,00774	0,00526	1,69785	0,27230	0,83515
344	0,55778	0,00769	0,00523	1,69494	0,27331	0,83806
347	0,55686	0,00764	0,00520	1,69205	0,27431	0,84095
351	0,55595	0,00759	0,00516	1,68920	0,27530	0,84380
355	0,55506	0,00754	0,00513	1,68638	0,27627	0,84662
358	0,55417	0,00749	0,00510	1,68361	0,27723	0,84939
362	0,55331	0,00745	0,00507	1,68088	0,27818	0,85212
366	0,55245	0,00740	0,00504	1,67818	0,27911	0,85482
369	0,55159	0,00736	0,00501	1,67551	0,28004	0,85749
373	0,55075	0,00731	0,00498	1,67286	0,28095	0,86014
377	0,54992	0,00727	0,00496	1,67025	0,28186	0,86275
380	0,54910	0,00723	0,00493	1,66768	0,28274	0,86532
384	0,54829	0,00719	0,00490	1,66515	0,28362	0,86785
387	0,54749	0,00715	0,00488	1,66264	0,28449	0,87036
391	0,54669	0,00711	0,00485	1,66014	0,28535	0,87286
395	0,54590	0,00707	0,00483	1,65767	0,28620	0,87533
398	0,54513	0,00703	0,00480	1,65525	0,28704	0,87775
402	0,54437	0,00699	0,00478	1,65286	0,28786	0,88014
405	0,54361	0,00696	0,00475	1,65050	0,28868	0,88250
409	0,54286	0,00692	0,00473	1,64814	0,28949	0,88486
412	0,54211	0,00688	0,00471	1,64580	0,29030	0,88720
416	0,54137	0,00685	0,00469	1,64350	0,29109	0,88950
419	0,54065	0,00681	0,00466	1,64124	0,29187	0,89176
423	0,53994	0,00678	0,00464	1,63901	0,29264	0,89399
426	0,53922	0,00675	0,00462	1,63678	0,29341	0,89622
430	0,53851	0,00671	0,00460	1,63456	0,29418	0,89844
433	0,53781	0,00668	0,00458	1,63237	0,29493	0,90063
437	0,53712	0,00665	0,00456	1,63022	0,29567	0,90278
440	0,53644	0,00662	0,00454	1,62810	0,29640	0,90490
444	0,53577	0,00658	0,00452	1,62599	0,29713	0,90701
447	0,53509	0,00655	0,00450	1,62389	0,29785	0,90911
451	0,53442	0,00653	0,00448	1,62180	0,29857	0,91120
454	0,53376	0,00650	0,00447	1,61975	0,29927	0,91325
458	0,53312	0,00647	0,00445	1,61773	0,29997	0,91527
461	0,53248	0,00644	0,00443	1,61573	0,30066	0,91727
465	0,53184	0,00641	0,00441	1,61373	0,30134	0,91927
468	0,53119	0,00638	0,00440	1,61174	0,30203	0,92126

471	0,53056	0,00635	0,00438	1,60978	0,30270	0,92322
475	0,52994	0,00633	0,00436	1,60785	0,30337	0,92515
478	0,52934	0,00630	0,00435	1,60595	0,30402	0,92705
482	0,52873	0,00627	0,00433	1,60405	0,30467	0,92895
485	0,52811	0,00625	0,00432	1,60215	0,30532	0,93085
488	0,52751	0,00622	0,00430	1,60026	0,30597	0,93274
492	0,52691	0,00620	0,00428	1,59842	0,30661	0,93458
495	0,52633	0,00617	0,00427	1,59660	0,30723	0,93640
499	0,52575	0,00614	0,00426	1,59479	0,30785	0,93821
502	0,52517	0,00612	0,00424	1,59298	0,30847	0,94002
505	0,52459	0,00610	0,00423	1,59118	0,30909	0,94182
509	0,52401	0,00607	0,00421	1,58940	0,30970	0,94360
512	0,52345	0,00605	0,00420	1,58765	0,31030	0,94535
515	0,52290	0,00602	0,00418	1,58593	0,31089	0,94707
519	0,52235	0,00600	0,00417	1,58421	0,31148	0,94879
522	0,52179	0,00598	0,00416	1,58248	0,31208	0,95052
525	0,52123	0,00596	0,00414	1,58076	0,31266	0,95224
529	0,52069	0,00594	0,00413	1,57908	0,31324	0,95392
532	0,52016	0,00591	0,00412	1,57743	0,31381	0,95557
535	0,51963	0,00589	0,00411	1,57579	0,31437	0,95721
539	0,51910	0,00587	0,00409	1,57414	0,31494	0,95886
542	0,51857	0,00585	0,00408	1,57248	0,31550	0,96052
545	0,51804	0,00583	0,00407	1,57086	0,31606	0,96214
548	0,51753	0,00581	0,00406	1,56927	0,31660	0,96373
552	0,51703	0,00579	0,00405	1,56770	0,31714	0,96530
555	0,51652	0,00577	0,00404	1,56613	0,31768	0,96687
558	0,51601	0,00575	0,00402	1,56453	0,31822	0,96847
562	0,51550	0,00573	0,00401	1,56296	0,31876	0,97004
565	0,51500	0,00571	0,00400	1,56143	0,31929	0,97157
568	0,51452	0,00569	0,00399	1,55992	0,31980	0,97308
571	0,51403	0,00567	0,00398	1,55842	0,32032	0,97458
575	0,51354	0,00565	0,00397	1,55689	0,32084	0,97611
578	0,51305	0,00563	0,00396	1,55537	0,32136	0,97763
581	0,51257	0,00562	0,00395	1,55388	0,32187	0,97912
584	0,51210	0,00560	0,00394	1,55243	0,32237	0,98057
588	0,51164	0,00558	0,00393	1,55099	0,32286	0,98201
591	0,51117	0,00556	0,00392	1,54954	0,32336	0,98346
594	0,51069	0,00554	0,00391	1,54807	0,32386	0,98493
597	0,51022	0,00553	0,00390	1,54661	0,32435	0,98639
601	0,50977	0,00551	0,00389	1,54521	0,32484	0,98779

604	0,50932	0,00549	0,00388	1,54383	0,32531	0,98917
607	0,50888	0,00547	0,00387	1,54244	0,32578	0,99056
610	0,50842	0,00546	0,00386	1,54103	0,32626	0,99197
613	0,50796	0,00544	0,00385	1,53962	0,32675	0,99338
617	0,50752	0,00543	0,00384	1,53824	0,32722	0,99476
620	0,50709	0,00541	0,00383	1,53691	0,32767	0,99609
623	0,50666	0,00539	0,00383	1,53559	0,32812	0,99741
626	0,50622	0,00537	0,00382	1,53424	0,32859	0,99876
629	0,50578	0,00536	0,00381	1,53287	0,32905	1,00013
633	0,50534	0,00535	0,00380	1,53152	0,32951	1,00148
636	0,50493	0,00533	0,00379	1,53023	0,32995	1,00277
639	0,50452	0,00531	0,00378	1,52896	0,33039	1,00404
642	0,50410	0,00529	0,00378	1,52767	0,33083	1,00533
645	0,50367	0,00528	0,00377	1,52635	0,33128	1,00665
648	0,50325	0,00527	0,00376	1,52504	0,33173	1,00796
652	0,50283	0,00526	0,00375	1,52376	0,33216	1,00924
655	0,50244	0,00524	0,00374	1,52254	0,33258	1,01046
658	0,50205	0,00522	0,00374	1,52132	0,33300	1,01168
661	0,50164	0,00521	0,00373	1,52006	0,33343	1,01294
664	0,50122	0,00520	0,00372	1,51877	0,33386	1,01423
667	0,50081	0,00518	0,00371	1,51752	0,33429	1,01548
670	0,50043	0,00517	0,00371	1,51633	0,33470	1,01667
673	0,50005	0,00515	0,00370	1,51515	0,33510	1,01785
677	0,49966	0,00514	0,00369	1,51396	0,33551	1,01904
680	0,49926	0,00513	0,00368	1,51272	0,33593	1,02028
683	0,49886	0,00512	0,00368	1,51149	0,33635	1,02151
686	0,49848	0,00510	0,00367	1,51031	0,33675	1,02269
689	0,49812	0,00508	0,00366	1,50918	0,33714	1,02382
692	0,49775	0,00507	0,00366	1,50804	0,33753	1,02496
695	0,49736	0,00506	0,00365	1,50686	0,33793	1,02614
699	0,49697	0,00505	0,00364	1,50565	0,33834	1,02735
702	0,49659	0,00504	0,00364	1,50448	0,33874	1,02852
705	0,49623	0,00502	0,00363	1,50338	0,33911	1,02962
708	0,49589	0,00500	0,00362	1,50229	0,33948	1,03071
711	0,49552	0,00499	0,00362	1,50117	0,33987	1,03183
714	0,49514	0,00498	0,00361	1,50000	0,34026	1,03300
717	0,49476	0,00498	0,00360	1,49884	0,34066	1,03416
720	0,49441	0,00496	0,00360	1,49775	0,34103	1,03525
723	0,49408	0,00495	0,00359	1,49671	0,34139	1,03629
726	0,49373	0,00493	0,00359	1,49565	0,34175	1,03735

729	0,49337	0,00492	0,00358	1,49453	0,34213	1,03847
733	0,49299	0,00492	0,00357	1,49339	0,34252	1,03961
736	0,49264	0,00491	0,00357	1,49230	0,34289	1,04070
739	0,49231	0,00489	0,00356	1,49128	0,34324	1,04172
742	0,49199	0,00487	0,00356	1,49027	0,34358	1,04273
745	0,49165	0,00486	0,00355	1,48922	0,34394	1,04378
748	0,49128	0,00486	0,00355	1,48811	0,34432	1,04489
751	0,49092	0,00485	0,00354	1,48701	0,34469	1,04599
754	0,49060	0,00484	0,00353	1,48600	0,34503	1,04700
757	0,49029	0,00482	0,00353	1,48503	0,34536	1,04797
760	0,48997	0,00480	0,00352	1,48404	0,34570	1,04896
763	0,48962	0,00480	0,00352	1,48298	0,34606	1,05002
766	0,48926	0,00480	0,00351	1,48190	0,34643	1,05110
769	0,48893	0,00479	0,00351	1,48087	0,34678	1,05213
772	0,48863	0,00477	0,00350	1,47993	0,34710	1,05307
775	0,48833	0,00475	0,00350	1,47900	0,34742	1,05400
778	0,48801	0,00474	0,00349	1,47800	0,34776	1,05500
781	0,48766	0,00474	0,00349	1,47694	0,34812	1,05606
784	0,48732	0,00474	0,00348	1,47590	0,34847	1,05710
787	0,48701	0,00472	0,00348	1,47496	0,34879	1,05804
790	0,48673	0,00470	0,00347	1,47407	0,34909	1,05893
793	0,48643	0,00469	0,00347	1,47314	0,34941	1,05986
796	0,48610	0,00468	0,00346	1,47213	0,34975	1,06087
800	0,48575	0,00469	0,00346	1,47109	0,35010	1,06191
803	0,48544	0,00468	0,00345	1,47013	0,35043	1,06287
805	0,48517	0,00466	0,00345	1,46927	0,35073	1,06373
808	0,48489	0,00464	0,00344	1,46840	0,35102	1,06460
811	0,48458	0,00463	0,00344	1,46745	0,35135	1,06555
815	0,48424	0,00463	0,00343	1,46643	0,35169	1,06657
818	0,48392	0,00463	0,00343	1,46545	0,35202	1,06755
821	0,48364	0,00461	0,00342	1,46458	0,35232	1,06842
823	0,48338	0,00459	0,00342	1,46376	0,35260	1,06924
826	0,48310	0,00458	0,00342	1,46288	0,35290	1,07012
829	0,48278	0,00458	0,00341	1,46190	0,35323	1,07110
833	0,48244	0,00459	0,00341	1,46091	0,35357	1,07209
836	0,48215	0,00458	0,00340	1,46001	0,35387	1,07299
838	0,48190	0,00455	0,00340	1,45922	0,35414	1,07378
841	0,48164	0,00454	0,00340	1,45840	0,35442	1,07460
844	0,48135	0,00453	0,00339	1,45749	0,35473	1,07551
848	0,48102	0,00454	0,00339	1,45651	0,35506	1,07649

851	0,48071	0,00454	0,00338	1,45558	0,35537	1,07742
853	0,48046	0,00452	0,00338	1,45478	0,35565	1,07822
856	0,48022	0,00449	0,00337	1,45402	0,35591	1,07898
859	0,47995	0,00448	0,00337	1,45319	0,35620	1,07981
862	0,47964	0,00448	0,00337	1,45224	0,35651	1,08076
866	0,47931	0,00449	0,00336	1,45128	0,35683	1,08172
868	0,47904	0,00448	0,00336	1,45045	0,35712	1,08255
871	0,47882	0,00446	0,00335	1,44972	0,35737	1,08328
874	0,47858	0,00444	0,00335	1,44896	0,35763	1,08404
877	0,47829	0,00444	0,00335	1,44809	0,35793	1,08491
880	0,47797	0,00445	0,00334	1,44713	0,35825	1,08587
883	0,47767	0,00445	0,00334	1,44625	0,35854	1,08675
886	0,47744	0,00442	0,00334	1,44551	0,35880	1,08749
889	0,47722	0,00440	0,00333	1,44481	0,35904	1,08819
892	0,47697	0,00439	0,00333	1,44402	0,35931	1,08898
895	0,47666	0,00440	0,00333	1,44310	0,35962	1,08990
898	0,47635	0,00441	0,00332	1,44218	0,35992	1,09082
901	0,47610	0,00440	0,00332	1,44140	0,36019	1,09160
904	0,47589	0,00437	0,00331	1,44074	0,36042	1,09226
906	0,47567	0,00435	0,00331	1,44002	0,36067	1,09298
909	0,47539	0,00435	0,00331	1,43918	0,36095	1,09382
913	0,47507	0,00436	0,00330	1,43825	0,36126	1,09475
916	0,47479	0,00437	0,00330	1,43741	0,36154	1,09559
918	0,47459	0,00434	0,00330	1,43674	0,36178	1,09626
921	0,47439	0,00432	0,00329	1,43609	0,36200	1,09691
924	0,47414	0,00431	0,00329	1,43533	0,36226	1,09767
927	0,47384	0,00431	0,00329	1,43444	0,36256	1,09856
931	0,47353	0,00434	0,00328	1,43355	0,36285	1,09945
933	0,47330	0,00432	0,00328	1,43283	0,36310	1,10017
936	0,47312	0,00429	0,00328	1,43221	0,36332	1,10079
938	0,47291	0,00427	0,00328	1,43154	0,36355	1,10146
942	0,47264	0,00427	0,00327	1,43072	0,36382	1,10228
945	0,47233	0,00429	0,00327	1,42982	0,36412	1,10318
948	0,47206	0,00430	0,00326	1,42902	0,36438	1,10398
951	0,47188	0,00426	0,00326	1,42841	0,36460	1,10459
953	0,47169	0,00424	0,00326	1,42780	0,36481	1,10520
956	0,47145	0,00423	0,00326	1,42708	0,36506	1,10592
959	0,47116	0,00424	0,00325	1,42621	0,36535	1,10679
963	0,47086	0,00426	0,00325	1,42535	0,36563	1,10765
965	0,47065	0,00424	0,00325	1,42468	0,36586	1,10832

968	0,47048	0,00421	0,00324	1,42411	0,36606	1,10889
970	0,47028	0,00419	0,00324	1,42348	0,36628	1,10952
974	0,47002	0,00419	0,00324	1,42269	0,36655	1,11031
977	0,46972	0,00422	0,00323	1,42181	0,36683	1,11119
980	0,46946	0,00423	0,00323	1,42106	0,36708	1,11194
983	0,46930	0,00419	0,00323	1,42049	0,36729	1,11251
985	0,46912	0,00416	0,00323	1,41992	0,36749	1,11308
988	0,46890	0,00416	0,00322	1,41923	0,36772	1,11377
991	0,46861	0,00417	0,00322	1,41839	0,36800	1,11461
995	0,46832	0,00420	0,00322	1,41756	0,36827	1,11544
997	0,46813	0,00417	0,00321	1,41694	0,36849	1,11606
1000	0,46797	0,00414	0,00321	1,41641	0,36868	1,11659
1002	0,46778	0,00412	0,00321	1,41581	0,36888	1,11719
1006	0,46753	0,00412	0,00321	1,41505	0,36914	1,11795
1009	0,46723	0,00415	0,00320	1,41420	0,36941	1,11880
1012	0,46699	0,00416	0,00320	1,41348	0,36965	1,11952
1014	0,46684	0,00412	0,00320	1,41295	0,36984	1,12005
1017	0,46668	0,00409	0,00320	1,41242	0,37003	1,12058
1020	0,46646	0,00409	0,00320	1,41176	0,37025	1,12124
1023	0,46619	0,00410	0,00319	1,41095	0,37052	1,12205
1026	0,46590	0,00414	0,00319	1,41015	0,37078	1,12285
1029	0,46572	0,00411	0,00319	1,40956	0,37099	1,12344
1031	0,46558	0,00407	0,00319	1,40907	0,37116	1,12393
1034	0,46540	0,00406	0,00318	1,40850	0,37136	1,12450
1037	0,46516	0,00406	0,00318	1,40777	0,37160	1,12523
1041	0,46487	0,00409	0,00318	1,40695	0,37187	1,12605
1043	0,46472	0,00405	0,00318	1,40645	0,37205	1,12655
1045	0,46456	0,00403	0,00317	1,40592	0,37223	1,12708
1049	0,46434	0,00403	0,00317	1,40525	0,37246	1,12775
1052	0,46405	0,00405	0,00317	1,40444	0,37273	1,12856
1055	0,46390	0,00403	0,00317	1,40391	0,37291	1,12909
1057	0,46373	0,00401	0,00316	1,40337	0,37310	1,12963
1060	0,46351	0,00401	0,00316	1,40271	0,37332	1,13029
1063	0,46324	0,00403	0,00316	1,40193	0,37357	1,13107
1067	0,46299	0,00405	0,00315	1,40123	0,37380	1,13177
1069	0,46285	0,00401	0,00315	1,40073	0,37398	1,13227
1071	0,46271	0,00399	0,00315	1,40024	0,37415	1,13276
1074	0,46252	0,00398	0,00315	1,39966	0,37435	1,13334
1077	0,46227	0,00399	0,00315	1,39894	0,37459	1,13406
1081	0,46200	0,00402	0,00314	1,39819	0,37484	1,13481

1084	0,46182	0,00401	0,00314	1,39761	0,37503	1,13539
1086	0,46169	0,00397	0,00314	1,39715	0,37520	1,13585
1088	0,46153	0,00395	0,00314	1,39664	0,37538	1,13636
1091	0,46132	0,00395	0,00314	1,39600	0,37559	1,13700
1095	0,46106	0,00397	0,00313	1,39525	0,37584	1,13775
1097	0,46091	0,00395	0,00313	1,39476	0,37601	1,13824
1100	0,46075	0,00393	0,00313	1,39426	0,37618	1,13874
1103	0,46055	0,00393	0,00313	1,39363	0,37639	1,13937
1106	0,46029	0,00395	0,00313	1,39291	0,37663	1,14009
1109	0,46006	0,00397	0,00312	1,39225	0,37685	1,14075
1112	0,45993	0,00393	0,00312	1,39177	0,37702	1,14123
1114	0,45979	0,00391	0,00312	1,39132	0,37718	1,14168
1117	0,45962	0,00390	0,00312	1,39077	0,37736	1,14223
1120	0,45939	0,00391	0,00312	1,39010	0,37759	1,14290
1123	0,45913	0,00394	0,00311	1,38938	0,37782	1,14362
1126	0,45896	0,00393	0,00311	1,38884	0,37800	1,14416
1128	0,45884	0,00389	0,00311	1,38841	0,37816	1,14459
1131	0,45869	0,00388	0,00311	1,38793	0,37832	1,14507
1134	0,45849	0,00387	0,00311	1,38733	0,37853	1,14567
1137	0,45824	0,00390	0,00310	1,38663	0,37876	1,14637
1140	0,45811	0,00387	0,00310	1,38616	0,37892	1,14684
1142	0,45796	0,00386	0,00310	1,38569	0,37908	1,14731
1145	0,45776	0,00386	0,00310	1,38510	0,37928	1,14790
1149	0,45752	0,00388	0,00310	1,38442	0,37950	1,14858
1152	0,45730	0,00390	0,00309	1,38380	0,37971	1,14920
1154	0,45718	0,00386	0,00309	1,38335	0,37987	1,14965
1156	0,45705	0,00384	0,00309	1,38292	0,38002	1,15008
1159	0,45689	0,00383	0,00309	1,38241	0,38019	1,15059
1162	0,45667	0,00384	0,00309	1,38177	0,38040	1,15123
1166	0,45643	0,00387	0,00308	1,38110	0,38062	1,15190
1168	0,45626	0,00386	0,00308	1,38059	0,38079	1,15241
1171	0,45616	0,00382	0,00308	1,38019	0,38094	1,15281
1173	0,45602	0,00381	0,00308	1,37974	0,38110	1,15326
1176	0,45583	0,00380	0,00308	1,37917	0,38129	1,15383
1180	0,45559	0,00383	0,00308	1,37851	0,38150	1,15449
1182	0,45546	0,00380	0,00308	1,37807	0,38166	1,15493
1184	0,45532	0,00379	0,00307	1,37763	0,38181	1,15537
1187	0,45514	0,00379	0,00307	1,37707	0,38200	1,15593
1191	0,45491	0,00381	0,00307	1,37643	0,38221	1,15657
1194	0,45470	0,00383	0,00307	1,37584	0,38240	1,15716

1196	0,45459	0,00379	0,00307	1,37542	0,38255	1,15758
1199	0,45447	0,00377	0,00307	1,37502	0,38269	1,15798
1201	0,45431	0,00376	0,00306	1,37453	0,38286	1,15847
1204	0,45411	0,00377	0,00306	1,37393	0,38306	1,15907
1208	0,45388	0,00380	0,00306	1,37330	0,38326	1,15970
1210	0,45372	0,00379	0,00306	1,37282	0,38343	1,16018
1213	0,45362	0,00375	0,00306	1,37244	0,38356	1,16056
1215	0,45349	0,00374	0,00306	1,37201	0,38371	1,16099
1218	0,45331	0,00374	0,00305	1,37148	0,38389	1,16152
1222	0,45309	0,00376	0,00305	1,37085	0,38409	1,16215
1224	0,45297	0,00374	0,00305	1,37044	0,38424	1,16256
1226	0,45284	0,00372	0,00305	1,37002	0,38439	1,16298
1229	0,45267	0,00372	0,00305	1,36950	0,38456	1,16350
1233	0,45245	0,00374	0,00305	1,36889	0,38476	1,16411
1236	0,45225	0,00377	0,00304	1,36833	0,38494	1,16467
1238	0,45214	0,00373	0,00304	1,36794	0,38508	1,16506
1240	0,45203	0,00371	0,00304	1,36756	0,38522	1,16544
1243	0,45189	0,00370	0,00304	1,36710	0,38537	1,16590
1246	0,45169	0,00371	0,00304	1,36653	0,38556	1,16647
1250	0,45147	0,00374	0,00304	1,36593	0,38575	1,16707
1252	0,45133	0,00373	0,00303	1,36548	0,38591	1,16752
1254	0,45123	0,00369	0,00303	1,36512	0,38604	1,16788
1257	0,45111	0,00368	0,00303	1,36472	0,38618	1,16828
1260	0,45094	0,00368	0,00303	1,36421	0,38635	1,16879
1263	0,45073	0,00370	0,00303	1,36362	0,38654	1,16938
1266	0,45053	0,00373	0,00303	1,36308	0,38671	1,16992
1269	0,45044	0,00369	0,00303	1,36271	0,38685	1,17029
1271	0,45033	0,00366	0,00303	1,36236	0,38698	1,17064
1274	0,45019	0,00366	0,00303	1,36192	0,38713	1,17108
1277	0,45000	0,00367	0,00302	1,36136	0,38731	1,17164
1280	0,44978	0,00371	0,00302	1,36078	0,38749	1,17222
1283	0,44965	0,00369	0,00302	1,36035	0,38764	1,17265
1285	0,44956	0,00365	0,00302	1,36001	0,38777	1,17299
1287	0,44945	0,00364	0,00302	1,35963	0,38790	1,17337
1290	0,44928	0,00364	0,00302	1,35914	0,38806	1,17386
1294	0,44907	0,00366	0,00301	1,35856	0,38825	1,17444
1296	0,44897	0,00364	0,00301	1,35820	0,38838	1,17480
1298	0,44885	0,00362	0,00301	1,35782	0,38851	1,17518
1301	0,44870	0,00362	0,00301	1,35735	0,38867	1,17565
1305	0,44849	0,00365	0,00301	1,35678	0,38885	1,17622

1308	0,44831	0,00367	0,00301	1,35627	0,38901	1,17673
1310	0,44821	0,00363	0,00301	1,35592	0,38914	1,17708
1312	0,44812	0,00361	0,00301	1,35558	0,38927	1,17742
1315	0,44799	0,00360	0,00301	1,35517	0,38941	1,17783
1318	0,44781	0,00361	0,00300	1,35465	0,38958	1,17835
1321	0,44760	0,00365	0,00300	1,35410	0,38975	1,17890
1324	0,44747	0,00364	0,00300	1,35368	0,38989	1,17932
1326	0,44739	0,00360	0,00300	1,35336	0,39001	1,17964
1329	0,44728	0,00358	0,00300	1,35300	0,39014	1,18000
1332	0,44713	0,00359	0,00300	1,35254	0,39029	1,18046
1335	0,44693	0,00361	0,00300	1,35200	0,39047	1,18100
1337	0,44683	0,00358	0,00299	1,35165	0,39059	1,18135
1340	0,44672	0,00357	0,00299	1,35129	0,39072	1,18171
1343	0,44657	0,00357	0,00299	1,35084	0,39087	1,18216
1346	0,44638	0,00359	0,00299	1,35031	0,39104	1,18269
1349	0,44620	0,00362	0,00299	1,34983	0,39119	1,18317
1351	0,44611	0,00358	0,00299	1,34949	0,39132	1,18351
1354	0,44602	0,00356	0,00299	1,34917	0,39143	1,18383
1356	0,44590	0,00355	0,00299	1,34878	0,39157	1,18422
1359	0,44573	0,00356	0,00299	1,34829	0,39173	1,18471
1363	0,44553	0,00360	0,00298	1,34776	0,39189	1,18524
1365	0,44541	0,00359	0,00298	1,34737	0,39203	1,18563
1367	0,44533	0,00355	0,00298	1,34707	0,39214	1,18593
1370	0,44522	0,00353	0,00298	1,34673	0,39226	1,18627
1373	0,44508	0,00354	0,00298	1,34629	0,39241	1,18671
1376	0,44489	0,00356	0,00298	1,34577	0,39257	1,18723
1378	0,44480	0,00354	0,00298	1,34544	0,39269	1,18756
1381	0,44469	0,00352	0,00298	1,34510	0,39281	1,18790
1384	0,44455	0,00352	0,00298	1,34467	0,39295	1,18833
1387	0,44437	0,00355	0,00297	1,34417	0,39311	1,18883
1390	0,44420	0,00357	0,00297	1,34371	0,39326	1,18929
1392	0,44412	0,00353	0,00297	1,34340	0,39338	1,18960
1395	0,44403	0,00351	0,00297	1,34309	0,39349	1,18991
1397	0,44391	0,00350	0,00297	1,34272	0,39361	1,19028
1400	0,44375	0,00351	0,00297	1,34225	0,39377	1,19075
1404	0,44356	0,00355	0,00297	1,34175	0,39392	1,19125
1406	0,44345	0,00354	0,00297	1,34138	0,39405	1,19162
1408	0,44338	0,00350	0,00297	1,34110	0,39416	1,19190
1411	0,44328	0,00349	0,00297	1,34077	0,39427	1,19223
1414	0,44314	0,00349	0,00296	1,34036	0,39441	1,19264

1417	0,44296	0,00351	0,00296	1,33987	0,39457	1,19313
1419	0,44287	0,00349	0,00296	1,33955	0,39468	1,19345
1422	0,44277	0,00348	0,00296	1,33923	0,39479	1,19377
1425	0,44264	0,00348	0,00296	1,33882	0,39493	1,19418
1428	0,44246	0,00350	0,00296	1,33835	0,39508	1,19465
1431	0,44230	0,00352	0,00296	1,33791	0,39522	1,19509
1433	0,44223	0,00349	0,00296	1,33761	0,39533	1,19539
1435	0,44215	0,00346	0,00296	1,33732	0,39543	1,19568
1438	0,44203	0,00346	0,00296	1,33697	0,39555	1,19603
1441	0,44188	0,00347	0,00295	1,33652	0,39570	1,19648
1444	0,44170	0,00350	0,00295	1,33605	0,39585	1,19695
1447	0,44159	0,00349	0,00295	1,33570	0,39597	1,19730
1449	0,44152	0,00346	0,00295	1,33543	0,39607	1,19757
1452	0,44143	0,00344	0,00295	1,33512	0,39618	1,19788
1454	0,44130	0,00345	0,00295	1,33473	0,39631	1,19827
1458	0,44112	0,00347	0,00295	1,33426	0,39646	1,19874
1461	0,44096	0,00350	0,00295	1,33383	0,39659	1,19917
1463	0,44090	0,00346	0,00295	1,33355	0,39670	1,19945
1465	0,44082	0,00343	0,00295	1,33328	0,39680	1,19972
1468	0,44071	0,00343	0,00294	1,33294	0,39692	1,20006
1471	0,44056	0,00344	0,00294	1,33250	0,39706	1,20050
1474	0,44038	0,00348	0,00294	1,33204	0,39720	1,20096
1477	0,44028	0,00347	0,00294	1,33170	0,39732	1,20130
1479	0,44022	0,00343	0,00294	1,33145	0,39741	1,20155
1481	0,44013	0,00341	0,00294	1,33116	0,39752	1,20184
1484	0,44000	0,00341	0,00294	1,33077	0,39764	1,20223
1488	0,43983	0,00344	0,00294	1,33032	0,39779	1,20268
1490	0,43976	0,00342	0,00294	1,33004	0,39789	1,20296
1492	0,43967	0,00340	0,00294	1,32974	0,39799	1,20326
1495	0,43954	0,00340	0,00294	1,32937	0,39812	1,20363
1498	0,43938	0,00343	0,00293	1,32893	0,39826	1,20407
1501	0,43923	0,00345	0,00293	1,32852	0,39839	1,20448
1504	0,43916	0,00342	0,00293	1,32825	0,39849	1,20475
1506	0,43909	0,00339	0,00293	1,32799	0,39858	1,20501
1508	0,43899	0,00339	0,00293	1,32767	0,39869	1,20533
1512	0,43885	0,00340	0,00293	1,32726	0,39883	1,20574
1515	0,43867	0,00344	0,00293	1,32682	0,39896	1,20618
1517	0,43857	0,00343	0,00293	1,32649	0,39908	1,20651
1520	0,43852	0,00339	0,00293	1,32625	0,39917	1,20675
1522	0,43843	0,00337	0,00293	1,32597	0,39927	1,20703

1525	0,43831	0,00338	0,00293	1,32561	0,39939	1,20739
1528	0,43815	0,00340	0,00292	1,32518	0,39952	1,20782
1530	0,43808	0,00338	0,00292	1,32491	0,39962	1,20809
1533	0,43799	0,00336	0,00292	1,32463	0,39972	1,20837
1536	0,43787	0,00337	0,00292	1,32427	0,39984	1,20873
1539	0,43772	0,00339	0,00292	1,32385	0,39997	1,20915
1542	0,43757	0,00341	0,00292	1,32347	0,40009	1,20953
1544	0,43751	0,00338	0,00292	1,32321	0,40019	1,20979
1546	0,43745	0,00335	0,00292	1,32296	0,40028	1,21004
1549	0,43735	0,00335	0,00292	1,32266	0,40039	1,21034
1552	0,43721	0,00336	0,00292	1,32227	0,40051	1,21073
1555	0,43705	0,00340	0,00292	1,32185	0,40064	1,21115
1558	0,43695	0,00339	0,00292	1,32154	0,40075	1,21146
1560	0,43690	0,00335	0,00292	1,32131	0,40084	1,21169
1562	0,43682	0,00334	0,00292	1,32104	0,40093	1,21196
1565	0,43670	0,00334	0,00291	1,32070	0,40104	1,21230
1568	0,43655	0,00336	0,00291	1,32028	0,40118	1,21272
1571	0,43648	0,00334	0,00291	1,32003	0,40127	1,21297
1573	0,43640	0,00333	0,00291	1,31976	0,40136	1,21324
1576	0,43628	0,00333	0,00291	1,31942	0,40147	1,21358
1579	0,43614	0,00335	0,00291	1,31902	0,40160	1,21398
1582	0,43600	0,00338	0,00291	1,31866	0,40172	1,21434
1584	0,43594	0,00334	0,00291	1,31841	0,40181	1,21459
1586	0,43588	0,00332	0,00291	1,31818	0,40190	1,21482
1589	0,43578	0,00331	0,00291	1,31788	0,40200	1,21512
1592	0,43565	0,00332	0,00291	1,31751	0,40212	1,21549
1595	0,43550	0,00336	0,00290	1,31711	0,40224	1,21589
1598	0,43540	0,00335	0,00290	1,31682	0,40234	1,21618
1600	0,43536	0,00331	0,00290	1,31660	0,40243	1,21640
1602	0,43528	0,00330	0,00290	1,31635	0,40251	1,21665
1605	0,43517	0,00330	0,00290	1,31602	0,40262	1,21698
1608	0,43502	0,00333	0,00290	1,31562	0,40275	1,21738
1611	0,43496	0,00331	0,00290	1,31538	0,40284	1,21762
1613	0,43488	0,00329	0,00290	1,31512	0,40293	1,21788
1616	0,43477	0,00329	0,00290	1,31480	0,40303	1,21820
1619	0,43463	0,00332	0,00290	1,31442	0,40315	1,21858
1622	0,43450	0,00334	0,00290	1,31407	0,40326	1,21893
1624	0,43444	0,00331	0,00290	1,31384	0,40335	1,21916
1627	0,43438	0,00328	0,00290	1,31361	0,40343	1,21939
1629	0,43429	0,00328	0,00290	1,31333	0,40353	1,21967

1632	0,43417	0,00329	0,00290	1,31298	0,40365	1,22002
1635	0,43402	0,00333	0,00289	1,31260	0,40376	1,22040
1638	0,43393	0,00332	0,00289	1,31232	0,40386	1,22068
1640	0,43388	0,00328	0,00289	1,31211	0,40394	1,22089
1642	0,43381	0,00327	0,00289	1,31187	0,40402	1,22113
1645	0,43371	0,00327	0,00289	1,31155	0,40413	1,22145
1648	0,43356	0,00330	0,00289	1,31118	0,40425	1,22182
1651	0,43343	0,00332	0,00289	1,31083	0,40435	1,22217
1654	0,43339	0,00328	0,00289	1,31062	0,40444	1,22238
1656	0,43333	0,00326	0,00289	1,31041	0,40452	1,22259
1658	0,43324	0,00326	0,00289	1,31013	0,40461	1,22287
1661	0,43312	0,00327	0,00289	1,30979	0,40472	1,22321
1665	0,43297	0,00331	0,00289	1,30941	0,40484	1,22359
1667	0,43289	0,00330	0,00289	1,30915	0,40493	1,22385
1669	0,43285	0,00326	0,00289	1,30895	0,40501	1,22405
1672	0,43278	0,00325	0,00289	1,30872	0,40509	1,22428
1674	0,43268	0,00325	0,00289	1,30841	0,40519	1,22459
1678	0,43254	0,00328	0,00288	1,30804	0,40530	1,22496
1680	0,43248	0,00325	0,00289	1,30782	0,40539	1,22518
1682	0,43241	0,00324	0,00288	1,30759	0,40547	1,22541
1685	0,43231	0,00324	0,00288	1,30730	0,40557	1,22570
1688	0,43218	0,00326	0,00288	1,30694	0,40568	1,22606
1691	0,43205	0,00329	0,00288	1,30661	0,40578	1,22639
1694	0,43200	0,00325	0,00288	1,30640	0,40586	1,22660
1696	0,43195	0,00323	0,00288	1,30620	0,40594	1,22680
1698	0,43187	0,00323	0,00288	1,30594	0,40602	1,22706
1701	0,43175	0,00324	0,00288	1,30561	0,40613	1,22739
1704	0,43161	0,00328	0,00288	1,30525	0,40624	1,22775
1707	0,43153	0,00327	0,00288	1,30500	0,40633	1,22800
1709	0,43149	0,00323	0,00288	1,30481	0,40640	1,22819
1711	0,43143	0,00322	0,00288	1,30459	0,40648	1,22841
1714	0,43133	0,00322	0,00288	1,30430	0,40658	1,22870
1718	0,43119	0,00324	0,00288	1,30395	0,40669	1,22905
1720	0,43114	0,00322	0,00288	1,30374	0,40676	1,22926
1722	0,43107	0,00321	0,00288	1,30351	0,40684	1,22949
1725	0,43098	0,00321	0,00288	1,30323	0,40694	1,22977
1728	0,43085	0,00323	0,00287	1,30289	0,40704	1,23011
1731	0,43073	0,00326	0,00287	1,30258	0,40714	1,23042
1733	0,43069	0,00322	0,00287	1,30238	0,40722	1,23062
1735	0,43064	0,00320	0,00287	1,30218	0,40729	1,23082

1738	0,43056	0,00320	0,00287	1,30194	0,40737	1,23106
1741	0,43045	0,00321	0,00287	1,30162	0,40748	1,23138
1744	0,43031	0,00325	0,00287	1,30128	0,40758	1,23172
1747	0,43023	0,00324	0,00287	1,30104	0,40766	1,23196
1749	0,43020	0,00320	0,00287	1,30086	0,40773	1,23214
1751	0,43013	0,00319	0,00287	1,30065	0,40781	1,23235
1754	0,43004	0,00319	0,00287	1,30037	0,40790	1,23263
1757	0,42991	0,00322	0,00287	1,30003	0,40801	1,23297
1760	0,42986	0,00319	0,00287	1,29983	0,40808	1,23317
1762	0,42980	0,00318	0,00287	1,29962	0,40815	1,23338
1765	0,42971	0,00318	0,00287	1,29935	0,40824	1,23365
1768	0,42958	0,00321	0,00287	1,29902	0,40835	1,23398
1771	0,42947	0,00323	0,00286	1,29872	0,40844	1,23428
1773	0,42943	0,00320	0,00287	1,29853	0,40851	1,23447
1775	0,42938	0,00317	0,00287	1,29835	0,40858	1,23465
1778	0,42930	0,00317	0,00286	1,29811	0,40866	1,23489
1781	0,42920	0,00318	0,00286	1,29781	0,40876	1,23519
1784	0,42906	0,00322	0,00286	1,29748	0,40886	1,23552
1786	0,42899	0,00321	0,00286	1,29725	0,40894	1,23575
1788	0,42896	0,00317	0,00286	1,29708	0,40901	1,23592
1791	0,42890	0,00316	0,00286	1,29688	0,40908	1,23612
1794	0,42881	0,00316	0,00286	1,29661	0,40917	1,23639
1797	0,42868	0,00319	0,00286	1,29629	0,40927	1,23671
1799	0,42864	0,00317	0,00286	1,29610	0,40934	1,23690
1801	0,42858	0,00315	0,00286	1,29590	0,40941	1,23710
1804	0,42849	0,00316	0,00286	1,29564	0,40950	1,23736
1807	0,42837	0,00318	0,00286	1,29533	0,40959	1,23767
1810	0,42826	0,00320	0,00286	1,29504	0,40968	1,23796
1812	0,42822	0,00317	0,00286	1,29486	0,40975	1,23814
1815	0,42818	0,00315	0,00286	1,29468	0,40982	1,23832
1817	0,42810	0,00314	0,00286	1,29446	0,40990	1,23854
1820	0,42800	0,00315	0,00286	1,29417	0,40999	1,23883
1823	0,42787	0,00319	0,00285	1,29385	0,41008	1,23915
1826	0,42780	0,00318	0,00285	1,29363	0,41016	1,23937
1828	0,42777	0,00315	0,00286	1,29347	0,41022	1,23953
1830	0,42772	0,00313	0,00286	1,29328	0,41029	1,23972
1833	0,42763	0,00314	0,00285	1,29302	0,41038	1,23998
1836	0,42751	0,00316	0,00285	1,29271	0,41047	1,24029
1839	0,42740	0,00319	0,00285	1,29243	0,41056	1,24057
1841	0,42737	0,00315	0,00285	1,29227	0,41063	1,24073

1844	0,42733	0,00313	0,00285	1,29210	0,41069	1,24090
1846	0,42726	0,00312	0,00285	1,29188	0,41076	1,24112
1849	0,42716	0,00314	0,00285	1,29160	0,41085	1,24140
1852	0,42703	0,00318	0,00285	1,29129	0,41095	1,24171
1855	0,42696	0,00317	0,00285	1,29107	0,41102	1,24193
1857	0,42694	0,00313	0,00285	1,29092	0,41108	1,24208
1859	0,42689	0,00312	0,00285	1,29074	0,41115	1,24226
1862	0,42680	0,00312	0,00285	1,29049	0,41123	1,24251
1865	0,42668	0,00315	0,00285	1,29019	0,41132	1,24281
1867	0,42664	0,00312	0,00285	1,29001	0,41139	1,24299
1870	0,42659	0,00311	0,00285	1,28983	0,41145	1,24317
1872	0,42651	0,00311	0,00285	1,28959	0,41153	1,24341
1876	0,42639	0,00314	0,00285	1,28930	0,41162	1,24370
1878	0,42628	0,00317	0,00285	1,28902	0,41171	1,24398
1881	0,42625	0,00313	0,00285	1,28886	0,41177	1,24414
1883	0,42622	0,00311	0,00285	1,28870	0,41183	1,24430
1885	0,42615	0,00310	0,00285	1,28850	0,41190	1,24450
1888	0,42605	0,00311	0,00284	1,28823	0,41199	1,24477
1891	0,42593	0,00315	0,00284	1,28793	0,41208	1,24507
1894	0,42586	0,00314	0,00284	1,28772	0,41215	1,24528
1896	0,42584	0,00310	0,00284	1,28758	0,41221	1,24542
1898	0,42579	0,00309	0,00284	1,28740	0,41227	1,24560
1901	0,42571	0,00310	0,00284	1,28717	0,41235	1,24583
1904	0,42560	0,00312	0,00284	1,28688	0,41244	1,24612
1907	0,42556	0,00310	0,00284	1,28671	0,41250	1,24629
1909	0,42550	0,00309	0,00284	1,28653	0,41257	1,24647
1912	0,42543	0,00309	0,00284	1,28630	0,41264	1,24670
1915	0,42532	0,00311	0,00284	1,28602	0,41273	1,24698
1918	0,42521	0,00314	0,00284	1,28576	0,41281	1,24724
1920	0,42519	0,00311	0,00284	1,28561	0,41287	1,24739
1922	0,42515	0,00308	0,00284	1,28545	0,41293	1,24755
1925	0,42509	0,00308	0,00284	1,28525	0,41300	1,24775
1928	0,42499	0,00309	0,00284	1,28500	0,41308	1,24800
1931	0,42487	0,00313	0,00284	1,28471	0,41316	1,24829
1933	0,42481	0,00312	0,00284	1,28452	0,41323	1,24848
1935	0,42479	0,00308	0,00284	1,28438	0,41329	1,24862
1938	0,42474	0,00307	0,00284	1,28421	0,41335	1,24879
1940	0,42467	0,00307	0,00284	1,28398	0,41342	1,24902
1944	0,42456	0,00310	0,00284	1,28370	0,41351	1,24930
1946	0,42452	0,00308	0,00284	1,28355	0,41357	1,24945

1948	0,42447	0,00307	0,00284	1,28338	0,41363	1,24962
1951	0,42439	0,00307	0,00284	1,28315	0,41370	1,24985
1954	0,42429	0,00309	0,00283	1,28289	0,41378	1,25011
1957	0,42419	0,00312	0,00283	1,28264	0,41386	1,25036
1959	0,42416	0,00308	0,00283	1,28249	0,41392	1,25051
1961	0,42413	0,00306	0,00283	1,28234	0,41398	1,25066
1964	0,42407	0,00306	0,00283	1,28215	0,41404	1,25085
1967	0,42398	0,00307	0,00283	1,28191	0,41412	1,25109
1970	0,42386	0,00311	0,00283	1,28163	0,41420	1,25137
1972	0,42381	0,00310	0,00283	1,28144	0,41427	1,25156
1975	0,42379	0,00306	0,00283	1,28131	0,41432	1,25169
1977	0,42374	0,00305	0,00283	1,28115	0,41438	1,25185
1980	0,42367	0,00305	0,00283	1,28093	0,41445	1,25207
1983	0,42356	0,00308	0,00283	1,28067	0,41453	1,25233
1986	0,42346	0,00311	0,00283	1,28042	0,41460	1,25258
1988	0,42344	0,00307	0,00283	1,28029	0,41466	1,25271
1990	0,42341	0,00305	0,00283	1,28015	0,41472	1,25285
1992	0,42335	0,00304	0,00283	1,27996	0,41478	1,25304
1995	0,42326	0,00305	0,00283	1,27972	0,41486	1,25328
1999	0,42314	0,00310	0,00283	1,27945	0,41493	1,25355
2001	0,42309	0,00308	0,00283	1,27927	0,41500	1,25373
2003	0,42308	0,00305	0,00283	1,27915	0,41505	1,25385
2005	0,42303	0,00303	0,00283	1,27899	0,41511	1,25401
2008	0,42296	0,00304	0,00283	1,27878	0,41518	1,25422
2011	0,42285	0,00307	0,00283	1,27852	0,41525	1,25448
2014	0,42282	0,00304	0,00283	1,27837	0,41531	1,25463
2016	0,42278	0,00303	0,00283	1,27822	0,41537	1,25478
2019	0,42271	0,00303	0,00283	1,27801	0,41543	1,25499
2022	0,42261	0,00306	0,00283	1,27776	0,41551	1,25524
2025	0,42251	0,00309	0,00282	1,27752	0,41558	1,25548
2027	0,42249	0,00305	0,00282	1,27739	0,41564	1,25561
2029	0,42246	0,00303	0,00283	1,27726	0,41569	1,25574
2031	0,42240	0,00302	0,00282	1,27708	0,41575	1,25592
2034	0,42232	0,00303	0,00282	1,27685	0,41582	1,25615
2037	0,42221	0,00307	0,00282	1,27659	0,41590	1,25641
2040	0,42215	0,00306	0,00282	1,27642	0,41596	1,25658
2042	0,42214	0,00303	0,00282	1,27630	0,41601	1,25670
2044	0,42210	0,00302	0,00282	1,27615	0,41606	1,25685
2047	0,42203	0,00302	0,00282	1,27595	0,41613	1,25705
2050	0,42193	0,00305	0,00282	1,27570	0,41620	1,25730

2053	0,42190	0,00302	0,00282	1,27556	0,41626	1,25744
2055	0,42186	0,00301	0,00282	1,27541	0,41631	1,25759
2058	0,42179	0,00301	0,00282	1,27521	0,41638	1,25779
2061	0,42169	0,00304	0,00282	1,27497	0,41645	1,25803
2063	0,42160	0,00306	0,00282	1,27474	0,41652	1,25826
2066	0,42158	0,00303	0,00282	1,27462	0,41657	1,25838
2068	0,42155	0,00301	0,00282	1,27449	0,41662	1,25851
2070	0,42150	0,00300	0,00282	1,27432	0,41668	1,25868
2073	0,42142	0,00301	0,00282	1,27410	0,41675	1,25890
2076	0,42131	0,00305	0,00282	1,27385	0,41682	1,25915
2079	0,42126	0,00304	0,00282	1,27368	0,41688	1,25932
2081	0,42125	0,00301	0,00282	1,27357	0,41693	1,25943
2083	0,42120	0,00300	0,00282	1,27343	0,41698	1,25957
2086	0,42114	0,00300	0,00282	1,27323	0,41704	1,25977
2089	0,42104	0,00303	0,00282	1,27299	0,41712	1,26001
2091	0,42101	0,00300	0,00282	1,27286	0,41717	1,26014
2094	0,42097	0,00299	0,00282	1,27272	0,41722	1,26028
2096	0,42091	0,00299	0,00282	1,27253	0,41728	1,26047
2099	0,42081	0,00302	0,00282	1,27229	0,41735	1,26071
2102	0,42072	0,00305	0,00281	1,27208	0,41742	1,26092
2105	0,42071	0,00301	0,00282	1,27196	0,41747	1,26104
2107	0,42068	0,00299	0,00282	1,27183	0,41752	1,26117
2109	0,42063	0,00299	0,00282	1,27167	0,41757	1,26133
2112	0,42055	0,00300	0,00281	1,27146	0,41764	1,26154
2115	0,42045	0,00303	0,00281	1,27122	0,41771	1,26178
2118	0,42040	0,00303	0,00281	1,27106	0,41776	1,26194
2120	0,42039	0,00299	0,00281	1,27095	0,41781	1,26205
2122	0,42035	0,00298	0,00281	1,27082	0,41786	1,26218
2125	0,42028	0,00298	0,00281	1,27063	0,41792	1,26237
2128	0,42019	0,00301	0,00281	1,27040	0,41799	1,26260
2131	0,42010	0,00304	0,00281	1,27019	0,41805	1,26281
2133	0,42009	0,00300	0,00281	1,27007	0,41810	1,26293
2135	0,42006	0,00298	0,00281	1,26996	0,41815	1,26304
2138	0,42001	0,00297	0,00281	1,26980	0,41820	1,26320
2141	0,41994	0,00298	0,00281	1,26959	0,41827	1,26341
2144	0,41983	0,00303	0,00281	1,26935	0,41833	1,26365
2146	0,41979	0,00302	0,00281	1,26920	0,41839	1,26380
2148	0,41978	0,00298	0,00281	1,26910	0,41843	1,26390
2150	0,41974	0,00297	0,00281	1,26897	0,41848	1,26403
2153	0,41968	0,00297	0,00281	1,26879	0,41854	1,26421

2156	0,41958	0,00300	0,00281	1,26856	0,41861	1,26444
2159	0,41956	0,00297	0,00281	1,26844	0,41866	1,26456
2161	0,41952	0,00296	0,00281	1,26831	0,41870	1,26469
2164	0,41946	0,00296	0,00281	1,26813	0,41876	1,26487
2167	0,41937	0,00299	0,00281	1,26791	0,41883	1,26509
2169	0,41929	0,00302	0,00281	1,26771	0,41889	1,26529
2172	0,41927	0,00298	0,00281	1,26760	0,41893	1,26540
2174	0,41925	0,00296	0,00281	1,26749	0,41898	1,26551
2176	0,41921	0,00296	0,00281	1,26734	0,41903	1,26566
2179	0,41913	0,00297	0,00281	1,26714	0,41909	1,26586
2182	0,41903	0,00301	0,00281	1,26691	0,41916	1,26609
2185	0,41899	0,00300	0,00281	1,26676	0,41921	1,26624
2187	0,41898	0,00296	0,00281	1,26667	0,41925	1,26633
2189	0,41894	0,00295	0,00281	1,26654	0,41930	1,26646
2192	0,41888	0,00295	0,00281	1,26637	0,41936	1,26663
2195	0,41879	0,00298	0,00281	1,26615	0,41942	1,26685
2197	0,41877	0,00296	0,00281	1,26603	0,41947	1,26697
2200	0,41873	0,00295	0,00281	1,26590	0,41951	1,26710
2202	0,41868	0,00295	0,00281	1,26573	0,41957	1,26727
2205	0,41859	0,00297	0,00280	1,26552	0,41963	1,26748
2208	0,41851	0,00300	0,00280	1,26533	0,41969	1,26767
2210	0,41850	0,00297	0,00280	1,26522	0,41973	1,26778
2213	0,41847	0,00294	0,00280	1,26512	0,41978	1,26788
2215	0,41843	0,00294	0,00280	1,26497	0,41983	1,26803
2218	0,41836	0,00295	0,00280	1,26478	0,41989	1,26822
2221	0,41826	0,00299	0,00280	1,26456	0,41995	1,26844
2223	0,41822	0,00298	0,00280	1,26442	0,42000	1,26858
2226	0,41821	0,00295	0,00280	1,26433	0,42004	1,26867
2228	0,41818	0,00293	0,00280	1,26420	0,42008	1,26880
2231	0,41812	0,00294	0,00280	1,26404	0,42014	1,26896
2234	0,41803	0,00296	0,00280	1,26383	0,42020	1,26917
2236	0,41801	0,00294	0,00280	1,26372	0,42025	1,26928
2238	0,41798	0,00293	0,00280	1,26360	0,42029	1,26940
2241	0,41792	0,00293	0,00280	1,26343	0,42034	1,26957
2244	0,41784	0,00296	0,00280	1,26323	0,42040	1,26977
2247	0,41776	0,00298	0,00280	1,26304	0,42046	1,26996
2249	0,41775	0,00295	0,00280	1,26294	0,42050	1,27006
2251	0,41773	0,00293	0,00280	1,26284	0,42054	1,27016
2254	0,41768	0,00293	0,00280	1,26270	0,42059	1,27030
2257	0,41761	0,00294	0,00280	1,26252	0,42065	1,27048

2260	0,41752	0,00297	0,00280	1,26231	0,42071	1,27069
2262	0,41748	0,00297	0,00280	1,26217	0,42076	1,27083
2264	0,41747	0,00293	0,00280	1,26208	0,42080	1,27092
2266	0,41744	0,00292	0,00280	1,26196	0,42084	1,27104
2269	0,41739	0,00292	0,00280	1,26181	0,42089	1,27119
2272	0,41730	0,00295	0,00280	1,26160	0,42095	1,27140
2275	0,41722	0,00298	0,00280	1,26142	0,42100	1,27158
2277	0,41722	0,00294	0,00280	1,26133	0,42105	1,27167
2279	0,41720	0,00292	0,00280	1,26123	0,42109	1,27177
2282	0,41716	0,00291	0,00280	1,26109	0,42113	1,27191
2285	0,41709	0,00293	0,00280	1,26091	0,42119	1,27209
2288	0,41699	0,00297	0,00280	1,26070	0,42125	1,27230
2290	0,41695	0,00296	0,00280	1,26057	0,42129	1,27243
2292	0,41695	0,00292	0,00280	1,26049	0,42133	1,27251
2295	0,41692	0,00291	0,00280	1,26038	0,42137	1,27262
2297	0,41687	0,00291	0,00280	1,26022	0,42142	1,27278
2300	0,41678	0,00294	0,00280	1,26002	0,42148	1,27298
2303	0,41676	0,00292	0,00280	1,25992	0,42152	1,27308
2305	0,41673	0,00291	0,00280	1,25981	0,42156	1,27319
2308	0,41668	0,00291	0,00280	1,25966	0,42161	1,27334
2311	0,41660	0,00293	0,00280	1,25947	0,42167	1,27353
2314	0,41652	0,00296	0,00279	1,25929	0,42172	1,27371
2316	0,41652	0,00293	0,00279	1,25920	0,42176	1,27380
2318	0,41650	0,00290	0,00280	1,25911	0,42180	1,27389
2320	0,41646	0,00290	0,00280	1,25898	0,42184	1,27402
2323	0,41640	0,00291	0,00279	1,25880	0,42190	1,27420
2326	0,41630	0,00295	0,00279	1,25860	0,42195	1,27440
2329	0,41626	0,00294	0,00279	1,25848	0,42200	1,27452
2331	0,41626	0,00291	0,00279	1,25840	0,42204	1,27460
2333	0,41624	0,00290	0,00279	1,25829	0,42208	1,27471
2336	0,41618	0,00290	0,00279	1,25814	0,42212	1,27486
2339	0,41610	0,00293	0,00279	1,25795	0,42218	1,27505
2341	0,41608	0,00290	0,00279	1,25785	0,42222	1,27515
2343	0,41606	0,00289	0,00279	1,25774	0,42226	1,27526
2346	0,41601	0,00289	0,00279	1,25760	0,42231	1,27540
2349	0,41593	0,00292	0,00279	1,25741	0,42236	1,27559
2352	0,41585	0,00295	0,00279	1,25724	0,42241	1,27576
2354	0,41585	0,00291	0,00279	1,25716	0,42245	1,27584
2356	0,41583	0,00289	0,00279	1,25707	0,42249	1,27593
2359	0,41579	0,00289	0,00279	1,25694	0,42253	1,27606

2362	0,41573	0,00290	0,00279	1,25678	0,42258	1,27622
2365	0,41564	0,00294	0,00279	1,25658	0,42263	1,27642
2367	0,41560	0,00293	0,00279	1,25646	0,42268	1,27654
2369	0,41560	0,00289	0,00279	1,25639	0,42271	1,27661
2371	0,41558	0,00288	0,00279	1,25628	0,42275	1,27672
2374	0,41553	0,00289	0,00279	1,25614	0,42280	1,27686
2377	0,41545	0,00291	0,00279	1,25596	0,42285	1,27704
2380	0,41543	0,00289	0,00279	1,25586	0,42289	1,27714
2382	0,41540	0,00288	0,00279	1,25576	0,42293	1,27724
2384	0,41535	0,00288	0,00279	1,25562	0,42297	1,27738
2388	0,41528	0,00291	0,00279	1,25544	0,42302	1,27756
2390	0,41521	0,00293	0,00279	1,25527	0,42307	1,27773
2393	0,41520	0,00290	0,00279	1,25519	0,42311	1,27781
2395	0,41519	0,00288	0,00279	1,25511	0,42315	1,27789
2397	0,41515	0,00287	0,00279	1,25499	0,42319	1,27801
2400	0,41509	0,00289	0,00279	1,25483	0,42324	1,27817
2403	0,41500	0,00292	0,00279	1,25464	0,42329	1,27836
2406	0,41497	0,00292	0,00279	1,25452	0,42333	1,27848
2408	0,41497	0,00288	0,00279	1,25445	0,42336	1,27855
2410	0,41494	0,00287	0,00279	1,25435	0,42340	1,27865
2413	0,41489	0,00287	0,00279	1,25422	0,42344	1,27878
2416	0,41482	0,00290	0,00279	1,25404	0,42350	1,27896
2418	0,41474	0,00293	0,00279	1,25387	0,42354	1,27913
2421	0,41474	0,00289	0,00279	1,25380	0,42358	1,27920
2423	0,41473	0,00287	0,00279	1,25372	0,42361	1,27928
2425	0,41470	0,00286	0,00279	1,25360	0,42365	1,27940
2428	0,41463	0,00288	0,00279	1,25345	0,42370	1,27955
2431	0,41455	0,00292	0,00279	1,25326	0,42375	1,27974
2434	0,41452	0,00291	0,00279	1,25315	0,42379	1,27985
2436	0,41452	0,00287	0,00279	1,25309	0,42382	1,27991
2438	0,41449	0,00286	0,00279	1,25299	0,42386	1,28001
2441	0,41445	0,00286	0,00279	1,25285	0,42390	1,28015
2444	0,41437	0,00289	0,00279	1,25268	0,42395	1,28032
2446	0,41436	0,00287	0,00279	1,25259	0,42399	1,28041
2448	0,41433	0,00286	0,00279	1,25250	0,42402	1,28050
2451	0,41429	0,00286	0,00279	1,25237	0,42407	1,28063
2454	0,41421	0,00289	0,00278	1,25220	0,42412	1,28080
2457	0,41414	0,00292	0,00278	1,25204	0,42416	1,28096
2459	0,41414	0,00288	0,00278	1,25197	0,42420	1,28103
2461	0,41413	0,00286	0,00278	1,25189	0,42423	1,28111

2463	0,41410	0,00285	0,00278	1,25178	0,42427	1,28122
2466	0,41404	0,00286	0,00278	1,25163	0,42431	1,28137
2469	0,41395	0,00291	0,00278	1,25145	0,42436	1,28155
2472	0,41392	0,00290	0,00278	1,25134	0,42440	1,28166
2474	0,41393	0,00286	0,00278	1,25128	0,42443	1,28172
2476	0,41390	0,00285	0,00278	1,25119	0,42447	1,28181
2479	0,41386	0,00285	0,00278	1,25106	0,42451	1,28194
2482	0,41378	0,00288	0,00278	1,25089	0,42456	1,28211
2484	0,41377	0,00286	0,00278	1,25081	0,42459	1,28219
2486	0,41375	0,00285	0,00278	1,25072	0,42462	1,28228
2489	0,41370	0,00285	0,00278	1,25059	0,42467	1,28241
2492	0,41363	0,00287	0,00278	1,25043	0,42471	1,28257
2495	0,41356	0,00290	0,00278	1,25027	0,42475	1,28273
2497	0,41356	0,00287	0,00278	1,25020	0,42479	1,28280
2499	0,41355	0,00284	0,00278	1,25013	0,42482	1,28287
2502	0,41352	0,00284	0,00278	1,25002	0,42486	1,28298
2505	0,41346	0,00285	0,00278	1,24988	0,42490	1,28312
2508	0,41338	0,00289	0,00278	1,24971	0,42495	1,28329
2510	0,41335	0,00288	0,00278	1,24960	0,42498	1,28340
2512	0,41336	0,00285	0,00278	1,24954	0,42502	1,28346
2514	0,41333	0,00284	0,00278	1,24945	0,42505	1,28355
2517	0,41329	0,00284	0,00278	1,24933	0,42509	1,28367
2520	0,41322	0,00287	0,00278	1,24917	0,42513	1,28383
2522	0,41321	0,00285	0,00278	1,24909	0,42517	1,28391
2525	0,41318	0,00284	0,00278	1,24900	0,42520	1,28400
2527	0,41314	0,00284	0,00278	1,24888	0,42524	1,28412
2530	0,41307	0,00286	0,00278	1,24872	0,42529	1,28428
2533	0,41301	0,00289	0,00278	1,24858	0,42533	1,28442
2535	0,41301	0,00286	0,00278	1,24851	0,42536	1,28449
2537	0,41300	0,00283	0,00278	1,24844	0,42539	1,28456
2540	0,41296	0,00283	0,00278	1,24834	0,42542	1,28466
2543	0,41291	0,00284	0,00278	1,24820	0,42547	1,28480
2546	0,41283	0,00288	0,00278	1,24803	0,42551	1,28497
2548	0,41280	0,00287	0,00278	1,24793	0,42555	1,28507
2550	0,41281	0,00284	0,00278	1,24787	0,42558	1,28513
2553	0,41279	0,00283	0,00278	1,24779	0,42561	1,28521
2555	0,41274	0,00283	0,00278	1,24767	0,42565	1,28533
2558	0,41267	0,00286	0,00278	1,24751	0,42569	1,28549
2561	0,41261	0,00289	0,00278	1,24737	0,42573	1,28563
2563	0,41261	0,00285	0,00278	1,24731	0,42576	1,28569

2565	0,41260	0,00283	0,00278	1,24724	0,42579	1,28576
2568	0,41257	0,00282	0,00278	1,24714	0,42583	1,28586
2571	0,41252	0,00284	0,00278	1,24700	0,42587	1,28600
2574	0,41243	0,00288	0,00278	1,24684	0,42591	1,28616
2576	0,41241	0,00287	0,00278	1,24674	0,42595	1,28626
2578	0,41242	0,00283	0,00278	1,24669	0,42598	1,28631
2580	0,41240	0,00282	0,00278	1,24661	0,42601	1,28639
2583	0,41236	0,00282	0,00278	1,24649	0,42604	1,28651
2586	0,41228	0,00285	0,00278	1,24633	0,42609	1,28667
2589	0,41228	0,00283	0,00278	1,24627	0,42612	1,28673
2591	0,41226	0,00282	0,00278	1,24618	0,42615	1,28682
2593	0,41222	0,00282	0,00278	1,24607	0,42619	1,28693
2596	0,41215	0,00285	0,00278	1,24592	0,42623	1,28708
2599	0,41208	0,00287	0,00277	1,24578	0,42627	1,28722
2601	0,41209	0,00284	0,00278	1,24572	0,42630	1,28728
2604	0,41208	0,00282	0,00278	1,24566	0,42632	1,28734
2606	0,41205	0,00281	0,00278	1,24556	0,42636	1,28744
2609	0,41200	0,00282	0,00278	1,24543	0,42640	1,28757
2612	0,41192	0,00287	0,00277	1,24527	0,42644	1,28773
2614	0,41190	0,00286	0,00277	1,24518	0,42647	1,28782
2616	0,41190	0,00282	0,00278	1,24513	0,42650	1,28787
2619	0,41189	0,00281	0,00278	1,24505	0,42653	1,28795
2621	0,41185	0,00281	0,00278	1,24494	0,42657	1,28806
2624	0,41178	0,00284	0,00277	1,24479	0,42661	1,28821
2627	0,41177	0,00282	0,00277	1,24472	0,42664	1,28828
2629	0,41175	0,00281	0,00277	1,24464	0,42667	1,28836
2631	0,41171	0,00281	0,00277	1,24453	0,42670	1,28847
2635	0,41165	0,00284	0,00277	1,24439	0,42674	1,28861
2637	0,41159	0,00286	0,00277	1,24425	0,42678	1,28875
2640	0,41159	0,00283	0,00277	1,24420	0,42681	1,28880
2642	0,41158	0,00281	0,00277	1,24413	0,42684	1,28887
2644	0,41155	0,00280	0,00277	1,24404	0,42687	1,28896
2647	0,41150	0,00282	0,00277	1,24392	0,42691	1,28908
2650	0,41143	0,00285	0,00277	1,24376	0,42695	1,28924
2652	0,41140	0,00285	0,00277	1,24367	0,42698	1,28933
2654	0,41141	0,00281	0,00277	1,24363	0,42701	1,28937
2657	0,41139	0,00280	0,00277	1,24355	0,42703	1,28945
2659	0,41135	0,00280	0,00277	1,24344	0,42707	1,28956
2662	0,41129	0,00283	0,00277	1,24330	0,42711	1,28970
2665	0,41128	0,00281	0,00277	1,24323	0,42714	1,28977

2667	0,41126	0,00280	0,00277	1,24316	0,42717	1,28984
2670	0,41123	0,00280	0,00277	1,24305	0,42720	1,28995
2673	0,41116	0,00283	0,00277	1,24291	0,42724	1,29009
2675	0,41110	0,00285	0,00277	1,24278	0,42727	1,29022
2678	0,41111	0,00282	0,00277	1,24273	0,42730	1,29027
2680	0,41110	0,00280	0,00277	1,24267	0,42733	1,29033
2682	0,41107	0,00279	0,00277	1,24258	0,42736	1,29042
2685	0,41102	0,00281	0,00277	1,24246	0,42740	1,29054
2688	0,41095	0,00284	0,00277	1,24231	0,42744	1,29069
2690	0,41093	0,00284	0,00277	1,24222	0,42747	1,29078
2692	0,41094	0,00280	0,00277	1,24218	0,42749	1,29082
2695	0,41092	0,00279	0,00277	1,24211	0,42752	1,29089
2697	0,41088	0,00279	0,00277	1,24200	0,42755	1,29100
2700	0,41082	0,00282	0,00277	1,24186	0,42759	1,29114
2703	0,41075	0,00285	0,00277	1,24173	0,42763	1,29127
2705	0,41076	0,00281	0,00277	1,24169	0,42765	1,29131
2707	0,41076	0,00279	0,00277	1,24163	0,42768	1,29137
2710	0,41073	0,00279	0,00277	1,24155	0,42771	1,29145
2713	0,41068	0,00280	0,00277	1,24142	0,42775	1,29158
2716	0,41061	0,00284	0,00277	1,24127	0,42778	1,29173
2718	0,41059	0,00283	0,00277	1,24119	0,42781	1,29181
2720	0,41060	0,00279	0,00277	1,24115	0,42784	1,29185
2722	0,41058	0,00278	0,00277	1,24108	0,42786	1,29192
2725	0,41055	0,00279	0,00277	1,24098	0,42790	1,29202
2728	0,41048	0,00282	0,00277	1,24084	0,42793	1,29216
2730	0,41048	0,00279	0,00277	1,24079	0,42796	1,29221
2733	0,41046	0,00278	0,00277	1,24072	0,42799	1,29228
2735	0,41043	0,00278	0,00277	1,24062	0,42802	1,29238
2738	0,41036	0,00281	0,00277	1,24048	0,42806	1,29252
2741	0,41030	0,00284	0,00277	1,24036	0,42809	1,29264
2743	0,41031	0,00280	0,00277	1,24031	0,42812	1,29269
2745	0,41031	0,00278	0,00277	1,24026	0,42814	1,29274
2748	0,41028	0,00278	0,00277	1,24018	0,42817	1,29282
2751	0,41024	0,00279	0,00277	1,24006	0,42820	1,29294
2754	0,41016	0,00283	0,00277	1,23992	0,42824	1,29308
2756	0,41014	0,00282	0,00277	1,23984	0,42827	1,29316
2758	0,41015	0,00279	0,00277	1,23980	0,42829	1,29320
2760	0,41014	0,00277	0,00277	1,23973	0,42832	1,29327
2763	0,41010	0,00278	0,00277	1,23964	0,42835	1,29336
2766	0,41004	0,00281	0,00277	1,23950	0,42839	1,29350

2768	0,41004	0,00278	0,00277	1,23945	0,42841	1,29355
2771	0,41002	0,00277	0,00277	1,23938	0,42844	1,29362
2773	0,40999	0,00278	0,00277	1,23928	0,42847	1,29372
2776	0,40993	0,00280	0,00277	1,23915	0,42850	1,29385
2779	0,40987	0,00283	0,00277	1,23903	0,42853	1,29397
2781	0,40988	0,00279	0,00277	1,23899	0,42856	1,29401
2783	0,40988	0,00277	0,00277	1,23894	0,42858	1,29406
2786	0,40985	0,00277	0,00277	1,23886	0,42861	1,29414
2789	0,40981	0,00278	0,00277	1,23875	0,42865	1,29425
2792	0,40973	0,00282	0,00277	1,23861	0,42868	1,29439
2794	0,40971	0,00281	0,00277	1,23853	0,42871	1,29447
2796	0,40973	0,00278	0,00277	1,23850	0,42873	1,29450
2798	0,40971	0,00277	0,00277	1,23843	0,42876	1,29457
2801	0,40968	0,00277	0,00277	1,23834	0,42879	1,29466
2804	0,40962	0,00280	0,00277	1,23821	0,42882	1,29479
2806	0,40961	0,00278	0,00277	1,23816	0,42885	1,29484
2808	0,40960	0,00277	0,00277	1,23809	0,42887	1,29491
2811	0,40957	0,00277	0,00277	1,23800	0,42890	1,29500
2814	0,40951	0,00279	0,00277	1,23788	0,42893	1,29512
2817	0,40945	0,00282	0,00276	1,23776	0,42896	1,29524
2819	0,40946	0,00279	0,00277	1,23772	0,42899	1,29528
2821	0,40946	0,00277	0,00277	1,23767	0,42901	1,29533
2824	0,40943	0,00276	0,00277	1,23759	0,42904	1,29541
2827	0,40939	0,00277	0,00277	1,23748	0,42907	1,29552
2830	0,40932	0,00281	0,00276	1,23735	0,42910	1,29565
2832	0,40930	0,00280	0,00276	1,23728	0,42913	1,29572
2834	0,40931	0,00277	0,00277	1,23724	0,42915	1,29576
2836	0,40930	0,00276	0,00277	1,23718	0,42918	1,29582
2839	0,40927	0,00276	0,00277	1,23709	0,42921	1,29591
2842	0,40921	0,00279	0,00276	1,23696	0,42924	1,29604
2845	0,40915	0,00282	0,00276	1,23685	0,42927	1,29615
2847	0,40916	0,00278	0,00276	1,23681	0,42929	1,29619
2849	0,40916	0,00276	0,00276	1,23677	0,42931	1,29623
2851	0,40914	0,00276	0,00276	1,23669	0,42934	1,29631
2854	0,40909	0,00277	0,00276	1,23658	0,42937	1,29642
2857	0,40902	0,00281	0,00276	1,23645	0,42940	1,29655
2860	0,40901	0,00280	0,00276	1,23638	0,42943	1,29662
2862	0,40902	0,00276	0,00276	1,23635	0,42945	1,29665
2864	0,40901	0,00275	0,00276	1,23629	0,42948	1,29671
2867	0,40898	0,00276	0,00276	1,23620	0,42950	1,29680

2870	0,40891	0,00279	0,00276	1,23608	0,42954	1,29692
2872	0,40891	0,00276	0,00276	1,23603	0,42956	1,29697
2874	0,40890	0,00275	0,00276	1,23597	0,42958	1,29703
2877	0,40887	0,00275	0,00276	1,23589	0,42961	1,29711
2880	0,40881	0,00278	0,00276	1,23577	0,42964	1,29723
2883	0,40876	0,00281	0,00276	1,23565	0,42967	1,29735
2885	0,40877	0,00277	0,00276	1,23562	0,42969	1,29738
2887	0,40877	0,00275	0,00276	1,23557	0,42972	1,29743
2889	0,40875	0,00275	0,00276	1,23550	0,42974	1,29750
2892	0,40871	0,00276	0,00276	1,23540	0,42977	1,29760
2895	0,40864	0,00280	0,00276	1,23527	0,42980	1,29773
2898	0,40862	0,00279	0,00276	1,23520	0,42983	1,29780
2900	0,40863	0,00276	0,00276	1,23517	0,42985	1,29783
2902	0,40862	0,00275	0,00276	1,23512	0,42987	1,29788
2904	0,40859	0,00275	0,00276	1,23503	0,42990	1,29797
2908	0,40853	0,00278	0,00276	1,23491	0,42993	1,29809
2910	0,40853	0,00276	0,00276	1,23487	0,42995	1,29813
2912	0,40852	0,00274	0,00276	1,23481	0,42997	1,29819
2915	0,40849	0,00275	0,00276	1,23473	0,43000	1,29827
2918	0,40843	0,00277	0,00276	1,23461	0,43003	1,29839
2920	0,40838	0,00280	0,00276	1,23450	0,43006	1,29850
2923	0,40839	0,00277	0,00276	1,23447	0,43008	1,29853
2925	0,40839	0,00274	0,00276	1,23443	0,43010	1,29857
2927	0,40837	0,00274	0,00276	1,23436	0,43013	1,29864
2930	0,40833	0,00275	0,00276	1,23426	0,43015	1,29874
2933	0,40826	0,00279	0,00276	1,23413	0,43018	1,29887
2935	0,40825	0,00278	0,00276	1,23407	0,43021	1,29893
2937	0,40826	0,00275	0,00276	1,23404	0,43023	1,29896
2940	0,40825	0,00274	0,00276	1,23399	0,43025	1,29901
2942	0,40822	0,00274	0,00276	1,23390	0,43028	1,29910
2945	0,40816	0,00277	0,00276	1,23379	0,43031	1,29921
2947	0,40816	0,00275	0,00276	1,23375	0,43033	1,29925
2950	0,40815	0,00274	0,00276	1,23369	0,43035	1,29931
2952	0,40812	0,00274	0,00276	1,23361	0,43038	1,29939
2955	0,40807	0,00277	0,00276	1,23350	0,43041	1,29950
2958	0,40802	0,00279	0,00276	1,23339	0,43043	1,29961
2960	0,40803	0,00276	0,00276	1,23336	0,43045	1,29964
2962	0,40803	0,00274	0,00276	1,23332	0,43047	1,29968
2965	0,40801	0,00273	0,00276	1,23326	0,43050	1,29974
2968	0,40797	0,00275	0,00276	1,23316	0,43052	1,29984

2971	0,40790	0,00279	0,00276	1,23304	0,43055	1,29996
2973	0,40789	0,00278	0,00276	1,23298	0,43058	1,30002
2975	0,40790	0,00274	0,00276	1,23295	0,43060	1,30005
2977	0,40789	0,00273	0,00276	1,23290	0,43062	1,30010
2980	0,40786	0,00274	0,00276	1,23282	0,43064	1,30018
2983	0,40781	0,00276	0,00276	1,23271	0,43067	1,30029
2986	0,40775	0,00279	0,00276	1,23260	0,43070	1,30040
2988	0,40777	0,00275	0,00276	1,23257	0,43072	1,30043
2990	0,40777	0,00273	0,00276	1,23254	0,43074	1,30046
2992	0,40775	0,00273	0,00276	1,23247	0,43076	1,30053
2995	0,40771	0,00274	0,00276	1,23238	0,43079	1,30062
2998	0,40764	0,00278	0,00276	1,23226	0,43081	1,30074
3001	0,40763	0,00277	0,00276	1,23220	0,43084	1,30080
3003	0,40765	0,00274	0,00276	1,23218	0,43086	1,30082
3005	0,40764	0,00273	0,00276	1,23213	0,43088	1,30087
3008	0,40761	0,00273	0,00276	1,23205	0,43090	1,30095
3011	0,40755	0,00276	0,00276	1,23193	0,43093	1,30107
3013	0,40756	0,00274	0,00276	1,23190	0,43095	1,30110
3015	0,40755	0,00273	0,00276	1,23185	0,43097	1,30115
3018	0,40752	0,00273	0,00276	1,23177	0,43099	1,30123
3021	0,40747	0,00276	0,00276	1,23166	0,43102	1,30134
3024	0,40741	0,00278	0,00276	1,23156	0,43105	1,30144
3026	0,40743	0,00275	0,00276	1,23154	0,43107	1,30146
3028	0,40743	0,00273	0,00276	1,23150	0,43109	1,30150
3030	0,40741	0,00272	0,00276	1,23144	0,43111	1,30156
3033	0,40737	0,00274	0,00276	1,23135	0,43113	1,30165
3036	0,40731	0,00278	0,00276	1,23123	0,43116	1,30177
3038	0,40729	0,00277	0,00276	1,23117	0,43118	1,30183
3041	0,40731	0,00273	0,00276	1,23115	0,43120	1,30185
3043	0,40730	0,00272	0,00276	1,23110	0,43122	1,30190
3045	0,40727	0,00272	0,00276	1,23103	0,43124	1,30197
3048	0,40722	0,00275	0,00276	1,23092	0,43127	1,30208
3051	0,40722	0,00273	0,00276	1,23088	0,43129	1,30212
3053	0,40721	0,00272	0,00276	1,23084	0,43131	1,30216
3055	0,40719	0,00272	0,00276	1,23076	0,43133	1,30224
3058	0,40714	0,00275	0,00276	1,23066	0,43136	1,30234
3061	0,40708	0,00278	0,00276	1,23056	0,43138	1,30244
3063	0,40710	0,00274	0,00276	1,23054	0,43140	1,30246
3065	0,40710	0,00272	0,00276	1,23050	0,43142	1,30250
3068	0,40708	0,00272	0,00276	1,23044	0,43144	1,30256

3071	0,40705	0,00273	0,00276	1,23035	0,43147	1,30265
3074	0,40698	0,00277	0,00276	1,23024	0,43149	1,30276
3076	0,40697	0,00276	0,00276	1,23018	0,43151	1,30282
3078	0,40699	0,00272	0,00276	1,23017	0,43153	1,30283
3080	0,40698	0,00271	0,00276	1,23012	0,43155	1,30288
3083	0,40695	0,00272	0,00276	1,23005	0,43157	1,30295
3086	0,40690	0,00275	0,00276	1,22994	0,43160	1,30306
3088	0,40690	0,00272	0,00276	1,22991	0,43162	1,30309
3090	0,40689	0,00271	0,00276	1,22986	0,43164	1,30314
3093	0,40687	0,00272	0,00276	1,22979	0,43166	1,30321
3096	0,40682	0,00274	0,00276	1,22969	0,43169	1,30331
3099	0,40677	0,00277	0,00275	1,22960	0,43171	1,30340
3101	0,40678	0,00274	0,00276	1,22957	0,43173	1,30343
3103	0,40678	0,00271	0,00276	1,22954	0,43174	1,30346
3106	0,40677	0,00271	0,00276	1,22948	0,43177	1,30352
3108	0,40673	0,00272	0,00276	1,22940	0,43179	1,30360
3111	0,40667	0,00276	0,00275	1,22929	0,43181	1,30371
3114	0,40666	0,00275	0,00275	1,22923	0,43183	1,30377
3116	0,40667	0,00272	0,00276	1,22921	0,43185	1,30379
3118	0,40667	0,00271	0,00276	1,22917	0,43187	1,30383
3121	0,40664	0,00271	0,00276	1,22910	0,43189	1,30390
3124	0,40659	0,00274	0,00275	1,22900	0,43192	1,30400
3126	0,40654	0,00277	0,00275	1,22890	0,43194	1,30410
3129	0,40656	0,00273	0,00275	1,22889	0,43196	1,30411
3131	0,40656	0,00271	0,00276	1,22886	0,43197	1,30414
3133	0,40654	0,00271	0,00276	1,22880	0,43199	1,30420
3136	0,40651	0,00272	0,00275	1,22872	0,43202	1,30428
3139	0,40644	0,00276	0,00275	1,22860	0,43204	1,30440
3141	0,40643	0,00275	0,00275	1,22855	0,43206	1,30445
3143	0,40645	0,00271	0,00275	1,22854	0,43208	1,30446
3146	0,40644	0,00270	0,00275	1,22850	0,43210	1,30450
3148	0,40642	0,00271	0,00275	1,22843	0,43212	1,30457
3151	0,40637	0,00274	0,00275	1,22833	0,43214	1,30467
3154	0,40637	0,00271	0,00275	1,22830	0,43216	1,30470
3156	0,40636	0,00270	0,00275	1,22826	0,43218	1,30474
3158	0,40634	0,00271	0,00275	1,22819	0,43220	1,30481
3161	0,40629	0,00273	0,00275	1,22809	0,43222	1,30491
3164	0,40624	0,00276	0,00275	1,22800	0,43224	1,30500
3166	0,40626	0,00273	0,00275	1,22798	0,43226	1,30502
3168	0,40626	0,00270	0,00275	1,22795	0,43228	1,30505

3171	0,40625	0,00270	0,00275	1,22790	0,43230	1,30510
3174	0,40621	0,00271	0,00275	1,22782	0,43232	1,30518
3177	0,40615	0,00275	0,00275	1,22771	0,43234	1,30529
3179	0,40614	0,00275	0,00275	1,22766	0,43236	1,30534
3181	0,40616	0,00271	0,00275	1,22765	0,43238	1,30535
3183	0,40615	0,00270	0,00275	1,22761	0,43240	1,30539
3186	0,40613	0,00270	0,00275	1,22754	0,43242	1,30546
3189	0,40608	0,00273	0,00275	1,22744	0,43244	1,30556
3191	0,40608	0,00271	0,00275	1,22741	0,43246	1,30559
3193	0,40607	0,00270	0,00275	1,22737	0,43247	1,30563
3196	0,40605	0,00270	0,00275	1,22731	0,43249	1,30569
3199	0,40600	0,00273	0,00275	1,22722	0,43252	1,30578
3202	0,40596	0,00275	0,00275	1,22713	0,43254	1,30587
3204	0,40597	0,00272	0,00275	1,22711	0,43256	1,30589
3206	0,40598	0,00270	0,00275	1,22708	0,43257	1,30592
3208	0,40596	0,00270	0,00275	1,22703	0,43259	1,30597
3211	0,40593	0,00271	0,00275	1,22695	0,43261	1,30605
3214	0,40587	0,00275	0,00275	1,22685	0,43263	1,30615
3217	0,40586	0,00274	0,00275	1,22680	0,43265	1,30620
3219	0,40588	0,00270	0,00275	1,22679	0,43267	1,30621
3221	0,40587	0,00269	0,00275	1,22675	0,43268	1,30625
3223	0,40585	0,00270	0,00275	1,22668	0,43270	1,30632
3227	0,40580	0,00273	0,00275	1,22659	0,43273	1,30641
3229	0,40580	0,00270	0,00275	1,22656	0,43274	1,30644
3231	0,40579	0,00269	0,00275	1,22652	0,43276	1,30648
3234	0,40577	0,00270	0,00275	1,22646	0,43278	1,30654
3237	0,40573	0,00272	0,00275	1,22637	0,43280	1,30663
3239	0,40568	0,00275	0,00275	1,22628	0,43282	1,30672
3241	0,40569	0,00272	0,00275	1,22627	0,43284	1,30673
3244	0,40570	0,00269	0,00275	1,22624	0,43285	1,30676
3246	0,40569	0,00269	0,00275	1,22619	0,43287	1,30681
3249	0,40565	0,00270	0,00275	1,22612	0,43289	1,30688
3252	0,40559	0,00274	0,00275	1,22602	0,43291	1,30698
3254	0,40558	0,00273	0,00275	1,22597	0,43293	1,30703
3256	0,40560	0,00270	0,00275	1,22596	0,43295	1,30704
3258	0,40560	0,00269	0,00275	1,22592	0,43296	1,30708
3261	0,40557	0,00269	0,00275	1,22586	0,43298	1,30714
3264	0,40553	0,00272	0,00275	1,22577	0,43300	1,30723
3267	0,40548	0,00275	0,00275	1,22568	0,43302	1,30732
3269	0,40550	0,00271	0,00275	1,22567	0,43304	1,30733

3271	0,40551	0,00269	0,00275	1,22565	0,43305	1,30735
3273	0,40549	0,00269	0,00275	1,22560	0,43307	1,30740
3276	0,40546	0,00270	0,00275	1,22552	0,43309	1,30748
3279	0,40539	0,00274	0,00275	1,22542	0,43311	1,30758
3282	0,40539	0,00273	0,00275	1,22538	0,43313	1,30762
3284	0,40541	0,00269	0,00275	1,22537	0,43314	1,30763
3286	0,40540	0,00268	0,00275	1,22533	0,43316	1,30767
3289	0,40538	0,00269	0,00275	1,22527	0,43318	1,30773
3292	0,40533	0,00272	0,00275	1,22518	0,43320	1,30782
3294	0,40534	0,00269	0,00275	1,22516	0,43322	1,30784
3296	0,40533	0,00268	0,00275	1,22512	0,43323	1,30788
3299	0,40531	0,00269	0,00275	1,22506	0,43325	1,30794
3302	0,40527	0,00271	0,00275	1,22498	0,43327	1,30802
3304	0,40522	0,00274	0,00275	1,22489	0,43329	1,30811
3307	0,40524	0,00271	0,00275	1,22488	0,43330	1,30812
3309	0,40525	0,00268	0,00275	1,22486	0,43332	1,30814
3311	0,40523	0,00268	0,00275	1,22481	0,43334	1,30819
3314	0,40520	0,00269	0,00275	1,22474	0,43336	1,30826
3317	0,40514	0,00274	0,00275	1,22464	0,43338	1,30836
3319	0,40513	0,00273	0,00275	1,22460	0,43339	1,30840
3321	0,40515	0,00269	0,00275	1,22459	0,43341	1,30841
3323	0,40515	0,00268	0,00275	1,22456	0,43342	1,30844
3326	0,40513	0,00268	0,00275	1,22450	0,43344	1,30850
3329	0,40508	0,00271	0,00275	1,22441	0,43346	1,30859
3331	0,40509	0,00269	0,00275	1,22439	0,43347	1,30861
3333	0,40508	0,00268	0,00275	1,22435	0,43349	1,30865
3336	0,40506	0,00268	0,00275	1,22430	0,43351	1,30870
3339	0,40501	0,00271	0,00275	1,22421	0,43353	1,30879
3342	0,40497	0,00274	0,00275	1,22413	0,43355	1,30887
3344	0,40499	0,00270	0,00275	1,22412	0,43356	1,30888
3346	0,40500	0,00268	0,00275	1,22410	0,43357	1,30890
3348	0,40498	0,00268	0,00275	1,22405	0,43359	1,30895
3351	0,40495	0,00269	0,00275	1,22398	0,43361	1,30902
3354	0,40489	0,00273	0,00275	1,22389	0,43363	1,30911
3357	0,40488	0,00272	0,00275	1,22385	0,43365	1,30915
3359	0,40491	0,00269	0,00275	1,22384	0,43366	1,30916
3361	0,40490	0,00268	0,00275	1,22381	0,43367	1,30919
3364	0,40488	0,00268	0,00275	1,22375	0,43369	1,30925
3367	0,40483	0,00271	0,00275	1,22366	0,43371	1,30934
3369	0,40484	0,00269	0,00275	1,22364	0,43372	1,30936

3371	0,40484	0,00268	0,00275	1,22361	0,43374	1,30939
3374	0,40482	0,00268	0,00275	1,22355	0,43376	1,30945
3377	0,40477	0,00270	0,00275	1,22347	0,43378	1,30953
3379	0,40473	0,00273	0,00275	1,22339	0,43379	1,30961
3382	0,40475	0,00270	0,00275	1,22338	0,43381	1,30962
3384	0,40475	0,00268	0,00275	1,22336	0,43382	1,30964
3386	0,40474	0,00267	0,00275	1,22332	0,43384	1,30968
3389	0,40471	0,00269	0,00275	1,22325	0,43385	1,30975
3392	0,40465	0,00272	0,00275	1,22316	0,43387	1,30984
3394	0,40465	0,00272	0,00275	1,22312	0,43389	1,30988
3396	0,40467	0,00268	0,00275	1,22312	0,43390	1,30988
3398	0,40466	0,00267	0,00275	1,22308	0,43392	1,30992
3401	0,40464	0,00267	0,00275	1,22303	0,43393	1,30997
3404	0,40460	0,00270	0,00275	1,22295	0,43395	1,31005
3407	0,40455	0,00273	0,00275	1,22287	0,43397	1,31013
3409	0,40457	0,00269	0,00275	1,22286	0,43398	1,31014
3411	0,40458	0,00267	0,00275	1,22284	0,43400	1,31016
3413	0,40457	0,00267	0,00275	1,22280	0,43401	1,31020
3416	0,40454	0,00268	0,00275	1,22273	0,43403	1,31027
3419	0,40448	0,00273	0,00275	1,22264	0,43405	1,31036
3422	0,40448	0,00272	0,00275	1,22260	0,43406	1,31040
3424	0,40450	0,00268	0,00275	1,22260	0,43407	1,31040
3426	0,40450	0,00267	0,00275	1,22257	0,43409	1,31043
3429	0,40448	0,00267	0,00275	1,22252	0,43410	1,31048
3432	0,40443	0,00270	0,00275	1,22243	0,43412	1,31057
3434	0,40444	0,00268	0,00275	1,22242	0,43414	1,31058
3436	0,40443	0,00267	0,00275	1,22239	0,43415	1,31061
3439	0,40442	0,00267	0,00275	1,22233	0,43417	1,31067
3442	0,40437	0,00270	0,00275	1,22225	0,43418	1,31075
3444	0,40433	0,00273	0,00275	1,22218	0,43420	1,31082
3446	0,40435	0,00269	0,00275	1,22217	0,43421	1,31083
3449	0,40436	0,00267	0,00275	1,22215	0,43423	1,31085
3451	0,40435	0,00267	0,00275	1,22211	0,43424	1,31089
3454	0,40432	0,00268	0,00275	1,22205	0,43426	1,31095
3457	0,40426	0,00272	0,00275	1,22196	0,43428	1,31104
3459	0,40425	0,00271	0,00275	1,22192	0,43429	1,31108
3461	0,40427	0,00267	0,00275	1,22192	0,43430	1,31108
3463	0,40427	0,00266	0,00275	1,22189	0,43432	1,31111
3466	0,40425	0,00267	0,00275	1,22184	0,43433	1,31116
3469	0,40421	0,00270	0,00275	1,22176	0,43435	1,31124

3471	0,40422	0,00267	0,00275	1,22174	0,43436	1,31126
3473	0,40421	0,00266	0,00275	1,22171	0,43438	1,31129
3476	0,40419	0,00267	0,00275	1,22166	0,43439	1,31134
3479	0,40415	0,00269	0,00275	1,22159	0,43441	1,31141
3482	0,40411	0,00272	0,00275	1,22151	0,43443	1,31149
3484	0,40413	0,00269	0,00275	1,22151	0,43444	1,31149
3486	0,40414	0,00266	0,00275	1,22149	0,43445	1,31151
3488	0,40413	0,00266	0,00275	1,22145	0,43446	1,31155
3491	0,40410	0,00267	0,00275	1,22139	0,43448	1,31161
3494	0,40404	0,00271	0,00275	1,22130	0,43450	1,31170
3497	0,40404	0,00271	0,00275	1,22127	0,43451	1,31173
3499	0,40406	0,00267	0,00275	1,22126	0,43452	1,31174
3501	0,40406	0,00266	0,00275	1,22124	0,43454	1,31176
3503	0,40404	0,00266	0,00275	1,22119	0,43455	1,31181
3506	0,40399	0,00269	0,00275	1,22111	0,43457	1,31189
3509	0,40400	0,00267	0,00275	1,22109	0,43458	1,31191
3511	0,40400	0,00266	0,00275	1,22106	0,43459	1,31194
3513	0,40398	0,00266	0,00275	1,22102	0,43461	1,31198
3516	0,40394	0,00269	0,00275	1,22094	0,43463	1,31206
3519	0,40390	0,00272	0,00275	1,22087	0,43464	1,31213
3521	0,40392	0,00268	0,00275	1,22086	0,43465	1,31214
3523	0,40393	0,00266	0,00275	1,22085	0,43467	1,31215
3526	0,40392	0,00266	0,00275	1,22081	0,43468	1,31219
3529	0,40389	0,00267	0,00275	1,22075	0,43470	1,31225
3532	0,40383	0,00271	0,00275	1,22067	0,43471	1,31233
3534	0,40383	0,00270	0,00275	1,22063	0,43473	1,31237
3536	0,40385	0,00267	0,00275	1,22063	0,43474	1,31237
3538	0,40385	0,00266	0,00275	1,22060	0,43475	1,31240
3541	0,40383	0,00266	0,00275	1,22056	0,43476	1,31244
3544	0,40379	0,00269	0,00275	1,22048	0,43478	1,31252
3547	0,40374	0,00272	0,00274	1,22041	0,43480	1,31259
3549	0,40377	0,00268	0,00275	1,22041	0,43481	1,31259
3551	0,40378	0,00266	0,00275	1,22039	0,43482	1,31261
3553	0,40377	0,00265	0,00275	1,22036	0,43483	1,31264
3556	0,40374	0,00267	0,00275	1,22030	0,43485	1,31270
3559	0,40368	0,00271	0,00274	1,22021	0,43486	1,31279
3561	0,40368	0,00270	0,00274	1,22018	0,43488	1,31282
3564	0,40370	0,00266	0,00275	1,22018	0,43489	1,31282
3566	0,40370	0,00265	0,00275	1,22016	0,43490	1,31284
3568	0,40368	0,00266	0,00275	1,22011	0,43491	1,31289

3571	0,40364	0,00269	0,00274	1,22003	0,43493	1,31297
3574	0,40365	0,00266	0,00275	1,22002	0,43494	1,31298
3576	0,40365	0,00265	0,00275	1,21999	0,43495	1,31301
3578	0,40363	0,00266	0,00275	1,21995	0,43497	1,31305
3581	0,40359	0,00268	0,00274	1,21988	0,43498	1,31312
3584	0,40355	0,00271	0,00274	1,21980	0,43500	1,31320
3586	0,40357	0,00268	0,00274	1,21980	0,43501	1,31320
3588	0,40358	0,00265	0,00275	1,21979	0,43502	1,31321
3591	0,40357	0,00265	0,00275	1,21976	0,43503	1,31324
3594	0,40354	0,00266	0,00275	1,21970	0,43505	1,31330
3596	0,40349	0,00270	0,00274	1,21961	0,43506	1,31339
3599	0,40348	0,00270	0,00274	1,21958	0,43508	1,31342
3600	0,40352	0,00265	0,00275	1,21961	0,43508	1,31339

Anexo 16. Comportamiento de concentraciones a temperaturas de 333 K.

Tiempo (seg)	Triglicéridos (mol/litros)	Diglicéridos (mol/litros)	Monoglicéridos (mol/litros)	Alcohol (mol/litros)	Glicerina (mol/litros)	Ester (mol/litros)
0	0,844	0	0	2,533	0	0
0,02	0,84380	0,00020	0,00000	2,53280	0,00000	0,00020
0,1	0,84280	0,00120	0,00000	2,53179	0,00000	0,00121
1	0,83780	0,00609	0,00011	2,52669	0,00000	0,00631
3	0,81353	0,02785	0,00243	2,49973	0,00018	0,03327
6	0,78023	0,05255	0,00957	2,45638	0,00164	0,07662
9	0,74659	0,07153	0,02005	2,40386	0,00584	0,12914
14	0,70859	0,08520	0,03408	2,33125	0,01613	0,20175
20	0,67132	0,08921	0,04762	2,24100	0,03585	0,29200
28	0,64012	0,08384	0,05541	2,14445	0,06463	0,38855
36	0,61511	0,07363	0,05592	2,04952	0,09934	0,48348
47	0,59305	0,06222	0,05058	1,95518	0,13815	0,57782
61	0,57091	0,05146	0,04166	1,85830	0,17997	0,67470
74	0,55500	0,04494	0,03511	1,79100	0,20894	0,74200
87	0,54011	0,03985	0,02976	1,73080	0,23428	0,80220
102	0,52596	0,03576	0,02554	1,67595	0,25674	0,85705
118	0,51268	0,03243	0,02230	1,62622	0,27658	0,90678
134	0,50047	0,02974	0,01983	1,58172	0,29396	0,95128
150	0,48946	0,02755	0,01794	1,54240	0,30906	0,99060
166	0,47961	0,02575	0,01646	1,50778	0,32219	1,02522
182	0,47077	0,02424	0,01528	1,47707	0,33371	1,05593
198	0,46273	0,02296	0,01431	1,44944	0,34400	1,08356
214	0,45536	0,02185	0,01349	1,42428	0,35330	1,10872
230	0,44858	0,02088	0,01280	1,40128	0,36175	1,13172
246	0,44234	0,02002	0,01220	1,38027	0,36944	1,15273
261	0,43660	0,01926	0,01169	1,36103	0,37644	1,17197
276	0,43128	0,01859	0,01124	1,34326	0,38289	1,18974
292	0,42631	0,01797	0,01084	1,32671	0,38888	1,20629
307	0,42163	0,01742	0,01049	1,31122	0,39446	1,22178
322	0,41725	0,01691	0,01017	1,29675	0,39967	1,23625
337	0,41316	0,01645	0,00988	1,28326	0,40451	1,24974
352	0,40932	0,01603	0,00963	1,27064	0,40903	1,26236
367	0,40568	0,01564	0,00940	1,25873	0,41328	1,27427
382	0,40223	0,01528	0,00918	1,24743	0,41731	1,28557
397	0,39895	0,01494	0,00899	1,23672	0,42112	1,29628
412	0,39585	0,01463	0,00881	1,22662	0,42471	1,30638

426	0,39292	0,01434	0,00865	1,21710	0,42809	1,31590
441	0,39014	0,01407	0,00850	1,20805	0,43129	1,32495
456	0,38747	0,01381	0,00836	1,19941	0,43435	1,33359
470	0,38492	0,01358	0,00823	1,19113	0,43728	1,34187
485	0,38248	0,01335	0,00811	1,18326	0,44006	1,34974
499	0,38017	0,01314	0,00800	1,17578	0,44269	1,35722
513	0,37796	0,01294	0,00789	1,16867	0,44520	1,36433
528	0,37585	0,01275	0,00780	1,16184	0,44761	1,37116
542	0,37380	0,01257	0,00771	1,15526	0,44992	1,37774
556	0,37184	0,01241	0,00762	1,14894	0,45214	1,38406
571	0,36996	0,01225	0,00754	1,14292	0,45425	1,39008
585	0,36818	0,01209	0,00746	1,13718	0,45627	1,39582
599	0,36646	0,01195	0,00739	1,13166	0,45820	1,40134
613	0,36479	0,01181	0,00733	1,12633	0,46007	1,40667
627	0,36318	0,01168	0,00726	1,12117	0,46188	1,41183
641	0,36164	0,01156	0,00720	1,11622	0,46361	1,41678
656	0,36016	0,01144	0,00715	1,11150	0,46526	1,42150
669	0,35874	0,01132	0,00709	1,10696	0,46684	1,42604
683	0,35737	0,01121	0,00704	1,10257	0,46838	1,43043
697	0,35603	0,01111	0,00699	1,09831	0,46987	1,43469
712	0,35474	0,01101	0,00695	1,09419	0,47130	1,43881
725	0,35350	0,01091	0,00690	1,09024	0,47268	1,44276
739	0,35232	0,01082	0,00686	1,08646	0,47400	1,44654
753	0,35117	0,01073	0,00682	1,08281	0,47527	1,45019
767	0,35005	0,01065	0,00678	1,07925	0,47651	1,45375
781	0,34897	0,01057	0,00675	1,07579	0,47772	1,45721
795	0,34792	0,01049	0,00671	1,07245	0,47888	1,46055
809	0,34692	0,01042	0,00668	1,06926	0,47999	1,46374
822	0,34595	0,01034	0,00665	1,06619	0,48105	1,46681
836	0,34501	0,01028	0,00662	1,06320	0,48210	1,46980
850	0,34409	0,01021	0,00659	1,06027	0,48311	1,47273
864	0,34319	0,01015	0,00656	1,05744	0,48410	1,47556
878	0,34234	0,01009	0,00654	1,05472	0,48504	1,47828
891	0,34152	0,01002	0,00651	1,05211	0,48595	1,48089
905	0,34072	0,00997	0,00649	1,04958	0,48683	1,48342
919	0,33993	0,00991	0,00647	1,04709	0,48769	1,48591
932	0,33917	0,00986	0,00644	1,04467	0,48853	1,48833
946	0,33843	0,00981	0,00642	1,04233	0,48934	1,49067
960	0,33773	0,00976	0,00640	1,04010	0,49011	1,49290
973	0,33705	0,00971	0,00638	1,03794	0,49086	1,49506

987	0,33638	0,00966	0,00636	1,03583	0,49160	1,49717
1001	0,33572	0,00962	0,00634	1,03375	0,49231	1,49925
1014	0,33508	0,00958	0,00633	1,03173	0,49301	1,50127
1028	0,33448	0,00953	0,00631	1,02980	0,49368	1,50320
1041	0,33389	0,00949	0,00629	1,02795	0,49432	1,50505
1055	0,33332	0,00945	0,00628	1,02615	0,49495	1,50685
1069	0,33276	0,00942	0,00626	1,02436	0,49556	1,50864
1082	0,33220	0,00938	0,00625	1,02262	0,49617	1,51038
1096	0,33167	0,00935	0,00623	1,02095	0,49675	1,51205
1109	0,33117	0,00931	0,00622	1,01934	0,49730	1,51366
1123	0,33068	0,00927	0,00621	1,01779	0,49784	1,51521
1136	0,33020	0,00924	0,00620	1,01627	0,49837	1,51673
1150	0,32972	0,00921	0,00618	1,01476	0,49889	1,51824
1164	0,32925	0,00918	0,00617	1,01330	0,49939	1,51970
1177	0,32881	0,00915	0,00616	1,01190	0,49988	1,52110
1190	0,32839	0,00912	0,00615	1,01056	0,50034	1,52244
1204	0,32797	0,00909	0,00614	1,00925	0,50079	1,52375
1218	0,32756	0,00907	0,00613	1,00795	0,50124	1,52505
1231	0,32715	0,00905	0,00612	1,00667	0,50168	1,52633
1245	0,32677	0,00902	0,00611	1,00545	0,50210	1,52755
1258	0,32640	0,00899	0,00610	1,00428	0,50251	1,52872
1271	0,32604	0,00897	0,00609	1,00315	0,50290	1,52985
1285	0,32569	0,00895	0,00608	1,00203	0,50329	1,53097
1299	0,32533	0,00893	0,00607	1,00092	0,50367	1,53208
1312	0,32499	0,00891	0,00606	0,99984	0,50404	1,53316
1325	0,32467	0,00888	0,00606	0,99882	0,50439	1,53418
1339	0,32436	0,00886	0,00605	0,99785	0,50473	1,53515
1352	0,32405	0,00884	0,00604	0,99688	0,50506	1,53612
1366	0,32375	0,00882	0,00604	0,99592	0,50540	1,53708
1379	0,32344	0,00881	0,00603	0,99497	0,50572	1,53803
1393	0,32316	0,00879	0,00602	0,99407	0,50603	1,53893
1406	0,32289	0,00877	0,00602	0,99321	0,50633	1,53979
1419	0,32263	0,00875	0,00601	0,99238	0,50662	1,54062
1433	0,32236	0,00873	0,00600	0,99155	0,50690	1,54145
1446	0,32209	0,00872	0,00600	0,99072	0,50719	1,54228
1460	0,32184	0,00871	0,00599	0,98992	0,50746	1,54308
1473	0,32160	0,00869	0,00598	0,98917	0,50772	1,54383
1486	0,32138	0,00867	0,00598	0,98845	0,50797	1,54455
1499	0,32115	0,00865	0,00598	0,98773	0,50822	1,54527
1513	0,32092	0,00864	0,00597	0,98701	0,50847	1,54599

1527	0,32069	0,00863	0,00596	0,98630	0,50871	1,54670
1540	0,32048	0,00862	0,00596	0,98563	0,50894	1,54737
1553	0,32028	0,00860	0,00596	0,98500	0,50916	1,54800
1566	0,32009	0,00859	0,00595	0,98438	0,50938	1,54862
1580	0,31989	0,00858	0,00595	0,98376	0,50959	1,54924
1594	0,31968	0,00857	0,00594	0,98313	0,50980	1,54987
1607	0,31949	0,00856	0,00594	0,98253	0,51001	1,55047
1620	0,31932	0,00855	0,00593	0,98198	0,51020	1,55102
1633	0,31915	0,00853	0,00593	0,98145	0,51039	1,55155
1646	0,31898	0,00852	0,00593	0,98091	0,51057	1,55209
1660	0,31881	0,00851	0,00592	0,98036	0,51076	1,55264
1674	0,31863	0,00851	0,00592	0,97983	0,51094	1,55317
1687	0,31847	0,00850	0,00591	0,97933	0,51111	1,55367
1700	0,31833	0,00848	0,00591	0,97887	0,51128	1,55413
1713	0,31819	0,00847	0,00591	0,97841	0,51144	1,55459
1727	0,31804	0,00846	0,00591	0,97793	0,51160	1,55507
1741	0,31788	0,00846	0,00590	0,97746	0,51176	1,55554
1754	0,31773	0,00845	0,00590	0,97701	0,51191	1,55599
1767	0,31761	0,00844	0,00590	0,97660	0,51206	1,55640
1780	0,31749	0,00843	0,00589	0,97620	0,51219	1,55680
1793	0,31736	0,00842	0,00589	0,97580	0,51233	1,55720
1807	0,31722	0,00841	0,00589	0,97538	0,51248	1,55762
1821	0,31709	0,00842	0,00588	0,97498	0,51261	1,55802
1834	0,31697	0,00841	0,00588	0,97461	0,51274	1,55839
1847	0,31687	0,00839	0,00588	0,97426	0,51286	1,55874
1860	0,31676	0,00838	0,00588	0,97392	0,51298	1,55908
1873	0,31664	0,00838	0,00588	0,97356	0,51310	1,55944
1887	0,31652	0,00838	0,00587	0,97319	0,51323	1,55981
1901	0,31641	0,00838	0,00587	0,97286	0,51334	1,56014
1914	0,31632	0,00836	0,00587	0,97255	0,51345	1,56045
1926	0,31623	0,00835	0,00587	0,97226	0,51355	1,56074
1940	0,31614	0,00834	0,00587	0,97195	0,51366	1,56105
1954	0,31603	0,00834	0,00586	0,97163	0,51377	1,56137
1968	0,31592	0,00835	0,00586	0,97132	0,51387	1,56168
1981	0,31584	0,00834	0,00586	0,97105	0,51397	1,56195
1993	0,31577	0,00832	0,00586	0,97080	0,51406	1,56220
2006	0,31569	0,00831	0,00586	0,97054	0,51415	1,56246
2020	0,31560	0,00831	0,00585	0,97026	0,51424	1,56274
2034	0,31550	0,00832	0,00585	0,96998	0,51433	1,56302
2047	0,31541	0,00832	0,00585	0,96973	0,51442	1,56327

2060	0,31535	0,00830	0,00585	0,96950	0,51450	1,56350
2073	0,31529	0,00829	0,00585	0,96929	0,51458	1,56371
2086	0,31521	0,00828	0,00585	0,96905	0,51466	1,56395
2100	0,31513	0,00829	0,00584	0,96880	0,51474	1,56420
2114	0,31504	0,00830	0,00584	0,96857	0,51482	1,56443
2127	0,31498	0,00829	0,00584	0,96836	0,51489	1,56464
2139	0,31493	0,00827	0,00584	0,96818	0,51496	1,56482
2152	0,31488	0,00826	0,00584	0,96799	0,51502	1,56501
2166	0,31480	0,00826	0,00584	0,96777	0,51510	1,56523
2180	0,31472	0,00828	0,00583	0,96755	0,51517	1,56545
2194	0,31466	0,00827	0,00583	0,96736	0,51523	1,56564
2206	0,31462	0,00826	0,00583	0,96720	0,51529	1,56580
2219	0,31457	0,00824	0,00583	0,96704	0,51535	1,56596
2232	0,31452	0,00824	0,00583	0,96686	0,51541	1,56614
2247	0,31444	0,00825	0,00583	0,96666	0,51548	1,56634
2261	0,31438	0,00826	0,00583	0,96648	0,51554	1,56652
2273	0,31434	0,00825	0,00583	0,96633	0,51559	1,56667
2285	0,31431	0,00823	0,00583	0,96620	0,51564	1,56680
2298	0,31426	0,00822	0,00583	0,96606	0,51569	1,56694
2312	0,31420	0,00823	0,00582	0,96589	0,51575	1,56711
2327	0,31413	0,00825	0,00582	0,96571	0,51580	1,56729
2340	0,31409	0,00824	0,00582	0,96557	0,51585	1,56743
2352	0,31407	0,00822	0,00582	0,96546	0,51589	1,56754
2365	0,31403	0,00821	0,00582	0,96534	0,51594	1,56766
2378	0,31399	0,00821	0,00582	0,96520	0,51598	1,56780
2393	0,31393	0,00822	0,00582	0,96504	0,51603	1,56796
2407	0,31387	0,00824	0,00581	0,96490	0,51608	1,56810
2419	0,31385	0,00822	0,00582	0,96480	0,51612	1,56820
2431	0,31383	0,00820	0,00582	0,96470	0,51615	1,56830
2444	0,31380	0,00819	0,00582	0,96459	0,51619	1,56841
2459	0,31375	0,00820	0,00581	0,96446	0,51624	1,56854
2473	0,31368	0,00823	0,00581	0,96431	0,51628	1,56869
2487	0,31365	0,00822	0,00581	0,96421	0,51632	1,56879
2498	0,31365	0,00819	0,00581	0,96414	0,51635	1,56886
2511	0,31363	0,00818	0,00581	0,96405	0,51638	1,56895
2524	0,31359	0,00818	0,00581	0,96394	0,51642	1,56906
2539	0,31353	0,00821	0,00581	0,96381	0,51646	1,56919
2553	0,31348	0,00822	0,00580	0,96370	0,51649	1,56930
2566	0,31348	0,00820	0,00581	0,96363	0,51652	1,56937
2577	0,31347	0,00817	0,00581	0,96357	0,51655	1,56943

2590	0,31344	0,00817	0,00581	0,96348	0,51658	1,56952
2605	0,31340	0,00818	0,00581	0,96337	0,51661	1,56963
2620	0,31334	0,00821	0,00580	0,96325	0,51664	1,56975
2633	0,31332	0,00820	0,00580	0,96318	0,51667	1,56982
2644	0,31333	0,00817	0,00581	0,96313	0,51669	1,56987
2656	0,31331	0,00816	0,00581	0,96307	0,51672	1,56993
2671	0,31328	0,00816	0,00581	0,96299	0,51675	1,57001
2686	0,31323	0,00819	0,00580	0,96288	0,51678	1,57012
2700	0,31319	0,00821	0,00580	0,96278	0,51680	1,57022
2712	0,31320	0,00818	0,00580	0,96275	0,51682	1,57025
2723	0,31320	0,00815	0,00581	0,96270	0,51684	1,57030
2736	0,31318	0,00815	0,00581	0,96264	0,51687	1,57036
2751	0,31314	0,00817	0,00580	0,96255	0,51689	1,57045
2767	0,31308	0,00821	0,00580	0,96244	0,51692	1,57056
2779	0,31307	0,00819	0,00580	0,96240	0,51694	1,57060
2791	0,31309	0,00816	0,00580	0,96237	0,51696	1,57063
2802	0,31308	0,00814	0,00580	0,96233	0,51697	1,57067
2817	0,31305	0,00815	0,00580	0,96226	0,51700	1,57074
2832	0,31300	0,00819	0,00580	0,96216	0,51702	1,57084
2846	0,31296	0,00821	0,00579	0,96209	0,51704	1,57091
2858	0,31298	0,00816	0,00580	0,96207	0,51705	1,57093
2869	0,31299	0,00814	0,00580	0,96205	0,51707	1,57095
2882	0,31297	0,00814	0,00580	0,96200	0,51709	1,57100
2898	0,31294	0,00816	0,00580	0,96192	0,51711	1,57108
2913	0,31288	0,00821	0,00579	0,96183	0,51713	1,57117
2926	0,31288	0,00818	0,00579	0,96180	0,51714	1,57120
2937	0,31290	0,00814	0,00580	0,96180	0,51715	1,57120
2949	0,31290	0,00813	0,00580	0,96176	0,51717	1,57124
2963	0,31288	0,00814	0,00580	0,96171	0,51719	1,57129
2979	0,31282	0,00818	0,00579	0,96162	0,51720	1,57138
2993	0,31279	0,00821	0,00579	0,96156	0,51722	1,57144
3004	0,31282	0,00815	0,00580	0,96156	0,51723	1,57144
3015	0,31283	0,00813	0,00580	0,96155	0,51724	1,57145
3029	0,31282	0,00813	0,00580	0,96151	0,51725	1,57149
3044	0,31278	0,00815	0,00579	0,96145	0,51727	1,57155
3060	0,31272	0,00821	0,00579	0,96136	0,51729	1,57164
3072	0,31274	0,00818	0,00579	0,96135	0,51730	1,57165
3083	0,31276	0,00813	0,00580	0,96136	0,51731	1,57164
3095	0,31276	0,00812	0,00580	0,96133	0,51732	1,57167
3109	0,31274	0,00813	0,00580	0,96129	0,51733	1,57171

3125	0,31269	0,00818	0,00579	0,96121	0,51734	1,57179
3139	0,31266	0,00820	0,00578	0,96116	0,51736	1,57184
3151	0,31270	0,00815	0,00579	0,96118	0,51736	1,57182
3162	0,31271	0,00812	0,00580	0,96117	0,51737	1,57183
3175	0,31270	0,00812	0,00580	0,96114	0,51738	1,57186
3191	0,31267	0,00815	0,00579	0,96109	0,51739	1,57191
3206	0,31260	0,00821	0,00578	0,96101	0,51741	1,57199
3218	0,31263	0,00817	0,00579	0,96101	0,51741	1,57199
3229	0,31266	0,00813	0,00579	0,96102	0,51742	1,57198
3241	0,31266	0,00812	0,00580	0,96101	0,51743	1,57199
3256	0,31264	0,00813	0,00579	0,96097	0,51744	1,57203
3272	0,31259	0,00818	0,00579	0,96090	0,51745	1,57210
3283	0,31262	0,00813	0,00579	0,96091	0,51746	1,57209
3294	0,31263	0,00811	0,00580	0,96091	0,51746	1,57209
3308	0,31262	0,00812	0,00579	0,96088	0,51747	1,57212
3325	0,31257	0,00816	0,00579	0,96082	0,51748	1,57218
3336	0,31259	0,00813	0,00579	0,96082	0,51749	1,57218
3348	0,31260	0,00811	0,00579	0,96082	0,51749	1,57218
3362	0,31259	0,00812	0,00579	0,96079	0,51750	1,57221
3378	0,31255	0,00816	0,00579	0,96074	0,51751	1,57226
3392	0,31250	0,00820	0,00578	0,96069	0,51752	1,57231
3404	0,31254	0,00815	0,00579	0,96071	0,51752	1,57229
3415	0,31256	0,00812	0,00579	0,96071	0,51753	1,57229
3428	0,31256	0,00811	0,00579	0,96070	0,51753	1,57230
3443	0,31254	0,00813	0,00579	0,96066	0,51754	1,57234
3459	0,31248	0,00819	0,00578	0,96060	0,51755	1,57240
3472	0,31249	0,00817	0,00578	0,96059	0,51756	1,57241
3482	0,31253	0,00812	0,00579	0,96062	0,51756	1,57238
3494	0,31253	0,00811	0,00579	0,96061	0,51756	1,57239
3508	0,31252	0,00811	0,00579	0,96059	0,51757	1,57241
3524	0,31248	0,00816	0,00579	0,96054	0,51758	1,57246
3536	0,31251	0,00812	0,00579	0,96055	0,51758	1,57245
3547	0,31251	0,00811	0,00579	0,96055	0,51758	1,57245
3561	0,31250	0,00811	0,00579	0,96053	0,51759	1,57247
3577	0,31247	0,00815	0,00579	0,96049	0,51760	1,57251
3592	0,31243	0,00819	0,00578	0,96044	0,51760	1,57256
3600	0,31249	0,00811	0,00579	0,96049	0,51760	1,57251

Anexo 17. Comportamiento de concentraciones a temperaturas de 337.65 K.

Tiempo (seg)	Triglicéridos (mol/litros)	Diglicéridos (mol/litros)	Monoglicéridos (mol/litros)	Alcohol (mol/litros)	Glicerina (mol/litros)	Ester (mol/litros)
0	0,844	0	0	2,533	0	0
0,02	0,843799	0,000201	0,000000	2,532799	0,000000	0,000201
0,11	0,842795	0,001200	0,000005	2,531790	0,000000	0,001210
1	0,837801	0,006069	0,000127	2,526669	0,000002	0,006331
3	0,813430	0,027525	0,002766	2,499107	0,000279	0,033893
6	0,784627	0,048370	0,009103	2,460725	0,001900	0,072275
9	0,751893	0,066899	0,018681	2,409159	0,006526	0,123841
14	0,710155	0,083870	0,031963	2,331169	0,018011	0,201831
21	0,659998	0,096482	0,046334	2,220290	0,041187	0,312710
29	0,604501	0,103180	0,057486	2,078349	0,078833	0,454651
40	0,545308	0,104557	0,062658	1,908697	0,131477	0,624303
55	0,482216	0,101553	0,061117	1,711870	0,199114	0,821130
71	0,434643	0,096884	0,056267	1,554963	0,256206	0,978037
89	0,390818	0,090829	0,049869	1,404984	0,312483	1,128016
115	0,348076	0,083168	0,042501	1,254064	0,370255	1,278936
144	0,313335	0,075538	0,036080	1,128161	0,419047	1,404839
170	0,290563	0,069862	0,031780	1,044191	0,451796	1,488809
196	0,272494	0,064993	0,028429	0,976896	0,478085	1,556104
226	0,256747	0,060532	0,025611	0,917916	0,501110	1,615084
257	0,243343	0,056635	0,023328	0,867627	0,520694	1,665373
290	0,232186	0,053370	0,021533	0,825829	0,536912	1,707171
325	0,222916	0,050678	0,020131	0,791235	0,550275	1,741765
360	0,215156	0,048462	0,019029	0,762422	0,561353	1,770578
396	0,208623	0,046638	0,018157	0,738303	0,570582	1,794697
432	0,203127	0,045141	0,017465	0,718129	0,578267	1,814871
469	0,198519	0,043917	0,016915	0,701306	0,584649	1,831694
506	0,194653	0,042917	0,016475	0,687268	0,589955	1,845732
543	0,191391	0,042093	0,016118	0,675478	0,594397	1,857522
580	0,188621	0,041407	0,015827	0,665506	0,598144	1,867494
618	0,186265	0,040835	0,015589	0,657053	0,601312	1,875947
656	0,184266	0,040358	0,015392	0,649907	0,603984	1,883093
694	0,182577	0,039961	0,015229	0,643883	0,606232	1,889117
731	0,181146	0,039630	0,015094	0,638792	0,608130	1,894208
769	0,179925	0,039351	0,014981	0,634459	0,609743	1,898541
807	0,178881	0,039114	0,014886	0,630758	0,611118	1,902242
846	0,177990	0,038913	0,014807	0,627604	0,612289	1,905396

884	0,177233	0,038745	0,014740	0,624930	0,613282	1,908070
922	0,176592	0,038603	0,014684	0,622665	0,614122	1,910335
960	0,176045	0,038483	0,014635	0,620736	0,614837	1,912264
998	0,175576	0,038380	0,014595	0,619084	0,615449	1,913916
1036	0,175174	0,038292	0,014561	0,617668	0,615972	1,915332
1075	0,174832	0,038217	0,014533	0,616462	0,616418	1,916538
1113	0,174541	0,038155	0,014508	0,615440	0,616797	1,917560
1151	0,174294	0,038102	0,014486	0,614571	0,617118	1,918429
1189	0,174082	0,038057	0,014468	0,613827	0,617393	1,919173
1227	0,173900	0,038017	0,014453	0,613188	0,617630	1,919812
1266	0,173745	0,037983	0,014441	0,612641	0,617831	1,920359
1304	0,173613	0,037954	0,014430	0,612177	0,618003	1,920823
1342	0,173500	0,037931	0,014420	0,611783	0,618149	1,921217
1380	0,173404	0,037911	0,014411	0,611447	0,618273	1,921553
1419	0,173322	0,037893	0,014405	0,611157	0,618380	1,921843
1457	0,173251	0,037878	0,014400	0,610909	0,618472	1,922091
1496	0,173191	0,037864	0,014395	0,610697	0,618549	1,922303
1534	0,173140	0,037854	0,014391	0,610518	0,618616	1,922482
1572	0,173096	0,037845	0,014386	0,610365	0,618672	1,922635
1610	0,173059	0,037838	0,014383	0,610235	0,618721	1,922765
1648	0,173027	0,037830	0,014381	0,610122	0,618762	1,922878
1687	0,173000	0,037823	0,014379	0,610025	0,618798	1,922975
1725	0,172976	0,037818	0,014378	0,609943	0,618828	1,923057
1763	0,172956	0,037815	0,014375	0,609874	0,618854	1,923126
1801	0,172939	0,037812	0,014373	0,609815	0,618876	1,923185
1840	0,172925	0,037809	0,014372	0,609764	0,618895	1,923236
1878	0,172912	0,037805	0,014372	0,609719	0,618911	1,923281
1917	0,172902	0,037802	0,014372	0,609682	0,618924	1,923318
1955	0,172893	0,037801	0,014370	0,609650	0,618936	1,923350
1993	0,172885	0,037800	0,014368	0,609624	0,618946	1,923376
2031	0,172878	0,037799	0,014367	0,609601	0,618955	1,923399
2070	0,172873	0,037797	0,014368	0,609580	0,618962	1,923420
2108	0,172868	0,037795	0,014369	0,609563	0,618968	1,923437
2147	0,172864	0,037794	0,014368	0,609548	0,618973	1,923452
2185	0,172860	0,037795	0,014367	0,609537	0,618978	1,923463
2223	0,172857	0,037795	0,014366	0,609526	0,618983	1,923474
2261	0,172855	0,037794	0,014366	0,609517	0,618986	1,923483
2300	0,172853	0,037792	0,014367	0,609509	0,618988	1,923491
2338	0,172851	0,037791	0,014368	0,609502	0,618990	1,923498
2376	0,172849	0,037792	0,014367	0,609497	0,618993	1,923503

2414	0,172847	0,037793	0,014365	0,609493	0,618995	1,923507
2453	0,172846	0,037793	0,014365	0,609489	0,618997	1,923511
2491	0,172845	0,037791	0,014366	0,609485	0,618998	1,923515
2530	0,172845	0,037790	0,014367	0,609481	0,618998	1,923519
2568	0,172844	0,037790	0,014367	0,609479	0,618999	1,923521
2606	0,172843	0,037791	0,014365	0,609477	0,619000	1,923523
2644	0,172842	0,037792	0,014364	0,609475	0,619001	1,923525
2683	0,172842	0,037791	0,014365	0,609474	0,619002	1,923526
2721	0,172842	0,037790	0,014367	0,609472	0,619002	1,923528
2760	0,172842	0,037789	0,014367	0,609470	0,619002	1,923530
2798	0,172841	0,037790	0,014366	0,609470	0,619003	1,923530
2836	0,172841	0,037792	0,014364	0,609469	0,619004	1,923531
2874	0,172841	0,037792	0,014364	0,609469	0,619004	1,923531
2913	0,172841	0,037790	0,014366	0,609468	0,619004	1,923532
2952	0,172841	0,037788	0,014367	0,609467	0,619003	1,923533
2990	0,172841	0,037789	0,014367	0,609466	0,619004	1,923534
3027	0,172840	0,037791	0,014365	0,609467	0,619004	1,923533
3065	0,172840	0,037792	0,014363	0,609467	0,619005	1,923533
3104	0,172840	0,037791	0,014364	0,609466	0,619005	1,923534
3143	0,172840	0,037789	0,014367	0,609465	0,619004	1,923535
3181	0,172840	0,037788	0,014368	0,609465	0,619004	1,923535
3219	0,172840	0,037790	0,014366	0,609465	0,619005	1,923535
3257	0,172840	0,037792	0,014363	0,609465	0,619005	1,923535
3295	0,172839	0,037792	0,014363	0,609465	0,619005	1,923535
3334	0,172840	0,037790	0,014366	0,609465	0,619005	1,923535
3373	0,172840	0,037788	0,014368	0,609464	0,619004	1,923536
3411	0,172840	0,037789	0,014367	0,609464	0,619004	1,923536
3449	0,172839	0,037791	0,014364	0,609465	0,619005	1,923535
3487	0,172839	0,037792	0,014363	0,609465	0,619006	1,923535
3525	0,172840	0,037791	0,014364	0,609465	0,619005	1,923535
3565	0,172840	0,037788	0,014368	0,609464	0,619004	1,923536
3600	0,172839	0,037796	0,014359	0,609466	0,619007	1,923534