



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Facultad de Ciencias Experimentales

Trabajo Fin de Grado

Absorción física y con reacción química de dióxido de carbono en disoluciones de etanolamina.

Alumno: Antonio Javier Soriano Bermúdez

Jaén, Febrero de 2020



UNIVERSIDAD DE JAÉN



Facultad de
Ciencias Experimentales

Trabajo Fin de Grado

Absorción física y con reacción química de dióxido de carbono en disoluciones de etanolamina.

Alumno: Antonio Javier Soriano Bermúdez

Jaén, Febrero de 2020

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	4
2. INTRODUCCIÓN.....	5
2.1. Dióxido de carbono y cambio climático.....	5
2.1.1. Dióxido de carbono.....	5
2.1.2. Cambio climático.....	6
2.1.2.1. Efectos del cambio climático.....	7
2.2. Absorción de gases.....	8
2.2.1. Absorción física y con reacción química.....	9
2.2.1.1. Absorción física.....	9
2.2.1.2. Absorción con reacción química.....	10
2.3. Alcanolaminas.....	10
2.3.1. Monoetanolamina.....	11
2.3.2. Dietanolamina.....	11
2.3.3. Trietanolamina.....	12
3. MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	12
3.1. Preparación de las muestras.....	12
3.2. Metodología analítica.....	15
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
4.1. Agua.....	19
4.2. Etanolamina 0,1M.....	22
4.3. Etanolamina 0,5 M.....	25
4.4. Etanolamina 1 M.....	28
4.5. Dietanolamina 0,1M.....	31
4.6. Dietanolamina 0,5 M.....	34
4.7. Dietanolamina 1 M.....	37
4.8. Trietanolamina 0,1 M.....	40
4.9. Trietanolamina 0,5 M.....	43
4.10. Trietanolamina 1M.....	46
5. CONCLUSIONES.....	49
6. BIBLIOGRAFÍA.....	49

1. RESUMEN.

Actualmente, la existencia del cambio climático es un hecho innegable, es por ello, por lo que las distintas administraciones medioambientales establecen distintos parámetros a la hora de realizar emisiones contaminantes al medio ambiente, especialmente al dióxido de carbono (CO_2), uno de los grandes responsables de la presencia del cambio climático, con el fin de reducir o eliminar las emisiones.

Las diferentes industrias emisoras de este contaminante, entre las que destacan las petrolíferas, del carbón y gas natural, han de reducir sus niveles de emisiones, por lo que muy a menudo emplean diferentes métodos para la retención y reducción de los distintos contaminantes que emiten.

El siguiente trabajo realiza un estudio científico sobre la absorción física y con reacción química de CO_2 por disoluciones de etanolamina, dietanolamina y trietanolamina, todas ellas a distintas concentraciones (0,1M, 0,5M y 1M) y distintas temperaturas (20, 25,30 y 35°C), con el fin de obtener cual es la amina, concentración y temperatura a la que se absorbe más cantidad de CO_2 . Este Trabajo de Fin de Grado se ha realizado en la Universidad de Jaén, en el Departamento de Ingeniería Química, Ambiental y de los Materiales.

Palabras clave: absorción física y con reacción química, etanolamina, dietanolamina, trietanolamina, dióxido de carbono.

ABSTRACT

Nowadays, the existence of climate change is an undeniable fact. Therefore, the different environmental administrations establish several parameters towards the polluting emissions to the atmosphere. Especially carbon dioxide (CO_2), one of the main responsible for the presence of the climate change.

The different industries producing this pollutant, among which oil, coal and natural gas stand out, have to reduce their levels of emissions. Due to this, industries often use varied methods for the retention and reduction of the different pollutants they emit.

The following research paper studies scientifically the physical absorption and chemical reaction of CO_2 by solutions of ethanolamine, diethanolamine and triethanolamine, all at different concentrations (0.1M, 0.5M and 1M) and

different temperatures (20, 25, 30 and 35°C). This was carried out in order to obtain the amine, with a concentration and temperature optimal to absorb CO₂. This Final Degree Research has been carried out at the University of Jaén, in the Department of Chemical, Environmental and Materials Engineering.

Key words: physical absorption and chemical reaction, ethanolamine, diethanolamine, triethanolamine, carbon dioxide.

2. INTRODUCCIÓN.

2.1. Dióxido de carbono y cambio climático.

En los últimos años, el aumento desproporcionado del dióxido de carbono, entre otros gases, ha hecho que se cree un desequilibrio en el efecto invernadero, causando un aumento en la temperatura de la Tierra fuera de los parámetros normales, dando lugar a lo que se conoce como cambio climático.

2.1.1. Dióxido de carbono.

El dióxido de carbono (CO₂), es un gas incoloro. Este compuesto químico está formado por un átomo de carbono, unido por enlaces covalentes dobles a dos átomos de oxígeno. O=C=O. Este gas se presenta de forma natural en la Tierra (erupciones volcánicas, aguas termales, geiseres), de hecho, es esencial para la vida, ya que las plantas lo necesitan para la realización de la fotosíntesis, mecanismo a partir del cual se produce el oxígeno que respiramos. El CO₂, es también un gas de efecto invernadero, que absorbe y emite radiación en el rango del infrarrojo.

Pese a la natural presencia del CO₂ y sus beneficios para la vida en la Tierra, en altas concentraciones, como las actuales, resulta perjudicial. Este aumento, de origen antropogénico, se produce a partir de la Revolución Industrial, con la quema de combustibles fósiles y deforestación entre otros factores, incrementándose peligrosamente en las últimas décadas, hasta alcanzar una concentración de 407,8 partes por millón en volumen en el 2018, según el informe de la Organización Meteorológica Mundial, presentado en noviembre de 2019, frente a las menos de 300 partes por millón previas a la Revolución Industrial. Estos niveles se ven modificados dependiendo de la estación del

año, siendo menor en primavera y verano, estación en la que las plantas absorben más, y mayor en otoño e invierno, en las que las plantas están en estado latente; por otro lado, también varía según la región, siendo mayor en zonas industrializadas y menor en los ambientes rurales.

2.1.2. Cambio climático.

Antes de profundizar en qué consiste el cambio climático, tenemos que saber qué es el clima y diferenciarlo del tiempo, ya que es un campo de investigación muy complejo. Así mismo, hay que tener en cuenta, que el clima de la Tierra nunca ha sido estático, está sometido a variaciones en todas las escalas temporales, desde decenios a miles y millones de años.

Se entiende por tiempo a la variabilidad de fenómenos atmosféricos en una escala temporal desde minutos a días. Por otro lado, se entiende por clima, al estado atmosférico promedio a lo largo de un considerable espacio de tiempo, del orden de décadas. Mientras que a través de la meteorología, actualmente se puede predecir el tiempo, no ocurre lo mismo con el clima.

Conociendo esto, se denomina cambio climático a la variación global del clima de la Tierra. Esta variación se debe a causas naturales y antropogénicas y se produce sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc, a muy diversas escalas de tiempo. El término "efecto de invernadero" se refiere a la retención del calor procedente de la energía solar en la atmósfera de la Tierra por parte de una capa de gases que hay en la atmósfera. Sin ellos, la vida tal como la conocemos no sería posible, ya que gracias a ella, la Tierra mantiene una temperatura media de 15°C, de no existir, la temperatura terrestre sería inferior a los -18°C. Entre estos gases se encuentran el dióxido de carbono, el óxido nitroso y el metano, que son liberados por la industria, la agricultura y la combustión de combustibles fósiles. El mundo industrializado ha conseguido que la concentración de estos gases haya aumentado un 30% desde el siglo pasado, cuando, sin la actuación humana, la naturaleza se encargaba de equilibrar las emisiones.

Pese a que se podría calificar el cambio climático como algo natural, propio de un cambio de ciclo en la Tierra, esto no es así, ya que se ve altamente modificado y acelerado por la actividad humana. Es por ello, por lo que en la actualidad existe un consenso científico, casi generalizado, en torno a la idea

de que nuestro modo de producción y consumo energético está generando una alteración climática global, que provocará, a su vez, serios impactos tanto sobre la Tierra como sobre los sistemas socioeconómicos.

2.1.2.1. Efectos del cambio climático.

Afecta a la biodiversidad. El cambio climático causa alteraciones en procesos esenciales de muchos organismos, como puede ser la reproducción o el crecimiento, además aumenta el riesgo de extinción de muchas especies, así como la proliferación de especies invasoras y plagas. Por otro lado, los fenómenos migratorios también se ven afectados.

Aumento del número de incendios y gravedad de estos. Dada la sequedad del ambiente, los bosques se han convertido en un campo de cultivo ideal para los incendios, además, la regeneración de los bosques es cada vez más lenta, por lo que existe un grave riesgo de deforestación.

El deshielo de glaciares y los Polos se ha visto incrementado en las últimas décadas. A causa de este deshielo se incrementará el nivel del mar entre 10 y 68 cm a finales de este siglo, lo que causará graves problemas en las zonas costeras.

Aumento de la temperatura. La temperatura media del planeta se verá incrementada, lo que producirá importantes sequías, que producirán a su vez la desertización de grandes áreas de terreno, por lo que los alimentos a su vez serán más escasos y caros, ya que el área cultivable y el agua disponible serán muy escasas. A su vez esto ocasionará grandes brechas sociales entre un mundo más desarrollado y avanzado, con capacidad de adaptarse a las nuevas condiciones climáticas, y un mundo empobrecido que sufra ampliamente los problemas del cambio climático, incluyendo epidemias, guerras y hambruna.

Los fenómenos meteorológicos serán más extremos. En la actualidad, ya ocurre esto, aunque se prevé que empeore. Los períodos de sequía serán mayores, las olas de calor más duraderas y continuadas en el verano, las lluvias serán escasas y torrenciales, lo que ocasionará graves daños en ciudades y en el campo, los fenómenos costeros también serán más intensos, a causa del aumento del nivel del mar anteriormente citado.

Para poner solución a estos efectos, o minimizarlos lo máximo y eliminar o reducir las emisiones de distintos contaminantes, causantes del cambio

climático, los gobiernos de distintos países pertenecientes a las Naciones Unidas se reúnen desde 1979 (I Convención del Clima) en distintas cumbres climáticas, con el objetivo de reducir emisiones y hablar sobre temas de interés medioambiental, como la pérdida de biodiversidad, desertificación, etc. La última de estas cumbres se ha realizado en Madrid en 2019, tras no haber podido realizarse en Chile.

2.2. Absorción de gases.

La absorción de gases es una operación básica en la que uno o más componentes de una mezcla gaseosa se separan a través de un líquido en el que son solubles. Tiene como base la transferencia de materia desde una fase homogénea a otra, a escala molecular, usando un gradiente de concentración, de temperaturas, de presión, etc. como fuerza impulsora. Esta transferencia de materia de una fase a otra, comprende por una parte, las relaciones de equilibrio, y por otra, la velocidad con la que el proceso se desarrolla, siendo estas importantes para calcular el límite a conseguir para unas condiciones determinadas, y el tiempo que se tardará en conseguir el resultado deseado, respectivamente. La operación inversa, denominada desorción, consiste en la transferencia a la fase gaseosa de los componentes volátiles de una mezcla líquida.

“La transmisión de un componente de una a otra fase, supone atravesar las películas correspondientes a las fases gaseosa y líquida, por este orden, cuando se trata de una absorción. Se supone que, en la superficie de separación, ambas fases están en equilibrio. Por tanto, así como en la masa principal de cada fase puede estimarse que la concentración es constante, ya que las pequeñas diferencias que pudieran producirse se igualan rápidamente, en las películas de tránsito, que se encuentran prácticamente en reposo, hay un gradiente de concentración desde el valor de la fase hasta el de la interfase.” (Vián, A. y Ocón, J, 1976)

Normalmente la absorción es usada para la recuperación de productos de corrientes gaseosas, también se utiliza de modo creciente como método controlador de emisiones contaminantes a la atmósfera, purificando los gases reteniendo sustancias contaminantes para la atmósfera, como por ejemplo el dióxido de carbono.

Los instrumentos empleados para poner en contacto íntimo una corriente gaseosa y otra líquida de forma continua para que tenga lugar la absorción pueden ser torres de platos, torres de relleno, torres de pulverización y columnas de burbujeo.

Las torres o columnas son recipientes cilíndricos esbeltos donde se coloca un relleno o platos y se hace circular, normalmente a contracorriente, el gas y el líquido por el interior de la torre. Los dispositivos internos colocados promueven el contacto entre las fases, aumentando así el área interfacial por el cual se producirá la transferencia de materia.

Los mecanismos más usados para conseguir la transferencia de materia son, dividir el gas en pequeñas burbujas en una superficie líquida continua en el caso de las torres de burbujeo, separar el líquido en películas que fluyan a través de una fase gaseosa continua en el caso de la torre de relleno, y convertir el líquido en gotas de pequeño tamaño que caigan a través de una fase gaseosa continua en la torre de pulverización. Cada uno de estos mecanismos favorece un tipo de transferencia, y según los requisitos que deseemos alcanzar será más recomendable utilizar un tipo de columna u otro.

2.2.1. Absorción física y con reacción química.

El proceso de absorción recibe el nombre de absorción física, cuando se trata de un proceso físico controlado por la transferencia de materia, que depende de las condiciones de operación y de la solubilidad del gas. Cuando se produce una reacción entre algún soluto presente en el líquido absorbente y el gas absorbido, que acelera el proceso de separación, se trata de absorción con reacción química.

2.2.1.1. Absorción física.

En un proceso de absorción física, el compuesto absorbido es más soluble en el líquido que otros compuestos presentes en la corriente gaseosa y no hay reacción química entre los gases y la disolución. La absorción depende de la presión parcial del gas objetivo. Por lo que, no suele ser viable si la concentración del compuesto es muy baja en la fase gas.

“En la absorción física, cuando un gas se pone en contacto con la superficie de un líquido, no volátil, se produce una transferencia de materia desde la fase

gaseosa a la líquida, a través de la interfase que las separa, que se encuentra controlada por la resistencia que opone cada fase a la transferencia. Se producirá una disolución del gas en el líquido hasta establecerse un equilibrio y, la concentración resultante del gas disuelto en el líquido será la solubilidad del gas, a la temperatura y presión de operación.” (Ana Belén López, 2003)

Las propiedades físicas, viscosidad y tensión superficial principalmente, influyen en gran medida en los procesos de transferencia de materia gas-líquido. Es por ello, por lo que estas propiedades son de gran importancia a la hora de calcular los coeficientes de transferencia de materia y el área interfacial.

2.2.1.2. Absorción con reacción química.

“Cuando el gas a absorber es poco soluble en los disolventes corrientes se le suele tratar con un líquido con el que reaccione, para así fijarle mejor. El líquido elegido debe formar con el gas un compuesto que a la temperatura de trabajo sea muy estable y, en cambio, se descomponga después fácilmente por el calor. No hay una separación muy clara entre la absorción puramente física y la absorción seguida de una rápida reacción irreversible; entre una y otra existen toda clase de ejemplos intermedios.” (Vián, A. y Ocón, J., 1976)

La absorción con reacción química se da cuando se produce una reacción química en el líquido con las moléculas absorbidas al difundirse, se modifican los perfiles de concentración; de forma que, se ve afectada la rapidez de la absorción. Se realiza frecuentemente, utilizando un disolvente que reacciona con el gas o que contiene un soluto que es reactivo.

Algunas veces, tanto el reactivo como el producto de la reacción son solubles, como en la absorción del dióxido de carbono en una solución acuosa de etanolaminas u otras soluciones alcalinas. Por el contrario, los gases de las calderas que contienen dióxido de azufre pueden ponerse en contacto con lechadas de piedra caliza en agua, para formar sulfito de calcio insoluble.

2.3. Alcanolaminas.

Se tratan de sustancias derivadas del amoníaco por sustitución de uno o dos átomos de hidrógeno por radicales alifáticos o aromáticos. El grupo hidroxilo incrementa la solubilidad en agua y reduce la presión de vapor de la

alcanolamina. Por su parte, el grupo amino, es el que da el carácter alcalino a la disolución acuosa, necesario para la absorción de gases ácidos.

Son muchas las industrias (petroquímicas, del carbón, gas natural, etc.) que utilizan la operación de absorción, por medio de disoluciones de alcanolaminas en disolventes acuosos u orgánicos, para la separación del dióxido de carbono en corrientes gaseosas.

Dentro de estas encontramos la monoetanolamina, dietanolamina y trietanolamina.

2.3.1. Monoetanolamina.

Se trata de una amina primaria (un átomo de nitrógeno y dos de hidrógeno unidos) transparente, viscosa líquida y con olor que recuerda al amoníaco.

La monoetanolamina (MEA) es la alcanolamina más utilizada por su alta velocidad de reacción, pese a ello, su uso presenta importantes problemas como son, los altos requerimientos energéticos para la regeneración del disolvente o la corrosión y degradación del disolvente, lo que hace que se estén empezando a emplear otro tipo de alcanolaminas.

El principal problema de la MEA es la formación de productos de reacción irreversible, lo que provoca pérdidas de este producto químico como absorbente en los procesos. Además la MEA es más corrosiva que otras especies, especialmente si se sobrepasa el 20% de concentración en disolución. Otra desventaja de la MEA es su alto calor de reacción con el CO₂ (30% superior al calor de reacción de la DEA), esto produce una mayor demanda energética en la regeneración. Por último, la presión de vapor relativamente alta de la monoetanolamina provoca pérdidas por evaporación significativas, particularmente en las operaciones de baja presión, sin embargo, esto se soluciona con un lavado de los gases purificados.

El bajo peso molecular de la MEA, su alta alcalinidad y facilidad de recuperación son algunas de las ventajas que contrarrestan los inconvenientes que existen.

2.3.2. Dietanolamina.

La dietanolamina (DEA) es una amina secundaria (átomo de nitrógeno y átomo de hidrógeno). Se clasifica como un compuesto químico orgánico surfactante, emulsionante, humectante y solubilizante.

La DEA es una variante de la MEA que, al someterse a temperaturas superiores a la ambiental, es fácilmente soluble en agua, se caracteriza por ser un líquido claro de consistencia viscosa como la MEA, aunque a diferencia de esta, la intensidad de su olor a amoníaco es menor.

Las disoluciones acuosas de DEA se han usado tradicionalmente en el uso de gases de refinería con un contenido apreciable de COS y CS₂ además de CO₂ y H₂S. Las aminas secundarias son menos reactivas con estas impurezas que las aminas primarias y los productos de reacción no son particularmente corrosivos. La baja presión de vapor de la DEA hace que las pérdidas por vaporización sean despreciables, una desventaja de la DEA es que puede requerir presión de vacío en el proceso de regeneración de la disolución.

2.3.3. Trietanolamina.

La trietanolamina, es un compuesto químico orgánico formado, principalmente, por una amina terciaria y tres grupos hidróxilos. La trietanolamina actúa como una base química débil debido al par solitario de electrones en el átomo de nitrógeno. Se presenta como un líquido viscoso (aunque cuando es impuro puede presentarse como un sólido, dependiendo de la temperatura), de color amarillo pálido o incoloro, poco higroscópico y volátil, totalmente soluble en agua. Posee un olor amoniacal suave.

“Las alcanolaminas terciarias, se diferencian de las primarias y secundarias en su reacción con el CO₂, pues éste no reacciona directamente con el grupo amino de la amina terciaria, resultando una reacción con una velocidad menor, comparada con las de los otros tipos de aminas, al no ser posible la formación de carbamatos.” (Ana Belén López, 2013)

3. MATERIALES Y METODOLOGÍA.

3.1. Preparación de las muestras.

Para la preparación de las disoluciones objeto de muestra se han realizado los cálculos pertinentes, con el objetivo de calcular la cantidad de etanolamina,

dietanolamina y trietanolamina necesaria para realizar las diferentes diluciones con distinta concentración (0,1M; 0,5M; 1M) para cada una de las aminas. Para la realización de los cálculos se han tenido en cuenta los siguientes datos extraídos de la etiqueta del recipiente que contenía la sustancia a analizar:

-ETANOLAMINA: Densidad = 1,012 g/ml; M = 61,08 g/mol; Riqueza = 99%

-DIETANOLAMINA: Densidad = 1,090 g/ml; M = 105,14 g/mol; Riqueza = 99%

-TRJETANOLAMINA: Densidad = 1,120 g/ml; M = 149,19 g/mol; Riqueza = 99%

Una vez que estos datos se han conseguido, se procede al cálculo del volumen necesario de cada sustancia, para diluirlo con agua y alcanzar un volumen total de 100ml; a continuación se muestran los cálculos realizados para obtener el volumen necesario de cada compuesto a fin de obtener la concentración deseada.

- Etanolamina 0,1M:

$0,1 \text{ mol/L} \times (1\text{l})/(1000\text{ml}) \times 100\text{ml} \times (61,08\text{g})/(1\text{mol}) \times (1\text{ml})/(1,012\text{g}) \times 100/99 = 0,60\text{ml}.$

- Etanolamina 0,5M:

$0,5\text{mol/l} \times (1\text{l})/(1000\text{ml}) \times 100\text{ml} \times (61,08\text{g})/(1\text{mol}) \times (1\text{ml})/(1,012\text{g}) \times 100/99 = 3,05\text{ml}.$

- Etanolamina 1M:

$1\text{mol/l} \times (1\text{l})/(1000\text{ml}) \times 100\text{ml} \times (61,08\text{g})/(1\text{mol}) \times (1\text{ml})/(1,012\text{g}) \times 100/99 = 6,09\text{ml}.$

- Dietanolamina 0,1M:

$0,1\text{mol/l} \times (1\text{l})/(1000\text{ml}) \times 100\text{ml} \times (105,14\text{g})/(1\text{mol}) \times (1\text{ml})/(1,090\text{g}) \times 100/99 = 0,97\text{ml}.$

- Dietanolamina 0,5M:

$0,5\text{mol/l} \times (1\text{l})/(1000\text{ml}) \times 100\text{ml} \times (105,14\text{g})/(1\text{mol}) \times (1\text{ml})/(1,090\text{g}) \times 100/99 = 4,87\text{ml}.$

- Dietanolamina 1M:

$1\text{mol/l} \times (1\text{l})/(1000\text{ml}) \times 100\text{ml} \times (105,14\text{g})/(1\text{mol}) \times (1\text{ml})/(1,090\text{g}) \times 100/99=$
9,74ml.

- Trietanolamina 0,1M:

$0,1\text{mol/l} \times (1\text{l})/(1000\text{ml}) \times 100\text{ml} \times (149,19\text{g})/(1\text{mol}) \times (1\text{ml})/(1,120\text{g}) \times 100/99=$
1,35ml.

- Trietanolamina 0,5M:

$0,5\text{mol/l} \times (1\text{l})/(1000\text{ml}) \times 100\text{ml} \times (149,19\text{g})/(1\text{mol}) \times (1\text{ml})/(1,120\text{g}) \times 100/99=$
6,73ml.

- Trietanolamina 1M:

$1\text{mol/l} \times (1\text{l})/(1000\text{ml}) \times 100\text{ml} \times (149,19\text{g})/(1\text{mol}) \times (1\text{ml})/(1,120\text{g}) \times 100/99=$
13,46ml.

Una vez que los cálculos han sido realizados se pasa a la preparación de las diluciones, para ello es necesario el frasco de la sustancia a analizar (etanolamina, dietanolamina y trietanolamina), del cual se extraerá un volumen aproximado del total necesario, que será vertido en un vaso de precipitado de 50 ml para evitar así una posible contaminación. Posteriormente se extrae el volumen necesario, anteriormente calculado, mediante el uso de aspiradores de 10 y 25 ml, y pipetas graduadas de Clase A de 1, 5, 10 y 25 ml, según el volumen necesario para cada dilución. Una vez extraído el volumen necesario se vierte en un matraz aforado de 100 ml, el cual es enrasado con agua destilada, para no sobrepasar la marca de los 100 ml se emplea una pipeta Pasteur. Para la realización de este proceso, se emplean guantes de protección de nitrilo y gafas de protección, además, de realizar todo el procedimiento de preparación de las diluciones en una campana de extracción de gases, con el fin de prevenir los posibles riesgos que alberga la realización de este experimento.

Además de la realización de estas diluciones, se dejará una muestra de agua destilada.



Imagen 1: A la izquierda frascos que contienen las distintas aminas, pipetas graduadas de clase A, aspiradores de 10 y 25 ml, vasos de precipitado de 50ml y matraces aforados de 100ml con aro metálico. A la derecha, equipo empleado en el interior de la campana extractora de gases. Fuente: elaboración propia.

3.2. Metodología analítica.

El trabajo va a consistir en un proceso experimental, que se repetirá dos veces para cada muestra. Con el proceso se pretende examinar cómo afecta la temperatura a la que se encuentra la muestra y la concentración de amina, a la absorción de dióxido de carbono.

Una vez que las distintas diluciones están preparadas, se mide la presión atmosférica con un barómetro, y las diluciones se meten agrupadas por la amina y temperatura (ejm: 2 blanco H₂O; (0,1M; 0,5M; 1M de Etanolamina) x2 para la T de 20°C) en el baño termostatzado, que es un instrumento de laboratorio muy útil, cuya función es mantener una solución a una temperatura constante durante un tiempo deseado; para evitar que floten los matraces o se muevan en el baño termostatzado, pudiendo romperse o verter el contenido, se les coloca a cada uno de ellos un aro metálico de sujeción. Posteriormente se selecciona la temperatura deseada en el baño termostatzado, y comienza a funcionar junto con el flujómetro con graduación y banda blanca, que se encuentra conectado a un reactor de vidrio encamisado con tapa de dos bocas; 29/32 y 14/23, de tal manera que la temperatura de dentro del reactor de vidrio se mantiene constante, este reactor está a su vez colocado sobre un agitador

magnético. Al reactor se le incorpora un frasco lavador de gases, que se emplea, como su nombre indica, para el lavado de los gases, para ello se conecta a un flujo de gas; el reactor se sella usando silicona líquida. Una vez que se alcanza la temperatura deseada (20, 25, 30 y 35 °C), se introduce en el reactor el spin magnético, posteriormente, con la ayuda de un embudo de plástico de rama larga se vierte la muestra y se abre la fuente de CO₂, a su vez se abre la llave de teflón, que incorpora el CO₂ al reactor, dejándolo circular por un tiempo con el objetivo de sacar todo el oxígeno que pueda haber en el reactor.



Imagen 2: A la izquierda, baño termostatzado, conectado al reflujo y al frasco lavador de gases. A la derecha, reactor de vidrio encamisado con tapa de dos bocas (con el spin magnético en el interior) conectado a reflujo, sobre un agitador magnético. Fuente: elaboración propia.

Durante ese tiempo de espera se vierte, con la ayuda de un embudo de vidrio de rama corta, una mezcla jabonosa en la columna de vidrio graduada que está conectada al reactor. Pasado un tiempo, en el que ya está asegurada la inexistencia de oxígeno en el interior del reactor, se hace presión sobre la bola que contiene la mezcla jabonosa, haciendo así que esta ascienda la mezcla por la columna hasta la zona donde se le incorpora a la columna el CO₂ procedente del reactor, haciendo así que se origine un grupo de burbujas que asciende por la columna.



Imagen 3: Columna graduada sujeta por una abrazadera. Bajo esta, bola de coma de contiene la mezcla jabonosa. Fuente: elaboración propia.

Este proceso se realiza varias veces antes de la definitiva, con el fin de humedecer las paredes de la columna, y evitar así posibles rupturas de las burbujas; una vez que la columna está húmeda, se crea un grupo de 4-5 burbujas, que serán las usadas para la toma de datos. Estas burbujas se dejan ascender hasta que sobrepasen la medida de 0 cm, sin sobrepasar la boca de salida; una vez que las burbujas se encuentran en esa posición, se cierra rápidamente la llave de teflón, así como la fuente que suministra el CO_2 , y se enciende el agitador magnético, que crea el vacío en el interior del reactor de vidrio, haciendo que las burbujas desciendan por la columna. Cuando comienza este descenso, se selecciona una de las burbujas, anotando el tiempo que tarda en descender cada centímetro de la columna, en este caso 30 cm. Cuando se han obtenido los datos necesarios, se corta el agitador magnético, y se retira el frasco lavador de gases. Con la varilla magnética se recoge el spin. Después de esto, se desconecta del reactor de encamisado el reflujo, y se vierte el contenido del reactor de encamisado en un bidón para su posterior tratamiento residual, se aclara con agua destilada dos veces el reactor, vertiendo esta agua en el mismo bidón. Tras esto se introduce el reactor encamisado en una Estufa Memmert de aireación forzada (DIN 12880-KL, Typ: ULE 600, 230 V, F. — Nr: g600. 0006) para eliminar la humedad que queda en el reactor encamisado para volver a utilizarlo. Tras salir de la estufa y

conectarlo al reflujo, la temperatura tarda en volver a la deseada, por lo que se ayuda echando hielo escamado en el baño termostatzado.

Este proceso se realiza tantas veces como muestras haya.

Una vez recogidos todos los datos se comprueban para que no haya una diferencia significativa entre ambos, en caso de que la diferencia entre una repetición y otra supere un minuto en la misma muestra se repetiría. Obtenidos todos los datos y habiendo sido revisados, se pasan a una hoja Excel, donde se separan según la muestra y la concentración, Se insertan las dos tomas de tiempo, a partir de las cuales se calcula la media del tiempo. La media se obtiene introduciendo la fórmula (=Promedio("muestra 1":"muestra 2")) Obtenida la media se calcula también la desviación típica (=Desvest ("muestra 1":"muestra 2")). Tras esto, se añaden a las tablas dos columnas, una que refleja el volumen (de 0ml a 30ml) y otra que muestra la media del tiempo anteriormente calculada, expresando en esta ocasión el tiempo en segundos. Una vez que están las tablas finalizadas, se elaborarán las gráficas. En estas se representarán para una concentración determinada de una amina, todas las temperaturas a la que se mide esta amina; el volumen (ml), en el eje "Y" y el tiempo (s), en el eje "X". Una vez elaboradas las gráficas, se selecciona con el botón derecho del ratón los datos de cada temperatura, para obtener la R^2 y la ecuación de cada recta, ecuación del tipo: $y=ax+b$. La pendiente, al coincidir con el caudal (Q) estaría calculada, ya que coincide con el valor de "a" de la ecuación. Tras obtener el caudal, para calcular el flujo es necesaria la presión, que al estar en mmHg, hay que pasarla a atm, teniendo en cuenta, que 760mmHg es 1atm, del mismo modo, la temperatura, en grados centígrados, se pasa a grados Kelvin, sumándole 273 al valor de la temperatura en °C. También son necesarios dos datos adicionales, como son el área interfaccial, $35.2610 \times 10^{-4} \text{ m}^2$, y la constante universal de los gases (R), $0.082 \text{ atm} \times \text{l} / \text{K} \times \text{mol}$. Obtenido todo lo anterior, el flujo se calcula usando la siguiente fórmula:

$$\text{Flujo} = P \times Q / (R \times T \times A) \text{ (mol / m}^2 \times \text{s)}$$

Donde P es la presión; Q el caudal; R la constante universal de los gases; T la temperatura y A el área interfaccial.

Obteniéndose todos los datos necesarios, se puede proceder a la discusión de los datos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Agua.

Tabla 1: Valores medios de tiempo en segundos y la desviación típica de los datos del tiempo en la muestra de agua a 20 y 25°C, con una presión atmosférica de 0,9645 atm. Fuente: elaboración propia.

Agua 20°C (293K)		
VOLUMEN ml	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA
0	0	0,0000
1	8	0,0010
2	16	0,0025
3	26	0,0039
4	35	0,0049
5	44	0,0059
6	54	0,0069
7	64	0,0083
8	74	0,0093
9	85	0,0098
10	95	0,0103
11	107	0,0108
12	117	0,0113
13	129	0,0108
14	141	0,0108
15	153	0,0108
16	165	0,0103
17	177	0,0093
18	191	0,0088
19	204	0,0079
20	219	0,0069
21	234	0,0049
22	248	0,0034
23	264	0,0020
24	280	0,0005
25	296	0,0025
26	310	0,0034
27	324	0,0044
28	339	0,0044
29	355	0,0064
30	370	0,0074

Agua 25°C (298K)	
TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA
0	0,0000
8	0,0005
17	0,0005
26	0,0005
35	0,0005
45	0,0015
55	0,0010
65	0,0015
74	0,0025
85	0,0020
96	0,0020
107	0,0029
117	0,0029
128	0,0034
140	0,0039
151	0,0039
163	0,0044
176	0,0025
186	0,0039
197	0,0025
208	0,0020
220	0,0010
231	0,0000
242	0,0010
254	0,0020
268	0,0000
279	0,0005
295	0,0025
308	0,0034
321	0,0044
334	0,0049

Tabla 2: Valores medios de tiempo en segundos y la desviación típica de los datos del tiempo en la muestra de agua a 30 y 35°C, con una presión atmosférica de 0,9645 atm. Fuente: elaboración propia.

Agua 30°C (303K)			Agua 35°C (308K)	
VOLUMEN ml	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA
0	0	0,0000	0	0,0000
1	11	0,0005	8	0,0000
2	25	0,0020	17	0,0005
3	38	0,0044	24	0,0000
4	50	0,0054	32	0,0000
5	65	0,0069	41	0,0000
6	77	0,0079	48	0,0005
7	93	0,0088	56	0,0000
8	106	0,0103	63	0,0000
9	122	0,0123	72	0,0005
10	140	0,0108	80	0,0000
11	153	0,0128	88	0,0000
12	170	0,0137	96	0,0005
13	186	0,0137	106	0,0000
14	203	0,0152	115	0,0000
15	219	0,0162	124	0,0000
16	235	0,0167	133	0,0005
17	252	0,0187	143	0,0000
18	266	0,0192	152	0,0005
19	282	0,0201	163	0,0005
20	297	0,0211	173	0,0010
21	312	0,0216	184	0,0005
22	327	0,0231	194	0,0005
23	340	0,0221	206	0,0005
24	354	0,0221	216	0,0015
25	369	0,0226	227	0,0005
26	382	0,0226	238	0,0010
27	396	0,0216	248	0,0005
28	411	0,0221	259	0,0010
29	427	0,0221	268	0,0010
30	439	0,0231	278	0,0010

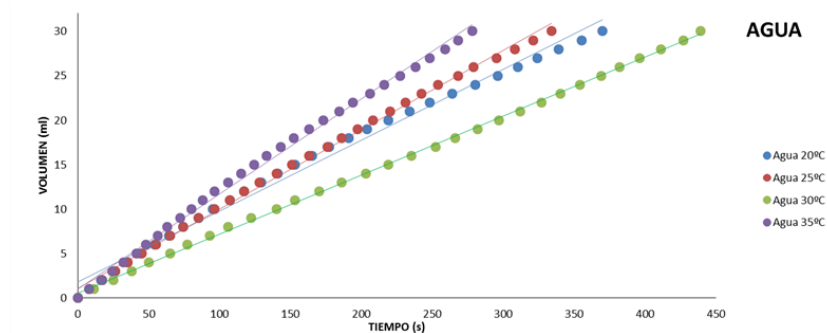


Figura 1: Gráfica comparativa de los valores medios de tiempo con respecto a volumen para las muestras de agua. Fuente: elaboración propia.

Tabla 3: Resultados del caudal y flujo para cada una de las temperaturas del agua. Fuente: elaboración propia.

	a=Q (ml/S)	R ²	Flujo(mol/m ² xS)
Agua 20°C	0,0797	0,9912	4946,0395
Agua 25°C	0,0894	0,9974	5454,9168
Agua 30°C	0,0664	0,9993	3984,6697
Agua 35°C	0,1069	0,9959	6310,9373

En las tablas 1 y 2 se muestran los valores medios de los tiempos de absorción en función de los volúmenes absorbidos para el agua a las temperaturas ensayadas (20, 25, 30 y 35 °C), así como la desviación típica de los tiempos obtenidos.

Datos que se han representado en la figura 1, pudiendo observarse que dichos datos responden a la ecuación de una línea recta, con un coeficiente de regresión lineal $\approx 0,999$

En la tabla 3 se muestran los datos de los caudales y los flujos de absorción, donde se observa que el mayor caudal se obtiene para la temperatura de 35 °C, temperatura que coincide con la de obtención del mayor flujo de absorción. También podemos observar que el menor caudal y por tanto el menor flujo de absorción se obtiene para la temperatura de 30 °C.

4.2. Etanolamina 0,1 M.

Tabla 4: Valores medios de tiempo en segundos y la desviación típica de los datos del tiempo en la muestra de etanolamina 0,1 M a 20 y 25 °C, con presiones de 0,9632 y 0,9645 atm respectivamente. Fuente: elaboración propia.

	Etanolamina 0,1M	20°C (293K)	Etanolamina 0,1M	25°C (298K)
VOLUMEN ml	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA
0	0	0,0000	0	0,0000
1	4	0,0000	5	0,0005
2	8	0,0010	11	0,0000
3	12	0,0020	17	0,0005
4	16	0,0029	23	0,0005
5	20	0,0034	30	0,0000
6	25	0,0044	35	0,0005
7	31	0,0049	41	0,0005
8	36	0,0059	48	0,0005
9	41	0,0059	55	0,0010
10	46	0,0064	61	0,0015
11	52	0,0074	67	0,0015
12	58	0,0074	74	0,0025
13	64	0,0074	80	0,0025
14	70	0,0074	87	0,0029
15	76	0,0083	93	0,0034
16	84	0,0079	100	0,0034
17	91	0,0079	107	0,0039
18	97	0,0079	113	0,0044
19	104	0,0083	120	0,0049
20	111	0,0083	127	0,0059
21	119	0,0079	133	0,0064
22	126	0,0079	140	0,0069
23	134	0,0079	147	0,0074
24	141	0,0074	154	0,0079
25	150	0,0064	161	0,0088
26	158	0,0064	168	0,0088
27	166	0,0054	175	0,0103
28	174	0,0044	183	0,0108
29	182	0,0034	190	0,0118
30	191	0,0025	196	0,0123

Tabla 5: Valores medios de tiempo en segundos y la desviación típica de los datos del tiempo en la muestra de etanolamina 0,1 M a 30 y 35 °C, con presiones de 0,9526 y 0,9618 atm respectivamente. Fuente: elaboración propia.

	Etanolamina 0,1M	30°C (303K)	Etanolamina 0,1M	35°C (308K)
VOLUMEN ml	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA
0	0	0,0000	0	0,0000
1	8	0,0010	3	0,0000
2	16	0,0010	6	0,0000
3	24	0,0025	10	0,0005
4	33	0,0020	13	0,0005
5	42	0,0039	17	0,0005
6	51	0,0039	21	0,0005
7	60	0,0049	25	0,0000
8	69	0,0059	29	0,0005
9	78	0,0069	33	0,0000
10	87	0,0079	38	0,0000
11	94	0,0074	41	0,0005
12	103	0,0074	46	0,0000
13	111	0,0079	50	0,0000
14	123	0,0093	54	0,0000
15	132	0,0108	58	0,0000
16	140	0,0118	62	0,0000
17	150	0,0128	66	0,0000
18	159	0,0142	71	0,0000
19	168	0,0142	75	0,0005
20	179	0,0157	79	0,0005
21	189	0,0167	84	0,0000
22	198	0,0167	88	0,0000
23	208	0,0177	93	0,0000
24	217	0,0187	97	0,0005
25	225	0,0182	102	0,0000
26	233	0,0182	107	0,0000
27	243	0,0187	112	0,0000
28	250	0,0182	117	0,0005
29	258	0,0177	122	0,0010
30	266	0,0177	127	0,0010

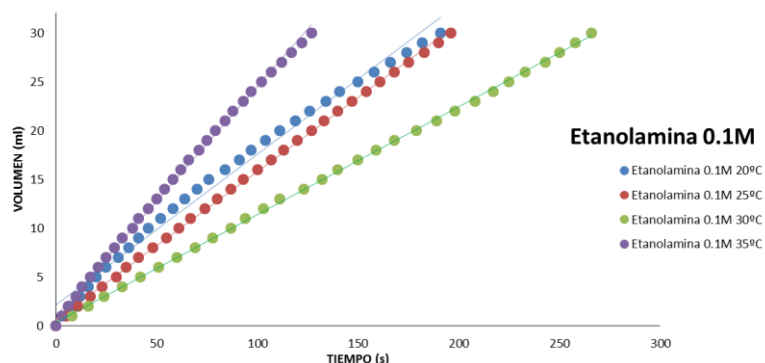


Figura 2: Gráfica comparativa de los valores medios de tiempo con respecto a volumen para las muestras de etanolamina 0,1 M. Fuente: elaboración propia.

Tabla 6: Resultados del caudal y flujo para cada una de las temperaturas de la etanolamina 0,1 M. Fuente: elaboración propia.

	a=Q (ml/S)	R ²	Flujo (mol/m ² xS)
Etanolamina 0,1 M 20°C	0,1542	0,9892	9556,4782
Etanolamina 0,1 M 25°C	0,1518	0,9993	9262,3756
Etanolamina 0,1 M 30°C	0,1104	0,9996	6543,3729
Etanolamina 0,1 M 35°C	0,2352	0,9980	13846,3728

En las tablas 4 y 5 se muestran los datos de los tiempos de absorción de la etanolamina 0,1 M frente a los volúmenes absorbidos a las temperaturas de trabajo. Datos que se han representado en la figura 2, donde se puede observar que estos datos responden a la ecuación de una línea recta, con un coeficiente de regresión lineal $\approx 0,999$

En la tabla 6, se muestran los datos de los caudales y los flujos de absorción, pudiendo observarse que el mayor caudal se obtiene para la temperatura de 35 °C, temperatura que coincide con la de obtención del mayor flujo de absorción. También se observa que el menor caudal y por tanto el menor flujo de absorción se obtiene para la temperatura de 30 °C.

4.3. Etanolamina 0,5 M.

Tabla 7: Valores medios de tiempo en segundos y la desviación típica de los datos del tiempo en la muestra de etanolamina 0,5 M a 20 y 25 °C, con presiones de 0,9632 y 0,9645 atm respectivamente. Fuente: elaboración propia.

	Etanolamina 0,5M	20°C (293K)	Etanolamina 0,5M	25°C (298K)
VOLUMEN ml	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA
0	0	0,0000	0	0,0000
1	2	0,0005	3	0,0000
2	5	0,0010	6	0,0000
3	7	0,0015	9	0,0005
4	10	0,0025	12	0,0005
5	13	0,0025	16	0,0010
6	16	0,0025	19	0,0020
7	19	0,0025	22	0,0020
8	22	0,0034	25	0,0025
9	25	0,0034	26	0,0025
10	28	0,0034	31	0,0029
11	31	0,0044	34	0,0034
12	35	0,0039	37	0,0034
13	38	0,0044	41	0,0039
14	41	0,0044	44	0,0039
15	44	0,0044	46	0,0044
16	48	0,0039	50	0,0044
17	52	0,0039	53	0,0044
18	55	0,0034	57	0,0049
19	59	0,0039	60	0,0044
20	62	0,0039	63	0,0044
21	66	0,0039	67	0,0049
22	69	0,0039	71	0,0049
23	73	0,0039	74	0,0049
24	76	0,0039	77	0,0054
25	80	0,0039	81	0,0049
26	83	0,0034	84	0,0054
27	87	0,0039	87	0,0059
28	90	0,0034	91	0,0054
29	93	0,0034	94	0,0054
30	97	0,0034	97	0,0054

Tabla 8: Valores medios de tiempo en segundos y la desviación típica de los datos del tiempo en la muestra de etanolamina 0,5 M a 30 y 35 °C, con presiones de 0,9526 y 0,9618 atm respectivamente. Fuente: elaboración propia.

	Etanolamina 0,5M	30 °C (303K)	Etanolamina 0,5M	35 °C (308K)
VOLUMEN ml	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA
0	0	0,0000	0	0,0000
1	3	0,0000	1	0,0005
2	7	0,0015	3	0,0005
3	11	0,0020	5	0,0000
4	14	0,0025	7	0,0000
5	18	0,0020	10	0,0000
6	22	0,0020	15	0,0000
7	26	0,0020	17	0,0005
8	31	0,0020	20	0,0000
9	35	0,0020	24	0,0000
10	38	0,0025	25	0,0000
11	42	0,0029	27	0,0000
12	47	0,0029	29	0,0005
13	51	0,0029	32	0,0005
14	55	0,0034	33	0,0005
15	59	0,0025	36	0,0000
16	63	0,0029	39	0,0000
17	67	0,0029	40	0,0005
18	71	0,0029	42	0,0005
19	75	0,0034	44	0,0005
20	79	0,0034	48	0,0000
21	84	0,0039	50	0,0005
22	87	0,0044	52	0,0005
23	92	0,0049	55	0,0000
24	96	0,0049	58	0,0000
25	100	0,0049	60	0,0000
26	104	0,0044	62	0,0005
27	109	0,0044	64	0,0005
28	113	0,0044	66	0,0005
29	117	0,0044	68	0,0005
30	120	0,0059	71	0,0005

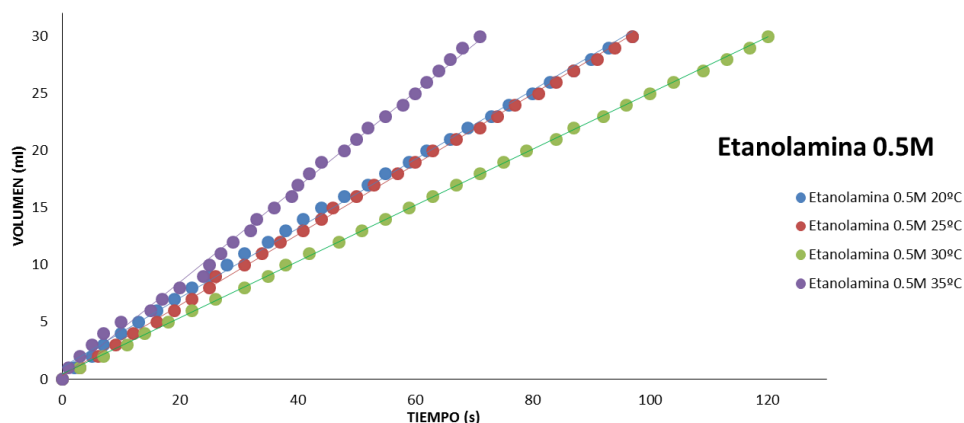


Figura 3: Gráfica comparativa de los valores medios de tiempo con respecto a volumen para las muestras de etanolamina 0,5 M. Fuente: elaboración propia.

Tabla 9: Resultados del caudal y flujo para cada una de las temperaturas de la etanolamina 0,5 M. Fuente: elaboración propia.

	a=Q (ml/S)	R ²	Flujo (mol/m ² x S)
Etanolamina 0,5 M 20°C	0,3022	0,9981	18728,7141
Etanolamina 0,5 M 25°C	0,3070	0,9992	18732,2088
Etanolamina 0,5 M 30°C	0,2457	0,9997	14562,5608
Etanolamina 0,5 M 35°C	0,4157	0,9975	24472,5220

En las tablas 7 y 8 se muestran los datos de los tiempos de absorción de la etanolamina 0,5 M frente a los volúmenes absorbidos a las temperaturas de trabajo. Datos que se han representado en la figura 3, donde se puede observar que estos datos responden a la ecuación de una línea recta, con un coeficiente de regresión lineal $\approx 0,999$

En la tabla 9, se muestran los datos de los caudales y los flujos de absorción, pudiendo observarse que el mayor caudal se obtiene para la temperatura de 35 °C, temperatura que coincide con la de obtención del mayor flujo de absorción. También se observa que el menor caudal y por tanto el menor flujo de absorción se obtiene para la temperatura de 30 °C.

4.4. Etanolamina 1 M.

Tabla 10: Valores medios de tiempo en segundos y la desviación típica de los datos del tiempo en la muestra de etanolamina 1 M a 20 y 25 °C, con presiones de 0,9632 y 0,9645 atm respectivamente. Fuente: elaboración propia.

	Etanolamina 1M	20°C (293 K)	Etanolamina 1M	25°C (298 K)
VOLUMEN ml	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA
0	0	0,0000	0	0,0000
1	2	0,0000	2	0,0000
2	4	0,0000	4	0,0000
3	6	0,0000	6	0,0000
4	8	0,0005	7	0,0005
5	10	0,0005	9	0,0005
6	13	0,0000	11	0,0005
7	15	0,0000	13	0,0005
8	17	0,0000	16	0,0010
9	20	0,0010	18	0,0010
10	22	0,0005	20	0,0010
11	24	0,0005	22	0,0010
12	27	0,0000	23	0,0015
13	29	0,0005	25	0,0015
14	31	0,0005	28	0,0020
15	34	0,0000	30	0,0020
16	36	0,0000	32	0,0015
17	38	0,0000	34	0,0015
18	40	0,0005	36	0,0015
19	42	0,0005	39	0,0015
20	45	0,0005	42	0,0010
21	47	0,0005	44	0,0010
22	49	0,0005	46	0,0005
23	52	0,0010	48	0,0005
24	54	0,0010	50	0,0005
25	56	0,0015	53	0,0000
26	59	0,0010	55	0,0005
27	61	0,0010	57	0,0005
28	63	0,0015	59	0,0005
29	66	0,0020	62	0,0010
30	68	0,0020	64	0,0005

Tabla 11: Valores medios de tiempo en segundos y la desviación típica de los datos del tiempo en la muestra de etanolamina 1 M a 30 y 35 °C, con presiones de 0,9526 y 0,9618 atm respectivamente. Fuente: elaboración propia.

	Etanolamina 1M	30°C (303 K)	Etanolamina 1M	35°C (308 K)
VOLUMEN ml	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA
0	0	0,0000	0	0,0000
1	2	0,0000	1	0,0000
2	3	0,0005	3	0,0000
3	4	0,0005	4	0,0005
4	6	0,0005	6	0,0000
5	8	0,0010	7	0,0000
6	10	0,0010	8	0,0005
7	11	0,0015	9	0,0005
8	13	0,0020	10	0,0005
9	15	0,0020	12	0,0005
10	16	0,0025	13	0,0005
11	18	0,0025	14	0,0005
12	19	0,0025	16	0,0005
13	21	0,0029	17	0,0005
14	22	0,0034	19	0,0010
15	24	0,0034	21	0,0010
16	26	0,0039	22	0,0010
17	27	0,0044	23	0,0010
18	29	0,0044	24	0,0010
19	31	0,0049	26	0,0010
20	33	0,0039	27	0,0010
21	35	0,0039	28	0,0005
22	36	0,0044	30	0,0010
23	38	0,0049	31	0,0010
24	40	0,0049	33	0,0010
25	42	0,0049	34	0,0010
26	44	0,0049	35	0,0010
27	46	0,0044	37	0,0010
28	48	0,0044	38	0,0010
29	50	0,0044	39	0,0005
30	52	0,0044	41	0,0010

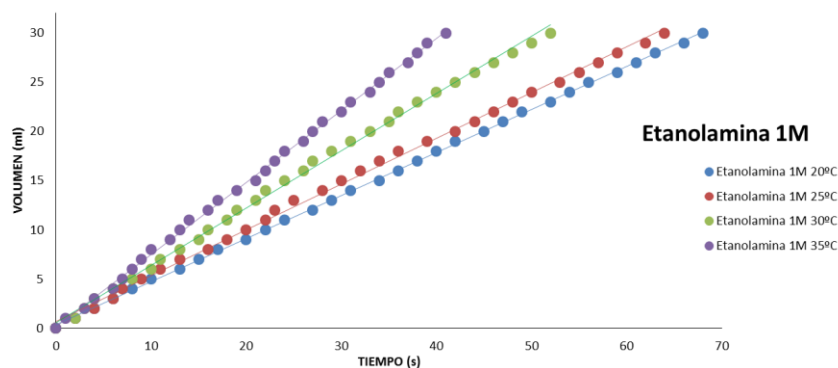


Figura 4: Gráfica comparativa de los valores medios de tiempo con respecto a volumen para las muestras de etanolamina 1 M. Fuente: elaboración propia.

Tabla 12: Resultados del caudal y flujo para cada una de las temperaturas de la etanolamina 1 M. Fuente: elaboración propia.

	a=Q (ml/S)	R ²	Flujo (mol/m ² xS)
Etanolamina 1 M 20°C	0,4377	0,9997	27126,2679
Etanolamina 1 M 25°C	0,4644	0,9983	28336,2794
Etanolamina 1 M 30°C	0,5825	0,9979	34524,5896
Etanolamina 1 M 35°C	0,7328	0,9990	43140,3996

En las tablas 10 y 11 se muestran los datos de los tiempos de absorción de la etanolamina 1 M frente a los volúmenes absorbidos a las temperaturas de trabajo. Datos que se han representado en la figura 4, donde se puede observar que estos datos responden a la ecuación de una línea recta, con un coeficiente de regresión lineal $\approx 0,999$

En la tabla 12, se muestran los datos de los caudales y los flujos de absorción, pudiendo observarse que el mayor caudal se obtiene para la temperatura de 35 °C, temperatura que coincide con la de obtención del mayor flujo de absorción. También se observa que el menor caudal y por tanto el menor flujo de absorción se obtiene para la temperatura de 20 °C.

4.5. Dietanolamina 0,1 M.

Tabla 13: Valores medios de tiempo en segundos y la desviación típica de los datos del tiempo en la muestra de dietanolamina 0,1 M a 20 y 25 °C, con presiones de 0,9632 y 0,9645 atm respectivamente. Fuente: elaboración propia.

VOLUMEN ml	Dietanolamina 0,1M	20°C (293 K)	Dietanolamina 0,1M	25°C (198 K)
	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA
0	0	0,0000	0	0,0000
1	7	0,0005	5	0,0010
2	15	0,0000	11	0,0029
3	22	0,0005	20	0,0029
4	30	0,0005	26	0,0034
5	38	0,0000	33	0,0044
6	46	0,0005	40	0,0054
7	54	0,0000	48	0,0059
8	62	0,0010	54	0,0064
9	70	0,0005	62	0,0064
10	78	0,0005	70	0,0069
11	87	0,0010	77	0,0074
12	95	0,0010	84	0,0083
13	103	0,0015	92	0,0088
14	112	0,0020	100	0,0088
15	120	0,0020	107	0,0093
16	128	0,0025	115	0,0093
17	137	0,0020	122	0,0093
18	147	0,0020	131	0,0098
19	154	0,0025	138	0,0103
20	163	0,0020	148	0,0108
21	172	0,0020	155	0,0103
22	180	0,0025	164	0,0108
23	189	0,0029	172	0,0118
24	197	0,0025	180	0,0113
25	206	0,0029	188	0,0113
26	214	0,0034	196	0,0113
27	223	0,0034	204	0,0118
28	232	0,0039	212	0,0108
29	240	0,0044	220	0,0118
30	249	0,0049	228	0,0108

Tabla 14: Valores medios de tiempo en segundos y la desviación típica de los datos del tiempo en la muestra de dietanolamina 0,1 M a 30 y 35 °C, con presiones de 0,9526 y 0,9618 atm respectivamente. Fuente: elaboración propia.

	Dietanolamina 0,1M	30°C (303 K)	Dietanolamina 0,1M	35°C (308 K)
VOLUMEN ml	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA
0	0	0,0000	0	0,0000
1	6	0,0000	6	0,0005
2	12	0,0015	13	0,0015
3	18	0,0015	20	0,0015
4	25	0,0015	27	0,0020
5	32	0,0025	34	0,0015
6	39	0,0034	41	0,0020
7	46	0,0034	47	0,0025
8	53	0,0034	55	0,0020
9	61	0,0039	62	0,0029
10	69	0,0039	69	0,0025
11	76	0,0034	76	0,0025
12	84	0,0039	85	0,0020
13	92	0,0049	92	0,0015
14	99	0,0044	100	0,0010
15	108	0,0044	108	0,0005
16	115	0,0044	116	0,0000
17	124	0,0039	124	0,0000
18	131	0,0044	132	0,0000
19	139	0,0039	139	0,0005
20	146	0,0034	147	0,0005
21	154	0,0025	155	0,0010
22	162	0,0015	165	0,0010
23	169	0,0005	171	0,0010
24	177	0,0000	180	0,0010
25	185	0,0010	189	0,0000
26	194	0,0015	197	0,0000
27	200	0,0020	205	0,0005
28	208	0,0025	214	0,0000
29	216	0,0029	222	0,0005
30	222	0,0034	230	0,0005

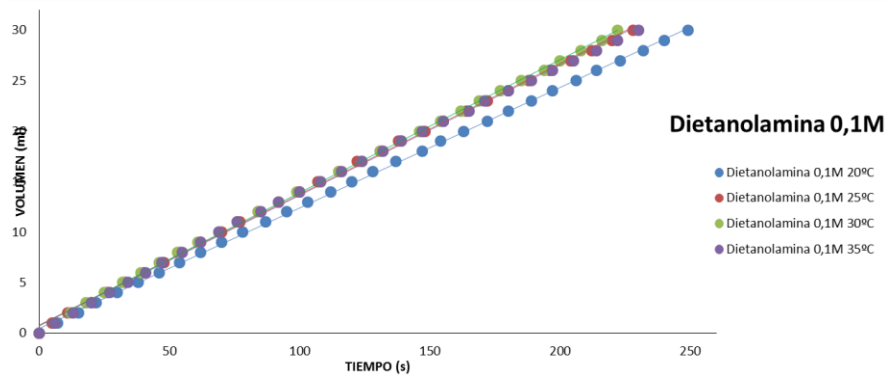


Figura 5: Gráfica comparativa de los valores medios de tiempo con respecto a volumen para las muestras de dietanolamina 0,1 M. Fuente: elaboración propia.

Tabla 15: Resultados del caudal y flujo para cada una de las temperaturas de la dietanolamina 0,1 M. Fuente: elaboración propia.

	a=Q (ml/S)	R ²	Flujo (mol/m ² xS)
Dietanolamina 0,1 M 20°C	0,1195	0,9996	7405,9607
Dietanolamina 0,1 M 25°C	0,1297	0,9990	7913,9006
Dietanolamina 0,1 M 30°C	0,1319	0,9994	7839,8290
Dietanolamina 0,1 M 35°C	0,1293	0,9988	7653,9186

En las tablas 13 y 14 se muestran los datos de los tiempos de absorción de la dietanolamina 0,1 M frente a los volúmenes absorbidos a las temperaturas de trabajo. Datos que se han representado en la figura 5, pudiéndose observar que estos datos responden a la ecuación de una línea recta, con un coeficiente de regresión lineal $\approx 0,999$

En la tabla 15, se muestran los datos de los caudales y los flujos de absorción, donde se observa que el mayor caudal se obtiene para la temperatura de 30 °C, temperatura coincide con la de obtención del mayor flujo de absorción.

También se observa que el menor caudal y por tanto el menor flujo de absorción se obtiene para la temperatura de 20 °C.

4.6. Dietanolamina 0,5 M.

Tabla 16: Valores medios de tiempo en segundos y la desviación típica de los datos del tiempo en la muestra de dietanolamina 0,5 M a 20 y 25 °C, con presiones de 0,9632 y 0,9645 atm respectivamente. Fuente: elaboración propia.

	Dietanolamina 0,5M	20°C (293 K)	Dietanolamina 0,5M	25°C (298 K)
VOLUMEN ml	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA
0	0	0,0000	0	0,0000
1	4	0,0000	4	0,0000
2	8	0,0000	8	0,0000
3	11	0,0000	11	0,0005
4	15	0,0005	15	0,0005
5	19	0,0005	19	0,0005
6	23	0,0005	23	0,0005
7	27	0,0005	27	0,0005
8	31	0,0005	31	0,0010
9	35	0,0005	35	0,0010
10	39	0,0005	39	0,0010
11	43	0,0005	43	0,0015
12	48	0,0000	47	0,0015
13	52	0,0000	51	0,0015
14	56	0,0005	55	0,0015
15	60	0,0005	59	0,0015
16	64	0,0005	63	0,0015
17	68	0,0005	68	0,0020
18	72	0,0005	72	0,0020
19	76	0,0005	76	0,0029
20	81	0,0010	80	0,0029
21	85	0,0010	85	0,0029
22	89	0,0010	89	0,0029
23	93	0,0005	93	0,0034
24	97	0,0005	97	0,0034
25	101	0,0005	102	0,0039
26	106	0,0010	106	0,0039
27	110	0,0010	110	0,0044
28	114	0,0005	114	0,0044
29	118	0,0005	119	0,0039
30	123	0,0010	123	0,0039

Tabla 17: Valores medios de tiempo en segundos y la desviación típica de los datos del tiempo en la muestra de dietanolamina 0,5 M a 30 y 35 °C, con presiones de 0,9526 y 0,9618 atm respectivamente. Fuente: elaboración propia.

	Dietanolamina 0,5M	30°C (303 K)	Dietanolamina 0,5M	35°C (308K)
VOLUMEN ml	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA
0	0	0,0000	0	0,0000
1	3	0,0005	2	0,0005
2	7	0,0005	5	0,0005
3	11	0,0005	8	0,0005
4	15	0,0005	11	0,0005
5	20	0,0010	14	0,0005
6	24	0,0000	17	0,0005
7	28	0,0005	21	0,0010
8	32	0,0005	24	0,0010
9	37	0,0000	27	0,0015
10	41	0,0010	31	0,0010
11	45	0,0010	34	0,0015
12	49	0,0010	38	0,0020
13	53	0,0015	41	0,0025
14	57	0,0015	45	0,0020
15	62	0,0010	48	0,0025
16	65	0,0015	52	0,0034
17	70	0,0015	56	0,0029
18	74	0,0015	59	0,0034
19	79	0,0020	62	0,0034
20	83	0,0020	65	0,0034
21	87	0,0020	69	0,0034
22	91	0,0020	73	0,0039
23	96	0,0020	76	0,0034
24	100	0,0020	80	0,0039
25	103	0,0025	83	0,0044
26	108	0,0029	87	0,0039
27	113	0,0029	90	0,0044
28	117	0,0034	93	0,0044
29	121	0,0039	97	0,0039
30	125	0,0039	101	0,0039

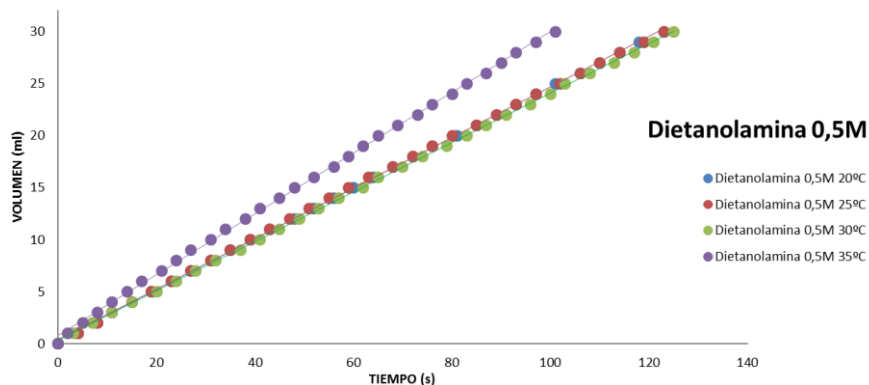


Figura 6: Gráfica comparativa de los valores medios de tiempo con respecto a volumen para las muestras de dietanolamina 0,5 M. Fuente: elaboración propia.

Tabla 18: Resultados del caudal y flujo para cada una de las temperaturas de la dietanolamina 0,5 M. Fuente: elaboración propia.

	a=Q (ml/S)	R ²	Flujo (mol/m ² xS)
Dietanolamina 0,5 M 20°C	0,2435	0,9998	15090,8070
Dietanolamina 0,5 M 25°C	0,2429	0,9996	14821,0212
Dietanolamina 0,5 M 30°C	0,2376	0,9998	14122,3910
Dietanolamina 0,5 M 35°C	0,2922	0,9994	17296,7905

En las tablas 16 y 17 se muestran los datos de los tiempos de absorción de la dietanolamina 0,5 M frente a los volúmenes absorbidos a las temperaturas de trabajo. Datos que se han representado en la figura 6, pudiéndose observar que estos datos responden a la ecuación de una línea recta, con un coeficiente de regresión lineal $\approx 0,999$

En la tabla 18, se muestran los datos de los caudales y los flujos de absorción, donde se observa que el mayor caudal se obtiene para la temperatura de 35 °C, temperatura coincide con la de obtención del mayor flujo de absorción.

También se observa que el menor caudal y por tanto el menor flujo de absorción se obtiene para la temperatura de 30 °C.

4.7. Dietanolamina 1 M.

Tabla 19: Valores medios de tiempo en segundos y la desviación típica de los datos del tiempo en la muestra de dietanolamina 1 M a 20 y 25 °C, con presiones de 0,9632 y 0,9645 atm respectivamente. Fuente: elaboración propia.

	Dietanolamina 1M	20°C (293 K)	Dietanolamina 1M	25°C (298 K)
VOLUMEN ml	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA
0	0	0,0000	0	0,0000
1	2	0,0000	2	0,0005
2	5	0,0000	5	0,0000
3	7	0,0005	7	0,0005
4	10	0,0000	10	0,0000
5	12	0,0005	13	0,0000
6	15	0,0005	16	0,0000
7	18	0,0010	18	0,0000
8	20	0,0005	21	0,0000
9	23	0,0010	23	0,0005
10	25	0,0015	26	0,0005
11	28	0,0010	29	0,0010
12	31	0,0010	31	0,0005
13	33	0,0015	34	0,0005
14	36	0,0015	37	0,0010
15	39	0,0020	40	0,0010
16	41	0,0015	43	0,0010
17	44	0,0020	45	0,0015
18	46	0,0025	48	0,0010
19	49	0,0025	51	0,0015
20	52	0,0029	53	0,0015
21	54	0,0025	56	0,0015
22	57	0,0025	59	0,0020
23	60	0,0029	62	0,0020
24	63	0,0029	65	0,0020
25	65	0,0034	67	0,0025
26	68	0,0034	70	0,0025
27	71	0,0039	72	0,0025
28	73	0,0034	75	0,0025
29	76	0,0039	78	0,0025
30	79	0,0039	80	0,0034

Tabla 20: Valores medios de tiempo en segundos y la desviación típica de los datos del tiempo en la muestra de dietanolamina 1 M a 30 y 35 °C, con presiones de 0,9526 y 0,9618 atm respectivamente. Fuente: elaboración propia.

	Dietanolamina 1M	30°C (303 K)	Dietanolamina 1M	35°C (308 K)
VOLUMEN ml	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA
0	0	0,0000	0	0,0000
1	2	0,0000	2	0,0000
2	4	0,0005	4	0,0000
3	7	0,0000	6	0,0000
4	9	0,0005	8	0,0005
5	12	0,0000	10	0,0005
6	15	0,0000	12	0,0005
7	17	0,0000	14	0,0005
8	20	0,0000	17	0,0010
9	22	0,0000	19	0,0010
10	25	0,0000	21	0,0010
11	27	0,0005	23	0,0010
12	30	0,0000	24	0,0015
13	32	0,0005	26	0,0015
14	35	0,0005	28	0,0015
15	37	0,0005	31	0,0020
16	40	0,0000	33	0,0020
17	43	0,0000	35	0,0020
18	45	0,0005	37	0,0020
19	48	0,0000	39	0,0025
20	50	0,0005	41	0,0025
21	53	0,0005	43	0,0025
22	55	0,0005	45	0,0025
23	58	0,0005	48	0,0029
24	61	0,0000	50	0,0025
25	63	0,0005	52	0,0029
26	66	0,0010	54	0,0029
27	69	0,0010	56	0,0034
28	71	0,0005	58	0,0034
29	74	0,0010	60	0,0034
30	76	0,0005	62	0,0034

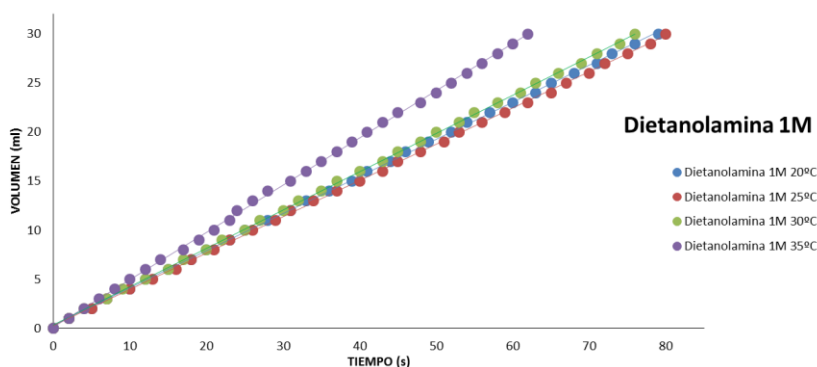


Figura 7: Gráfica comparativa de los valores medios de tiempo con respecto a volumen para las muestras de dietanolamina 1 M. Fuente: elaboración propia.

Tabla 21: Resultados del caudal y flujo para cada una de las temperaturas de la dietanolamina 1 M. Fuente: elaboración propia.

	a=Q (ml/S)	R ²	Flujo (mol/m ² xS)
Dietanolamina 1 M 20°C	0,3788	0,9997	23475,9659
Dietanolamina 1 M 25°C	0,3693	0,9998	22533,5658
Dietanolamina 1 M 30°C	0,3902	0,9998	23192,5799
Dietanolamina 1 M 35°C	0,4814	0,9996	28496,4919

En las tablas 19 y 20 se muestran los datos de los tiempos de absorción de la dietanolamina 1 M frente a los volúmenes absorbidos a las temperaturas de trabajo. Datos que se han representado en la figura 7, pudiéndose observar que estos datos responden a la ecuación de una línea recta, con un coeficiente de regresión lineal $\approx 0,999$

En la tabla 21, se muestran los datos de los caudales y los flujos de absorción, donde se observa que el mayor caudal se obtiene para la temperatura de 35 °C, temperatura coincide con la de obtención del mayor flujo de absorción.

También se observa que el menor caudal y por tanto el menor flujo de absorción se obtiene para la temperatura de 25 °C.

4.8. Trietanolamina 0,1 M.

Tabla 22: Valores medios de tiempo en segundos y la desviación típica de los datos del tiempo en la muestra de trietanolamina 0,1 M a 20 y 25 °C, con presiones de 0,9605 y 0,9618 atm respectivamente. Fuente: elaboración propia.

VOLUMEN ml	Trietanolamina 0,1M		VOLUMEN ml	Trietanolamina 0,1M	
	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA		TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA
0	0	0,0000	0	0	0,0000
1	6	0,0000	9	9	0,0015
2	12	0,0005	18	18	0,0015
3	18	0,0005	28	28	0,0015
4	24	0,0005	37	37	0,0005
5	31	0,0005	49	49	0,0015
6	37	0,0005	58	58	0,0010
7	44	0,0005	67	67	0,0005
8	54	0,0029	76	76	0,0010
9	60	0,0034	85	85	0,0005
10	67	0,0029	96	96	0,0000
11	73	0,0034	105	105	0,0005
12	80	0,0039	116	116	0,0015
13	87	0,0039	126	126	0,0020
14	94	0,0039	134	134	0,0005
15	100	0,0039	144	144	0,0010
16	107	0,0039	153	153	0,0000
17	113	0,0044	163	163	0,0005
18	120	0,0044	172	172	0,0005
19	127	0,0044	182	182	0,0005
20	134	0,0044	191	191	0,0010
21	141	0,0049	201	201	0,0015
22	149	0,0049	213	213	0,0039
23	156	0,0049	224	224	0,0049
24	163	0,0049	233	233	0,0049
25	170	0,0049	242	242	0,0054
26	177	0,0049	252	252	0,0064
27	184	0,0049	261	261	0,0049
28	191	0,0049	269	269	0,0054
29	198	0,0054	280	280	0,0059
30	205	0,0054	289	289	0,0059

Tabla 23: Valores medios de tiempo en segundos y la desviación típica de los datos del tiempo en la muestra de trietanolamina 0,1 M a 30 y 35 °C, con presiones de 0,9592 y 0,9658 atm respectivamente. Fuente: elaboración propia.

	Trietanolamina 0,1M		Trietanolamina 0,1M	
		30 °C (303 K)		35 °C (308 K)
VOLUMEN ml	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA
0	0	0,0000	0	0,0000
1	8	0,0005	8	0,0005
2	17	0,0010	18	0,0015
3	25	0,0010	28	0,0020
4	33	0,0005	37	0,0020
5	42	0,0000	46	0,0020
6	51	0,0000	54	0,0020
7	59	0,0005	63	0,0015
8	68	0,0005	72	0,0010
9	76	0,0005	80	0,0005
10	86	0,0010	90	0,0005
11	95	0,0020	99	0,0000
12	104	0,0015	107	0,0005
13	113	0,0025	116	0,0005
14	123	0,0039	126	0,0000
15	131	0,0025	134	0,0005
16	140	0,0025	143	0,0010
17	149	0,0029	151	0,0010
18	158	0,0025	160	0,0015
19	168	0,0034	168	0,0015
20	178	0,0034	177	0,0010
21	188	0,0039	187	0,0000
22	197	0,0034	195	0,0005
23	207	0,0044	205	0,0005
24	217	0,0049	214	0,0005
25	226	0,0054	224	0,0005
26	236	0,0044	232	0,0010
27	245	0,0044	241	0,0010
28	255	0,0039	251	0,0000
29	264	0,0034	261	0,0010
30	273	0,0034	269	0,0015

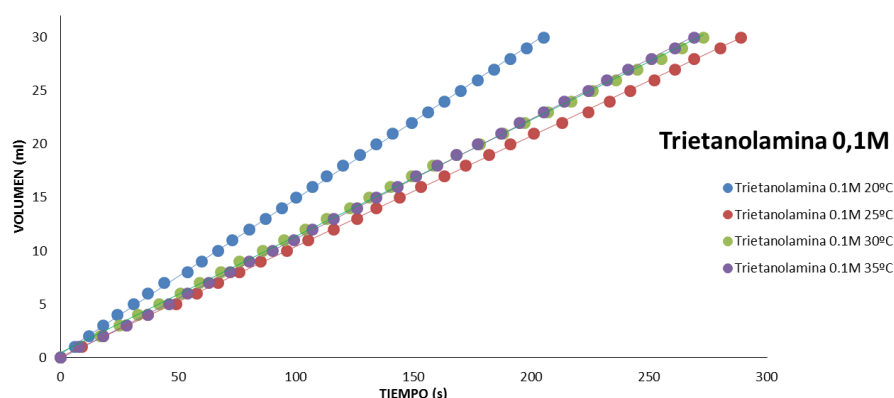


Figura 8: Gráfica comparativa de los valores medios de tiempo con respecto a volumen para las muestras de trietanolamina 0,1 M. Fuente: elaboración propia.

Tabla 24: Resultados del caudal y flujo para cada una de las temperaturas de la trietanolamina 0,1 M. Fuente: elaboración propia.

	a=Q (ml/S)	R ²	Flujo (mol/m ² xS)
Trietanolamina 0,1 M 20°C	0,1452	0,9997	8973,4823
Trietanolamina 0,1 M 25°C	0,1033	0,9999	6285,4080
Trietanolamina 0,1 M 30°C	0,1090	0,9994	6505,1556
Trietanolamina 0,1 M 35°C	0,1121	0,9999	6626,8439

En las tablas 22 y 23 se muestran los datos de los tiempos de absorción de la trietanolamina 0,1 M frente a los volúmenes absorbidos a las temperaturas de trabajo. Datos que se han representado en la figura 8, donde se puede observar que estos datos responden a la ecuación de una línea recta. Con un coeficiente de regresión lineal $\approx 0,999$

En la tabla 24, se muestran los datos de los caudales y los flujos de absorción, observándose que el mayor caudal se obtiene para la temperatura de 20 °C, temperatura coincide con la de obtención del mayor flujo de absorción.

También se observa que el menor caudal y por tanto el menor flujo de absorción se obtiene para la temperatura de 25 °C.

4.9. Trietanolamina 0,5 M.

Tabla 25: Valores medios de tiempo en segundos y la desviación típica de los datos del tiempo en la muestra de trietanolamina 0,5 M a 20 y 25 °C, con presiones de 0,9605 y 0,9618 atm respectivamente. Fuente: elaboración propia.

	Trietanolamina 0,5M	20°C (293 K)	Trietanolamina 0,5M	25°C (298 K)
VOLUMEN ml	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA
0	0	0,0000	0	0,0000
1	6	0,0005	6	0,0005
2	14	0,0010	14	0,0015
3	20	0,0015	21	0,0020
4	27	0,0025	28	0,0034
5	34	0,0025	35	0,0039
6	41	0,0029	42	0,0049
7	47	0,0034	49	0,0054
8	55	0,0039	56	0,0059
9	62	0,0039	64	0,0069
10	70	0,0039	70	0,0074
11	76	0,0044	78	0,0083
12	84	0,0044	85	0,0093
13	91	0,0044	93	0,0098
14	99	0,0049	101	0,0108
15	107	0,0039	108	0,0118
16	113	0,0044	115	0,0123
17	121	0,0039	123	0,0128
18	128	0,0044	130	0,0128
19	135	0,0044	137	0,0128
20	143	0,0039	144	0,0128
21	150	0,0034	151	0,0137
22	158	0,0039	158	0,0133
23	166	0,0039	165	0,0137
24	173	0,0039	172	0,0142
25	180	0,0039	179	0,0137
26	188	0,0039	186	0,0142
27	194	0,0034	193	0,0142
28	202	0,0039	200	0,0137
29	209	0,0034	207	0,0137
30	216	0,0029	214	0,0142

Tabla 26: Valores medios de tiempo en segundos y la desviación típica de los datos del tiempo en la muestra de trietanolamina 0,5 M a 30 y 35 °C, con presiones de 0,9592 y 0,9658 atm respectivamente. Fuente: elaboración propia.

	Trietanolamina 0,5M		Trietanolamina 0,5M	
		30°C (303 K)		35°C (308 K)
VOLUMEN ml	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA
0	0	0,0000	0	0,0000
1	5	0,0000	6	0,0000
2	11	0,0005	13	0,0010
3	17	0,0000	20	0,0020
4	23	0,0000	27	0,0020
5	29	0,0005	34	0,0029
6	35	0,0000	39	0,0034
7	41	0,0005	46	0,0034
8	47	0,0000	53	0,0039
9	53	0,0005	59	0,0049
10	59	0,0005	66	0,0059
11	67	0,0000	72	0,0054
12	74	0,0000	79	0,0059
13	80	0,0005	86	0,0069
14	87	0,0005	92	0,0083
15	94	0,0000	99	0,0069
16	100	0,0000	105	0,0079
17	107	0,0000	111	0,0083
18	114	0,0000	118	0,0079
19	121	0,0000	126	0,0088
20	127	0,0000	133	0,0083
21	134	0,0000	141	0,0079
22	140	0,0005	148	0,0074
23	147	0,0005	156	0,0069
24	153	0,0005	163	0,0064
25	158	0,0005	171	0,0059
26	165	0,0010	179	0,0054
27	171	0,0015	188	0,0044
28	178	0,0010	197	0,0039
29	184	0,0005	206	0,0029
30	189	0,0005	215	0,0020

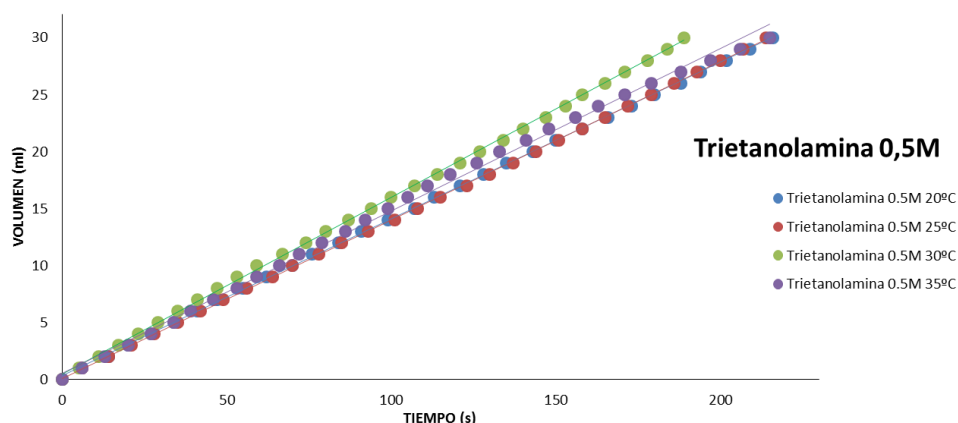


Figura 9: Gráfica comparativa de los valores medios de tiempo con respecto a volumen para las muestras de trietanolamina 0,5 M. Fuente: elaboración propia.

Tabla 27: Resultados del caudal y flujo para cada una de las temperaturas de la trietanolamina 0,5 M. Fuente: elaboración propia.

	a=Q (ml/S)	R ²	Flujo (mol/m ² xs)
Trietanolamina 0,5 M 20°C	0,1374	0,9998	8491,4358
Trietanolamina 0,5M 25°C	0,1391	0,9999	8463,7005
Trietanolamina 0,5 M 30°C	0,1549	0,9996	9244,4825
Trietanolamina 0,5 M 35°C	0,1425	0,9975	8423,9542

En las tablas 25 y 26 se muestran los datos de los tiempos de absorción de la trietanolamina 0,5 M frente a los volúmenes absorbidos a las temperaturas de trabajo. Datos que se han representado en la figura 9, donde se puede observar que estos datos responden a la ecuación de una línea recta. Con un coeficiente de regresión lineal $\approx 0,999$

En la tabla 27, se muestran los datos de los caudales y los flujos de absorción, observándose que el mayor caudal se obtiene para la temperatura de 30 °C, temperatura coincide con la de obtención del mayor flujo de absorción.

También se observa que el menor caudal y por tanto el menor flujo de absorción se obtiene para la temperatura de 20 °C.

4.10. Trietanolamina 1 M.

Tabla 28: Valores medios de tiempo en segundos y la desviación típica de los datos del tiempo en la muestra de trietanolamina 1 M a 20 y 25 °C, con presiones de 0,9605 y 0,9618 atm respectivamente. Fuente: elaboración propia.

	Trietanolamina 1M	20°C (293 K)	Trietanolamina 1M	25°C (298 K)
VOLUMEN ml	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA
0	0	0,0000	0	0,0000
1	6	0,0010	5	0,0005
2	12	0,0010	10	0,0000
3	18	0,0020	15	0,0005
4	24	0,0029	20	0,0005
5	30	0,0034	26	0,0010
6	37	0,0039	31	0,0000
7	43	0,0044	36	0,0005
8	50	0,0049	42	0,0000
9	57	0,0049	47	0,0005
10	63	0,0054	52	0,0005
11	70	0,0049	58	0,0000
12	77	0,0059	63	0,0005
13	83	0,0059	69	0,0005
14	90	0,0069	75	0,0000
15	97	0,0069	79	0,0005
16	103	0,0069	85	0,0005
17	110	0,0074	91	0,0000
18	117	0,0074	96	0,0005
19	124	0,0079	101	0,0005
20	131	0,0079	107	0,0005
21	138	0,0079	113	0,0005
22	144	0,0083	118	0,0005
23	151	0,0083	124	0,0005
24	158	0,0088	132	0,0000
25	165	0,0088	137	0,0000
26	172	0,0093	142	0,0005
27	179	0,0098	148	0,0005
28	186	0,0098	153	0,0005
29	193	0,0103	159	0,0000
30	200	0,0108	165	0,0000

Tabla 29: Valores medios de tiempo en segundos y la desviación típica de los datos del tiempo en la muestra de trietanolamina 1 M a 30 y 35 °C, con presiones de 0,9592 y 0,9658 atm respectivamente. Fuente: elaboración propia.

	Trietanolamina 1M		Trietanolamina 1M	
		30°C (303 K)		35°C (308 K)
VOLUMEN ml	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA	TIEMPO EN S	DESVIACIÓN TÍPICA
0	0	0,0000	0	0,0000
1	5	0,0000	5	0,0005
2	11	0,0000	10	0,0005
3	16	0,0000	15	0,0005
4	22	0,0005	20	0,0000
5	28	0,0000	26	0,0000
6	33	0,0000	31	0,0005
7	39	0,0000	36	0,0000
8	45	0,0000	41	0,0000
9	50	0,0005	47	0,0000
10	56	0,0000	52	0,0005
11	62	0,0000	57	0,0005
12	68	0,0000	63	0,0005
13	74	0,0000	68	0,0005
14	81	0,0000	73	0,0005
15	87	0,0000	79	0,0000
16	93	0,0000	84	0,0005
17	99	0,0000	89	0,0005
18	105	0,0000	94	0,0005
19	111	0,0000	99	0,0000
20	117	0,0005	105	0,0005
21	123	0,0000	111	0,0000
22	130	0,0005	116	0,0000
23	135	0,0005	120	0,0000
24	142	0,0005	126	0,0000
25	148	0,0005	131	0,0000
26	154	0,0000	136	0,0005
27	160	0,0000	141	0,0005
28	166	0,0000	147	0,0005
29	171	0,0005	153	0,0005
30	177	0,0005	160	0,0000

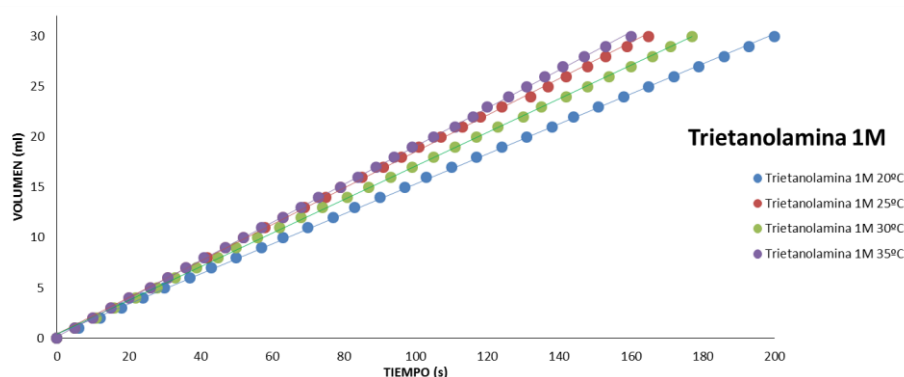


Figura 10: Gráfica comparativa de los valores medios de tiempo con respecto a volumen para las muestras de trietanolamina 1 M. Fuente: elaboración propia.

Tabla 30: Resultados del caudal y flujo para cada una de las temperaturas de la trietanolamina 1 M. Fuente: elaboración propia.

	a=Q (ml/S)	R ²	Flujo (mol/m ² xS)
Trietanolamina 1 M 20°C	0,1491	0,9997	9214,5056
Trietanolamina 1 M 25°C	0,1812	0,9995	11025,3237
Trietanolamina 1 M 30°C	0,1672	0,9997	9978,5505
Trietanolamina 1 M 35°C	0,1892	0,9998	11184,6465

En las tablas 28 y 29 se muestran los datos de los tiempos de absorción de la trietanolamina 1 M frente a los volúmenes absorbidos a las temperaturas de trabajo. Datos que se han representado en la figura 10, donde se puede observar que estos datos responden a la ecuación de una línea recta. Con un coeficiente de regresión lineal $\approx 0,999$

En la tabla 30, se muestran los datos de los caudales y los flujos de absorción, observándose que el mayor caudal se obtiene para la temperatura de 35 °C, temperatura coincide con la de obtención del mayor flujo de absorción.

También se observa que el menor caudal y por tanto el menor flujo de absorción se obtiene para la temperatura de 20 °C.

5. CONCLUSIONES.

De dichos análisis podemos concluir que:

Tanto para el agua como para las distintas etanolaminas ensayadas el mayor caudal, y por tanto el mayor flujo de absorción de CO₂ se obtiene para la temperatura de 35°C.

El menor caudal, y por tanto el menor flujo de absorción de CO₂ varía de 20 a 30 °C dependiendo de que el ensayo se realice con agua o etanolamina (30°C) o dietanolamina o trietanolamina (20°C).

Por tanto y definitivamente podemos concluir que si bien el mayor flujo de absorción de CO₂ tanto con agua como con diferentes etanolaminas ensayadas se produce a 35°C, no podemos concluir que el menor flujo de absorción se produzca en todos los casos a la misma temperatura.

6. BIBLIOGRAFÍA.

-Apuntes de la asignatura de Población, territorio y medio ambiente, del Grado de Ciencias Ambientales de la Universidad de Jaén. Elaborados por la profesora Doña Pilar García Martínez, del departamento de Antropología, Geografía e Historia.

-Apuntes de las asignaturas de Bases de la Ingeniería Ambiental y Tratamiento de Efluentes líquidos y gaseosos, del Grado de Ciencias Ambientales de la Universidad de Jaén. Elaborados por la profesora Doña María Victoria Moreno Romero, del departamento de Ingeniería Química, Ambiental y de los materiales.

-Apuntes de las asignaturas de Meteorología y Climatología, y Energía y Medio Ambiente, del grado de Ciencias Ambientales de la Universidad de Jaén. Elaborados por el profesor Don David Pozo Vázquez, del departamento de Física.

-Christine John Geankoplis. Transport Processes and Separation Process Principles. Ed. Pearson Education (2003)

-Costa Novella, E. y col. Ingeniería Química, Vol 5. Ed. Alhambra

-Diseño y montaje de una instalación de laboratorio para la caracterización y desarrollo de absorbentes de CO₂ basados en aminas. Capítulo 3: Captura de CO₂ en postcombustión: absorción

-Formulación de un producto cosmético con propiedades antiarrugas a partir del aceite de semilla de merey (*Anacardium Occidentale* L) Viky Mujica, Mariam Delgado, Maryore Ramírez, Ingrid Velásquez*, Cathy Pérez, María Rodríguez-Corella, 2010.

-<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70752/fichero/2->

[+La+Absorci%C3%B3n+qu%C3%ADmica+como+sistema+de+abatimiento.pdf](#)

http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/pacc/menuitem.f0b2b1e23eb863d9490cda105510e1ca/?vgnnextoid=e52ae185d4693210VgnVCM10000055011eacRCRD&vgnnextchannel=c00c1e9604273210VgnVCM10000055011eacRCRD&lr=lang_es

-<http://www.vidainvisible.com/foro/index.php?topic=62.0>

https://blog.oxfamintermon.org/10-consecuencias-del-calentamiento-global/?gclid=Cj0KCQiAvJXxBRCEARIsAMSkApradglKOWljFPXRdCnABZN4WdzYuOQQa8Z80wBdHlXdBsyQxhztmakaAlBhEALw_wcB#1_Temperaturas_mas_calidas

-<https://cambioclimatic.com/la-revolucion-industrial-y-el-cambio-climatico/>

-<https://dle.rae.es/?id=2MS549E>

-<https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/cambio-climatico/asi-afecta-el-cambio-climatico/efectos-del-cambio-climatico-en-el-medio-ambiente/>

-<https://es.wikipedia.org/wiki/Dietanolamina>

-<https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/la-concentraci%C3%B3n-de-gases-de-efecto-invernadero-en-la-atm%C3%B3sfera-alcanza>

-https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642013000100004

-<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/que-es-el-cambio-climatico-y-como-nos-afecta/>

-<https://www.quiminet.com/articulos/la-dietanolamina-sus-caracteristicas-y-usos-en-la-industria-3402775.htm>

-<https://www.quiminet.com/articulos/la-dietanolamina-y-sus-distintas-aplicaciones-2701055.htm>

- <https://www.saludgeoambiental.org/>
- <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cronologia-de-negociaciones-sobre-el-clima/>
- Perry. Manual del Ingeniero Químico (6ª edición). Ed. McGraw-Hill (1992)
- Tegeder – Mayer. Métodos de la Industria Química en diagramas de flujo coloreados. Ed. Reverté, S.A. Barcelona (1980)
- Tesis doctoral Absorción de dióxido de carbono, a elevadas presiones parciales, por disoluciones acuosas de mezclas binarias de alcanolaminas. Ana Belén López García (2013)
- Vián, A. y Ocón, J. Elementos de Ingeniería Química (5ª edición) Aguilar, Madrid (1976)
- Web de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y desarrollo sostenible de la Junta de Andalucía.
- Web del Ministerio para la transición ecológica y reto demográfico. Gobierno de España.

