

**ELABORACIÓN DE MANUAL Y DESARROLLO DE UN APLICATIVO
PEDAGÓGICO COMO APOYO A LA COMPRENSIÓN DE LA DIFUSIÓN EN
LÍQUIDOS PARA LA ASIGNATURA DE LABORATORIO DE PROCESOS I**

THALÍA VANESSA GÓMEZ GUTIÉRREZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2019

**ELABORACIÓN DE MANUAL Y DESARROLLO DE UN APLICATIVO
PEDAGÓGICO COMO APOYO A LA COMPRENSIÓN DE LA DIFUSIÓN EN
LÍQUIDOS PARA LA ASIGNATURA DE LABORATORIO DE PROCESOS I**

THALÍA VANESSA GÓMEZ GUTIÉRREZ

Trabajo de Grado como requisito para optar el título de Ingeniero Químico

Directores

DAISY XIMENA SAAVEDRA BOLÍVAR

Ingeniera Química Msc

CRISÓSTOMO BARAJAS FERREIRA

Ingeniero Químico Msc

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2019

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía, quien me inspiro para la realización de esta carrera, por darme la salud y bendición para alcanzar mis metas como persona y como profesional.

A mi nonita Ana Gabriela, por ser mi ángel protector y darme la fortaleza para culminar este proceso.

A mis padres Aydee y Martín, por su gran esfuerzo, su apoyo incondicional, su amor y por ser mi más grande motor. Los amo inmensamente.

A mi hermano Javier, mi tía Rosalba y mi nonita Helda, por ser mi apoyo, y formar parte de un pilar muy importante en mi vida. Los amo.

Thalía Vanessa Gómez Gutiérrez

AGRADECIMIENTOS

La autora de este libro expresa sus agradecimientos a:

A la Magister Daisy Ximena Saavedra Bolívar por su confianza y su gran aporte en la dirección y asesoría durante la realización del proyecto en modalidad práctica en docencia.

Al Magister Crisóstomo Barajas Ferreira por todas las enseñanzas brindadas en la carrera y su apoyo durante la culminación de este proyecto.

Al Ingeniero Guillermo por su entrega, dedicación y acompañamiento durante la realización del proyecto.

A todos los profesores de la escuela de Ingeniería Química, quienes han puesto a disposición sus conocimientos para la formación integral.

A mi familia y mis compañeros, por su apoyo forjando mi camino y acompañamiento en esta etapa.

A mis mejores amigos por su gran motivación y apoyo incondicional durante toda mi carrera.

Y por último a la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, por brindarnos una educación pública y de calidad, para llevar a cabo un crecimiento personal y profesional.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. OBJETIVOS.....	15
1.1 OBJETIVO GENERAL	15
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
2. MARCO REFERENCIAL.....	16
2.1 TEORÍA.....	17
3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA DOCENTE.....	24
3.1 PERCEPCIÓN DE LOS ESTUDIANTES SOBRE LA PRÁCTICA EXPERIMENTAL.	24
3.1.1 Muestreo de la cantidad de estudiantes a encuestar	24
3.1.2 Desarrollo de la encuesta	25
3.1.3 Análisis y resultados	25
3.2 DESARROLLO DEL MANUAL DE LABORATORIO	29
3.2.1 Recopilación de información y antecedentes.....	29
3.2.2 Diseño de pruebas.....	29
3.2.3 Análisis de resultados de las pruebas.....	30
3.2.4 Contenido del manual de laboratorio.	33
3.3 DESARROLLO DEL APLICATIVO PEDAGÓGICO	33
3.3.1 Recopilación de información.....	34
3.3.2 Diseño y elaboración del aplicativo.....	35
3.2.2.1 Herramientas para el desarrollo del aplicativo	36

3.3.3 Implementación del aplicativo pedagógico y manual en el laboratorio de procesos I.	41
4. CONCLUSIONES	42
BIBLIOGRAFÍA.....	43

LISTA DE FIGURAS

Figura1. Celda Armfield.	23
Figura 2. Variables influyentes en el error.	26
Figura 3. Nivel de satisfacción con el reconocimiento de la práctica.	27
Figura 4. Que tan entendible y útil es el manual de laboratorio. *.	27
Figura 5. Necesidad del uso de una herramienta virtual.	28
Figura 6. Recomendaciones de los estudiantes.	28
Figura 7. Tema Material para MkDocs.	35
Figura 8. Visual Studio Code.	36
Figura 9. VS Code ejecutando MkDocs.	37
Figura 10. Página de inicio Firebase.	39
Figura 11. Instalar la consola de Firebase.	40
Figura 12. Prueba del servidor MkDocs.	40
Figura 13. Prueba del Manual - Servidor local.	41

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Valores de Z calculados en tablas.	24
Tabla 2. Conductividades molares a dilución infinita.	32
Tabla 3. Plan Spark o Gratuito Firebase.	38

LISTA DE ANEXOS

(Ver anexos adjuntos en el CD y pueden visualizarlos en la Base de Datos de la Biblioteca UIS)

Anexo A. Encuesta realizada a los estudiantes.

Anexo B. Valores de difusividad para la asignatura de laboratorio de procesos I del programa de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander.

Anexo C. Resultado pruebas de laboratorio.

Anexo D. Guía del manual de laboratorio.

RESUMEN

TÍTULO: ELABORACIÓN DE MANUAL Y DESARROLLO DE UN APLICATIVO PEDAGÓGICO COMO APOYO A LA COMPRENSIÓN DE LA DIFUSIÓN EN LÍQUIDOS PARA LA ASIGNATURA DE LABORATORIO DE PROCESOS I *.

AUTORES: THALÍA VANESSA GÓMEZ GUTIÉRREZ **.

PALABRAS CLAVE: Material pedagógico, práctica en laboratorio, celda Armfield, coeficiente de difusión.

DESCRIPCIÓN: En el presente trabajo de grado se elaboró un manual de operación para la práctica de determinación experimental del coeficiente de difusión en líquidos, teniendo en cuenta la necesidad que veían los alumnos y docentes de la asignatura de Laboratorio de Procesos I de mejorar la práctica y reforzar el procedimiento experimental de ésta, así como implementar nuevas herramientas y condiciones de operación para mejorar su comprensión, dicho manual se construyó con base a recursos bibliográficos y en los resultados obtenidos después de la realización de varias pruebas de laboratorio utilizando una celda Armfield la cual esta montada sobre un recipiente de vidrio que contiene una barra agitadora, bajo estas pruebas se establecieron las variables influyentes en el cálculo del coeficiente de difusión para obtener valores más cercanos a la literatura. Además, se desarrolló un aplicativo virtual el cual es didáctico y esta basado en las TIC de la Universidad Industrial de Santander y apoyado en material pedagógico, este fue alojado en Firebase y creado con MkDocs, el cual es un generador de sitios estáticos rápido y simple, el cual está orientado a la documentación de proyectos con el fin de afianzar más los conocimientos adquiridos y reforzar el acto de enseñanza-aprendizaje.

* Trabajo de grado.

** Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Directores: MSc Daisy Ximena Saavedra Bolívar, MSc Crisóstomo Barajas Ferreira.

ABSTRACT

TITLE: ELABORATION OF A MANUAL AND DEVELOPMENT OF A PEDAGOGICAL APPLICATION AS SUPPORT FOR THE UNDERSTANDING IN THE DIFFUSION OF LIQUIDS FOR THE SUBJECT OF LABORATORY OF PROCESSES I *.

AUTHORS: THALÍA VANESSA GÓMEZ GUTIÉRREZ **.

KEYWORDS: Pedagogical material, practice in the laboratory, Armfield cell, Diffusion coefficient.

DESCRIPTION: In the present work of degree a manual of operation was elaborated for the practice of experimental determination of the coefficient of diffusion in liquids, having in it counts the need that there saw the pupils and teachers of the subject of Process laboratory I to improve the practice and to reinforce the experimental procedure of it is, as well as to implement new tools and conditions of operation to improve his comprehension, the above mentioned manual was constructed by base to bibliographical resources and in the results obtained after the accomplishment of several tests of laboratory using a cell Armifield which this mounting on a glass container that contains a stitting bar, under these tests the influential variables were established in the calculation of the coefficient of diffusion to obtain nearest values to the literature. In addition, there developed the applicative virtual one which is didactic and this one based on the TIC of the Industrial University of Santander and supported on pedagogic, this material it was lodged in Firebase and created with MkDocs, which is a rapid and simple generator of static sites, which is orientated to the project documentation in order to guarantee more the acquired knowledge and to reinforce the act of education - learning.

* Degree work.

** Faculty of Physicochemical. School of Chemical Engineering. Directors: MSc Daisy Ximena Saavedra Bolívar, MSc Crisóstomo Barajas Ferreira.

INTRODUCCIÓN

Las exigencias de los estudiantes en las instituciones educativas hacen que los docentes se actualicen a nuevas estrategias de aprendizaje, las cuales deben responder a una enseñanza pedagógica y didáctica que fortalezca el aprendizaje autónomo, por esta razón desde hace ya varios años se han venido trabajando los materiales tecnológicos e interactivos, entre los cuales se encuentran las Tic; estos permiten aprender por medio de tecnologías avanzadas y a su vez interactuar con el programa para solucionar y compartir experiencias que incrementan el aprendizaje.

La relación teoría-práctica es de gran importancia para un ingeniero químico ya que este debe ser capaz de desempeñarse en diferentes áreas, por esta razón la asignatura Laboratorio de Procesos I de VII semestre de dicha carrera en la UIS tiene prácticas aplicadas a los conocimientos vistos hasta VI semestre, una de estas es la determinación experimental del coeficiente de difusión en líquidos mediante la cual se busca afianzar los conocimientos adquiridos en fenómenos de transporte.

Apoyándose en la percepción de los estudiantes sobre la práctica experimental y la opinión de los docentes de la asignatura, se evidencio la necesidad de elaborar un nuevo manual de operación ajustado a las condiciones del laboratorio de la escuela de Ingeniería Química-UIS además de la implementación de un aplicativo pedagógico para reforzar la metodología enseñanza-aprendizaje sobre el desarrollo de la práctica experimental. La elaboración y desarrollo tanto del manual como del aplicativo didáctico se llevó a cabo para que los estudiantes y docentes se apropiaran más de la práctica, con un lenguaje más sencillo y didáctico, para tal fin se contó con la asesoría de los profesores de la asignatura y técnicos de laboratorio, asimismo se realizó una recopilación bibliográfica, material pedagógico y pruebas experimentales con el fin de establecer las condiciones adecuadas para trabajar en el laboratorio.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un manual de operación y un aplicativo pedagógico como apoyo a la práctica de difusión en líquidos, para mejorar la comprensión y desarrollo de la misma en el laboratorio.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar la percepción del estudiante sobre la práctica y el material de trabajo.
- Proponer nuevas condiciones de operación, que permitan el desarrollo satisfactorio de la práctica.
- Elaborar un manual de usuario y desarrollar un aplicativo pedagógico con base a las condiciones obtenidas experimentalmente y que satisfacen la operación del equipo de difusión en Líquidos.

2. MARCO REFERENCIAL

En la actualidad un docente necesita implementar recursos didácticos además de las explicaciones orales dentro del aula, entre los más utilizados actualmente está la implementación de herramientas TIC para el fortalecimiento de estrategias didácticas, ya que estas crean entornos de aprendizajes más dinámicos e interactivos fortaleciendo el acto de enseñanza-aprendizaje¹.

En el programa de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander se han realizado tres proyectos de grado referentes a la implementación de métodos pedagógicos para asignaturas de dicha carrera, estos fueron "Elaboración de la asignatura electiva "diseño de equipos de intercambio de calor" para el programa" ; "Diseño y elaboración de material pedagógico de apoyo para la asignatura operaciones unitarias II" y "Diseño, desarrollo, y puesta en marcha de una metodología didáctica para favorecer el proceso enseñanza-aprendizaje en el manejo y operación de una torre de extracción líquido-líquido de la asignatura laboratorio de procesos II"

La finalidad de la intervención pedagógica es desarrollar en el estudiante la capacidad de realizar aprendizajes por si solos, para así formar personas competentes y con más posibilidades de interactuar en diferentes campos de acción.

¹ MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL Uso pedagógico de las TIC para el fortalecimiento de estrategias didácticas del programa todos a aprender [en línea] disponible en: https://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/articles-336355_archivo_pdf.pdf

2.1 TEORÍA

Difusión

Difusión se conoce como el flujo irreversible de materia que se produce en sistemas multicomponentes todo esto por la existencia de un gradiente de concentraciones, este flujo se produce de altas a bajas concentraciones.

La difusión puede ocurrir en cualquier medio y en cualquier tipo de partículas como: líquidos, gases y sólidos, este proceso es estadísticamente predecible en conjunto aunque el movimiento de cada partícula aislada es totalmente aleatorio, este se encuentra impulsado por el movimiento térmico de las partículas que componen el sistema y se produce siguiendo las líneas de mayor diferencia de concentración entre regiones, es decir, siguiendo los gradientes de concentración, este fenómeno tiende a devolver al sistema a un estado de equilibrio con concentraciones constantes².

Coefficiente de difusión

El coeficiente de difusión o velocidad de difusión es un parámetro relevante que representa la facilidad con la que un soluto se mueve en un solvente y depende de algunos factores como lo son:

- Tamaño y forma del soluto.
- Viscosidad del solvente.
- Temperatura³.

² TREYBAL. *Mass Transfer Operations*. Segunda edición. New York, Estados Unidos: Editorial McGraw-Hill. 1980 Capítulo 2

³ POLING, PRAUSNITZ, O'CONNELL. *The Properties of Gases and Liquids*. Quinta edición. New York, Estados Unidos: Editorial McGraw-Hill Education. 2001 p. 640

Si se compara la velocidad de difusión entre un líquido y un gas se vería que la del gas es mucho mayor que la del líquido, esto se debe a que las moléculas de un líquido están muy cercanas entre sí en comparación con las de un gas; la densidad y la resistencia a la difusión de un líquido son mucho mayores.

Por ejemplo, en un proceso de difusión en donde se encuentran involucradas una sustancia A y otra sustancia B, ambas líquidas, el choque entre moléculas de ambas especies se produce con más frecuencia lo que genera que se difundan con mayor lentitud que en los gases, pero a diferencia de estos, la difusividad de los líquidos varía apreciablemente con la concentración⁴.

Las ecuaciones para predecir difusividades de solutos diluidos en líquidos son semi-empíricas por necesidad, pues la teoría de la difusión en líquidos todavía no está completamente explicada⁵.

Estas ecuaciones corresponden a los métodos⁶:

- Ecuación de Stokes-Einstein.
- Correlación de Wilke-Chang.
- Método de Tyn y Calus.
- Ecuación de Nernst-Haskell.

El modelo que describe la transferencia de masa por difusión es la primera Ley de Fick, ésta relaciona al flujo difusivo con la concentración bajo la asunción de un estado estacionario⁷.

⁴ ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL. Determinación del coeficiente de difusión en líquidos. 2010 [en línea] disponible en: <https://es.scribd.com/document/360946842/Informe-2-Determinacion-Del-Coeficiente-de-Difusion-en-Liquidos>

⁵ BIRD, STEWART, LIGHTFOOT. Transport Phenomena, Segunda edición. New York, Estados Unidos: Editorial John Wiley & Sons, Inc. 2002

⁶ POLING et al., Op. Cit.

⁷ TREYBAL. *Mass Transfer Operations*. Segunda edición. New York, Estados Unidos: Editorial McGraw-Hill. 1980 Capítulo 4

La ley toma la forma:

$$J = -D \frac{\partial \phi}{\partial x} \quad (1)$$

Donde:

-J= Flujo difusivo (mol/m²*s)

-D= Coeficiente de difusión (m²/s)

-Φ = Concentración (mol/m³)

-x= posición (m)

Una de las primeras teorías para el cálculo de la difusividad fue la ecuación de Stokes-Einstein, que se obtuvo para una molécula esférica muy grande de (A) difundiendo en un disolvente líquido viscoso (B) de moléculas pequeñas⁸.

$$Da, b = \frac{k * T}{6 * \pi * r * \mu_b} \quad (2)$$

Donde:

-μ_b = Viscosidad del solvente (Pa*s)

-r= Radio de la molécula del soluto (m)

-T= Temperatura (K)

-K= Constante de Boltzmann (1.3806*10⁻²³ Pa*m³/K)

⁸ BIRD et al., Op. Cit.

Se han intentado obtener otras deducciones teóricas, pero las fórmulas obtenidas no predicen difusividades con precisión razonable. Debido a esto, se han desarrollado diversas expresiones semi-teóricas como:

-Correlación de Wilke-Chang

Es utilizada cuando el soluto A esta diluido con respecto al disolvente B, esta correlación es bastante usada pero no debe emplearse cuando el soluto es agua⁹.

$$D_{a,b} = 7,4 * (10^{-8}) \frac{(\Phi * M_b)^{0,5} * T}{\mu_b * V_a^{0,6}} \quad (3)$$

Donde:

- M_b = Peso molecular del solvente B (g/mol)

- μ_b = Viscosidad del solvente (Pa*s)

- T = Temperatura (K)

- Φ = Factor de asociación para el disolvente (Agua=2,6)

- V_a = Volumen molar del soluto A en el punto de ebullición molar (cm³/mol)

-Método de Tyn y Calus

Esta ecuación no es aplicable si las tensiones superficiales son muy diferentes. Por lo tanto, no se debe usar si uno de los componentes es agua, que tiene una tensión superficial muy elevada¹⁰.

⁹ POLING et al., Op. Cit.

¹⁰ POLING et al., Op. Cit.

$$Da, b = 8,93 * (10^{-11}) \frac{V_{b,b}^{0,266}}{V_{b,a}^{0,433}} * \left(\frac{T}{\mu_b}\right) \quad (4)$$

Donde:

T= Temperatura (K)

μ_b = Viscosidad del solvente (Pa*s)

$V_{b,b}$: $V_{b,a}$ = Volumen molar

T= Temperatura (K)

-Ecuación de Nernst-Haskell

Es utilizada para soluciones diluidas de una única sal, en ausencia de un potencial eléctrico (electrolitos en agua) ¹¹.

$$Da, b = \frac{RT \left[\frac{1}{Z(+)} + \frac{1}{Z(-)} \right]}{F^2 \left[\frac{1}{\lambda(+)} + \frac{1}{\lambda(-)} \right]} \quad (5)$$

Donde:

-F= Constante de Faraday (96500 C/eq)

- $Z_{(+)}$; $Z_{(-)}$ =Cargas del catión y anión

- $\lambda_{(+)}$; $\lambda_{(-)}$ = Conductancias iónicas limitantes $((A/cm^2)) / (V/cm)(eq/cm^3) = (cm^2 / \Omega * eq)$

Todos estos métodos son utilizados para el cálculo de coeficiente de difusión de líquidos de manera teórica por tanto se hace necesario utilizar un método para el cálculo de manera experimental teniendo en cuenta que, a causa de la gran lentitud del fenómeno de la difusión, es necesario favorecer el movimiento de las moléculas de un sistema con la agitación física¹².

¹¹ POLING et al., Op. Cit.

¹² BIRD et al., Op. Cit.

La Universidad Industrial de Santander cuenta con un equipo llamado celda Armfield en la escuela de Ingeniería Química, este equipo es didáctico y se ajusta a una práctica experimental para comprender el fenómeno de la difusión en líquidos.

Celda Armfield

Es una celda de difusión exclusiva que soluciona el problema tradicional de la velocidad lenta de difusión en líquidos que requieren períodos de observación prolongados, pero sin sacrificar la precisión ni introducir efectos convectivos.

Esta celda está compuesta por un panel de capilares dimensionados con precisión, situado entre dos líquidos de concentración diferente del soluto cuyo coeficiente de difusión quiere determinarse¹³.

Para analizar la difusión en líquidos se utilizó una solución salina concentrada, esta se encuentra en la celda de difusión que tiene forma de un tubo en U, en uno de cuyos extremos se halla un disco con múltiples capilares verticales, el tubo en U se introduce en un depósito con agua desionizada para que el disco con los capilares se encuentre por debajo de la superficie del agua.

A medida que tiene lugar la difusión del soluto, la concentración en el volumen mayor se incrementa la cual es monitoreada con un sensor y medidor de la conductividad, registrando los datos en el PC mediante el software CERB. Gracias al agitador magnetico se evita un aumento de la concentración de sal próxima al disco, impidiendo así las diferencias de concentración¹⁴.

¹³ ARMFIELD. Aparato de coeficientes de difusión de líquido. [en línea] disponible en: <http://armfieldonline.com/products/view/cerb/aparato-de-coeficientes-de-difusion-de-liquido?url=es/products/view/cerb/aparato-de-coeficientes-de-difusion-de-liquido>

¹⁴ CERB ARMFIELD. "Diffusion of a liquid Apparatus" Instruction Manual

Figura 1. Celda Armfield.



1. Celda de difusión.
2. Vasija de Difusión.
3. Electrodo.
4. Agitador Magnético.
5. Conductímetro.

Para este caso, se utiliza la Ley de Fick (Ecuación 1) para deducir la ecuación que relaciona el coeficiente de difusión con la conductividad eléctrica de una sustancia es:¹⁵

$$Da, b = \frac{4 * V * z}{\pi * d^2 * N * M * Cm} * \left(\frac{dk}{dt} \right) \quad (6)$$

Donde:

V= Volumen del agua en la vasija de difusión (L)

M= Molaridad de la solución

Cm= Conductividad molar de la solución (1/m²* Ω)

dk/dt= Tasa de cambio de la conductividad eléctrica con el paso del tiempo (1/s* Ω)

d= Diámetro de los capilares en la membrana (m)

N= Número de capilares presentes en la membrana

z= Longitud de los capilares presentes en la membrana (m)

¹⁵ DEEN. Analysis of Transport Phenomena. New York, Estados Unidos: Editorial Oxford University Press, Inc. 1998

3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA DOCENTE

3.1 PERCEPCIÓN DE LOS ESTUDIANTES SOBRE LA PRÁCTICA EXPERIMENTAL.

3.1.1 Muestreo de la cantidad de estudiantes a encuestar Se realizó una encuesta haciendo énfasis en las posibles fallas que afectaban la práctica de difusión de líquidos en el laboratorio de procesos I, para conocer el número de personas a encuestar se tomó como referencia el número promedio de estudiantes que cursaron la asignatura en el semestre 2018-1 los cuales fueron 80 estudiantes, con este empleó la ecuación de tamaño de muestra para poblaciones finitas¹⁶.

$$n = \frac{N * \sigma^2 * Z^2}{e^2(N - 1) + \sigma^2 * Z^2} \quad (7)$$

Dónde: n= Tamaño de la muestra.

N= Tamaño de la población.

σ = Desviación estándar de la población.

Z= Nivel de confianza, valor obtenido mediante niveles de confianza.

e= Límite aceptable de error muestral. (5%)

Para un nivel de confianza del 95% el valor de Z es de 1.96.

Tabla 1. Valores de Z calculados en tablas.

%Error	Nivel de confianza	Valor de Z calculado en tablas
1	99%	2,58
5	95%	1,96
10	90%	1,645

¹⁶ HERRERA CATELLANOS. Formula para cálculo de la muestra poblaciones finitas. Guatemala 2009. [En línea]. Disponible en: <https://investigacionpediahr.files.wordpress.com/2011/01/formula-para-cc3a1lculo-de-la-muestra-poblaciones-finitas-var-categorica.pdf>

Fuente: AGUILAR-BAROJAS, Saraí Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud Salud en Tabasco, vol. 11, núm. 1-2, enero-agosto, 2005, pp. 333-338 Secretaría de Salud del Estado de Tabasco Villahermosa, México [en línea] disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48711206>

Para el cálculo de la desviación se asignó la máxima probabilidad que puede presentar la variable en cuestión, como esta es una variable cualitativa se le asigna un valor de 50%¹⁷.

Por lo tanto, con todos los valores conocidos de la ecuación (7) se calculó el valor de n.

$$n = \frac{80 * 0,5^2 * 1,96^2}{0,05^2(80 - 1) + 0,5^2 * 1,96^2} = 66 \text{ personas}$$

3.1.2 Desarrollo de la encuesta El modelo de encuesta que se utilizó fue Google Forms, ya que es una herramienta de gran utilidad por su facilidad de acceso en línea y cuenta con algunos aspectos como son la confidencialidad para el estudiante al responder dicho cuestionario, un registro del número de respuestas y un análisis final de resultados.

La encuesta conto con 5 preguntas, de las cuales 4 eran de opción múltiple y obligatorias y una última de respuesta abierta, con el fin de analizar falencias en la práctica de laboratorio.

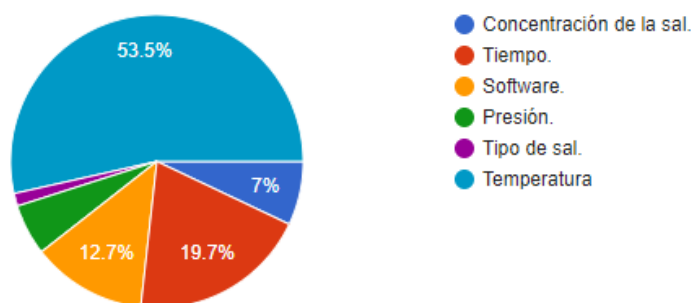
3.1.3 Análisis y resultados Teniendo en cuenta el resultado de la ecuación 7 se encuestaron 70 estudiantes de forma anónima que pertenecían a la escuela de

¹⁷ AGUILAR-BAROJAS, Saraí Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud Salud en Tabasco, vol. 11, núm. 1-2, enero-agosto, 2005, pp. 333-338 Secretaría de Salud del Estado de Tabasco Villahermosa, México [en línea] disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48711206>

ingeniería química y habían cursado la asignatura de Laboratorio de Procesos I en el periodo 2018-1.

En la Figura 2 se presentan los resultados obtenidos a la pregunta: ¿Cuál cree usted que es la variable que más influye en la magnitud del cálculo del error de la difusividad?, en esta se observa que la variable más influyente según los estudiantes es la temperatura con un 53,5% de las respuestas, seguida del tiempo (19,7%) y el software (12,75) mientras que la presión, el tipo y la concentración de sal no son identificadas por los estudiantes como variables influyentes en dicho cálculo.

Figura 2. Variables influyentes en el error.



Las Figura 3 y Figura 4 se observa que aproximadamente el 83% de los encuestados no se encuentran satisfechos con el reconocimiento de la práctica del cálculo del coeficiente de difusión en líquidos, así como un 66,2% creen que el manual no es entendible y útil, lo cual refuerza la importancia de elaborar un nuevo manual de laboratorio.

Figura 3. Nivel de satisfacción con el reconocimiento de la práctica.

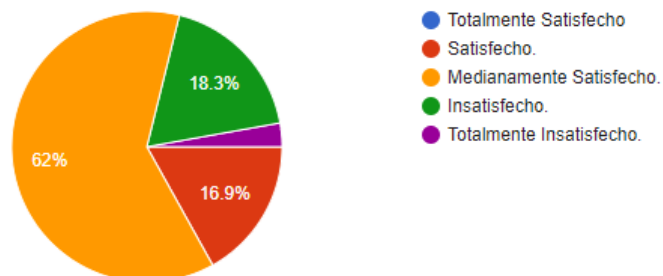
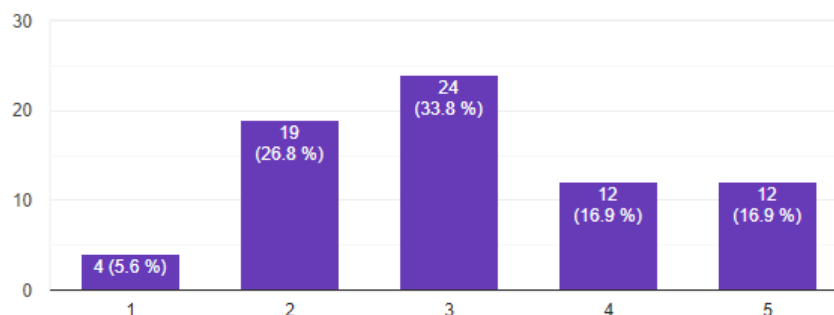


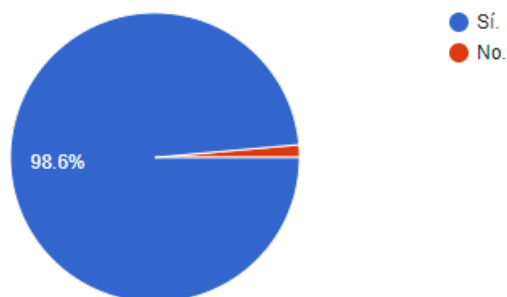
Figura 4. Que tan entendible y útil es el manual de laboratorio. *



* siendo 5.0 totalmente entendible y útil y 1.0 para nada útil e inentendible.

Con el fin de analizar si era recomendable una herramienta virtual para la mejoría de la práctica se planteó la pregunta número 4. ¿Cree usted que el uso de una herramienta virtual (Tics) mejoraría el desarrollo de la práctica? Sus resultados se pueden observar en la Figura 5, los cuales indican que un 98,6% ven esta estrategia como una buena opción, por esta razón se decidió desarrollar un aplicativo virtual para familiarizar más al estudiante con la práctica.

Figura 5. Necesidad del uso de una herramienta virtual.



Por último, se realizó una pregunta para saber la opinión de los estudiantes sobre recomendaciones para que el manual fuera más entendible, algunas de estas se enlistan a continuación (Ver Figura 6) las cuales se tuvieron en cuenta al momento de la elaboración y desarrollo tanto del manual de laboratorio como del aplicativo virtual.

Figura 6. Recomendaciones de los estudiantes.

Que esten más especificados los pasos a seguir en la práctica
Que tenga ejemplos para el cálculo de difusividad y los datos teóricos ya qye muchas veces no se encuentran los datos en libros tan fácilmente
Dar valores más cercanos a los que arroja el laboratorio
que sea de fácil acceso y que explique de forma más detallada el proceso a llevar a cabo
Que se expongan claramente las ecuaciones a trabajar.
Que se más gráfico
Que sea más didáctico
Complementar más la información
Valores de difusidad mas reales
Explicar paso a paso y de forma clara, usando un lenguaje sencillo para su comprensión
Utilizar un lenguaje más amigable para el entendimiento y la utilización del manual, con términos entendibles por todo público; así mismo que permita la completa orientación y aplicación en la practica
El manual no sirve realmente para nada
Que el paso a paso del laboratorio sea un poco mas explícito y que en el manual estén sólo las fórmulas necesarias, las demás sólo confunden al practicante de la laboratorio
Didáctico
Fácil comprension

3.2 DESARROLLO DEL MANUAL DE LABORATORIO

3.2.1 Recopilación de información y antecedentes. Para la elaboración del manual de laboratorio se tuvieron en cuenta las guías ya existentes en el laboratorio de procesos I de la escuela de ingeniería química y el manual de usuario de la celda Armfield, adicionalmente se recopiló información bibliográfica referente a la difusión en líquidos y cálculo del coeficiente de difusión.

Finalmente se redactó y estructuro la guía para una fácil interpretación, tanto de los estudiantes como de los docentes.

3.2.2 Diseño de pruebas. Se utilizó un equipo conocido como celda Armfield que consiste en una membrana compuesta por 121 capilares de 4.5mm de longitud y 1mm de diámetro, la cual a ambos lados de dicha celda se encuentran 2 soluciones con diferentes concentraciones de soluto, una de esta contiene NaCl o KCl y la otra será agua pura, la celda Armfield esta sobre un recipiente de vidrio que contiene una barra agitadora y se llena con un litro de agua destilada, adicionalmente sostiene un electrodo para monitorear la concentración de la sal a través de medidas de conductividad eléctrica.

Para la prueba blanco se calibró el conductímetro con una solución de KCl 0,1M dando inicio a la práctica según condiciones del fabricante y el manual que ya se encontraba en el laboratorio, para esta primera prueba se realizaron 4 repeticiones analizando su comportamiento y si los valores experimentales eran cercanos a los de la literatura o a los experimentales ya registrados por otros autores.

Adicionalmente se realizaron otras pruebas con los tipos de sales las cuales fueron NaCl y KCl, variando las posibles perturbaciones como: la concentración y la temperatura, basadas en soportes bibliográficos que permiten realizar los cambios, con cada una de las variaciones se hicieron 4 repeticiones en las cuales se

descartaron posibles perturbaciones que no afectan el cálculo del coeficiente de difusión, por último, se estandarizaron las condiciones óptimas para la realización de la práctica.

3.2.3 Análisis de resultados de las pruebas. Con base en que la conductividad eléctrica del KCl a 0,1M a T= (23-25) °C es 128,96 S, se calibró el conductímetro del laboratorio de procesos I de la escuela de Ingeniería Química en la sede principal de la Universidad Industrial de Santander¹⁸.

A continuación, se muestra el ejemplo a seguir para el cálculo de difusividades, en este caso KCl 0,1M.

1) Se preparó la solución de KCl 0,1M

1Mol de KCl $\longrightarrow$ 74,55g en 1L de sln.

Las pruebas se prepararon en 100ml, por lo tanto:

74,55g $\longrightarrow$ 1000ml
X $\longrightarrow$ 100ml

$$X = \frac{74,55 * 100}{1000} = 7,455g \quad (8)$$

¹⁸ ADAMS, RAYNOR. Química inorgánica práctica avanzada. Barcelona, España: Editorial Reverté. 1966.

Para 0,1 M

$$\begin{array}{lcl} 7,455g & \longrightarrow & 1M \\ X & \longrightarrow & 0,1M \end{array}$$

$$X = \frac{7,455 * 0,1}{1} = 0,7455g \quad (9)$$

Ya teniendo el peso se preparó la solución y se dio inicio a la práctica.

- 2) Los valores se registraron por medio del software CERB durante 40min, estos se guardan en el formato Excel 5. (Ver Anexo C.)
- 3) Se realizó su respectiva regresión lineal para encontrar el valor de la pendiente dk/dt .
- 4) Para el cálculo de la difusión se utilizó la ecuación 6 que relaciona el coeficiente de difusión con la conductividad de una sustancia¹⁹.

$$Da, b = \frac{4 * v * z}{\pi * d^2 * N * M * Cm} * \frac{dK}{dt} \quad (6)$$

- Para el cálculo de la conductividad molar se utilizó la ley de migraciones independientes. (Conductividad en disoluciones electrolíticas, 2010)

$$Cm = \lambda_{(+)} + \lambda_{(-)} \quad (10)$$

¹⁹ DEEN. Analysis of Transport Phenomena. New York, Estados Unidos: Editorial Oxford University Press, Inc. 1998

Tabla 2. Conductividades molares a dilución infinita.

Catión	$\lambda_{+}(\text{S cm}^2 \text{ mol}^{-1})$	Anión	$\lambda_{-}(\text{S cm}^2 \text{ mol}^{-1})$
H^{+}	349.6	OH^{-}	199.1
Na^{+}	50.1	Cl^{-}	76.4
K^{+}	73.5	Br^{-}	78.1
Zn^{2+}	105.6	SO_4^{-2}	160.0
Mg^{2+}	106.1	Ac^{-}	40.9
NH_4^{+}	73.4	Fe(CN)_6^{4-}	442.3
Ba^{2+}	127.2	I^{-}	76.8

Fuente: Conductividad en disoluciones electrolíticas, 2010

Haciendo uso de la Ecuación 10. $C_m = 73,5 + 76,4 = 149,9 \text{ (S*cm}^2/\text{mol)}$

$$149,9 \frac{\text{S} * \text{cm}^2}{\text{mol}} * \frac{1000 \frac{\text{cm}}{\text{M}}}{\frac{\text{S} * \text{cm}^2}{\text{mol}}} = 149900 \frac{1}{\text{cm} * \text{M} * \Omega}$$

5) Para este ejemplo se utilizó la pendiente de la regresión de los valores entre el min 0 y el min 40 y la Ecuación 6.

$$Da, b = \frac{4 * 1000 \text{ cm}^3 * 0,45 \text{ cm}}{\pi * 0,1^2 \text{ cm}^2 * 121 * 0,1 \text{ M} * 149900 \frac{1}{\text{cm} * \text{M} * \Omega}} * 0,0006 \frac{1}{\text{cm} * \text{s} * \Omega}$$

$$Da, b = 1,895 * 10^{-5} \frac{\text{cm}^2}{\text{s}}$$

En el Anexo B se observan las tablas con todos los rangos de tiempo que se tuvieron en cuenta para establecer los valores teórico-experimentales del coeficiente de difusión de acuerdo a las condiciones del laboratorio de Ingeniería Química las cuales fueron **T**:23-25°C, **Agitación**: el equipo contiene una marca para trabajar a

esta velocidad la cual evita que se formen vórtices al momento de la práctica, se utilizaron **2 tipos de sales**: KCl y NaCl, a **concentraciones** de 0,1M, 1M, 2M, 4M.

En el manual de laboratorio se encuentra la tabla con los valores teórico-experimentales a las condiciones ya mencionadas. Estos valores se estandarizaron para que puedan dar uso de estos tanto los docentes como los estudiantes de la escuela de Ingeniería Química de la UIS al momento de comparar los obtenidos experimentalmente en nuevas pruebas en el laboratorio para la asignatura de Laboratorio de procesos I.

3.2.4 Contenido del manual de laboratorio. Se realizó la guía del manual de laboratorio basándose en el formato ya estipulado en Laboratorio de Procesos de la escuela de Ingeniería Química, su contenido se amplió al hacer una descripción del experimento y del equipo mucho más enriquecedora, al igual que se desarrolló un procedimiento experimental más detallado paso a paso, por último, se agregó una tabla con los valores de difusividad experimentales-teóricos a utilizar para el cálculo de error para que tanto el estudiante como el docente tuvieran más fácil acceso a la información.

3.3 DESARROLLO DEL APLICATIVO PEDAGÓGICO

Teniendo en cuenta la teoría de inteligencias múltiples de Howard Gardner la cual defiende que, así como hay diferentes tipos de problemas que resolver, también hay diferentes tipos de inteligencias que se pueden adaptar y utilizar a la solución de los estos.

Hasta la fecha Gardner y su equipo de la Universidad de Harvard han identificado ocho tipos distintos de inteligencia: lingüístico-verbal, lógico-

matemática, viso-espacial, musical, corpóral-cinestésica, intrapersonal, interpersonal y naturalista²⁰.

Debido a los diversos usos de las inteligencias múltiples en ambientes escolares, se hace necesario utilizar tácticas que permitan potenciar cada una de estas dependiendo de la necesidad de cada estudiante, entendiendo que todas las personas aprenden de formas diferentes y requieren de diferentes herramientas que faciliten el proceso., se recomiendan seis clases para trabajar este tipo de inteligencias²¹.

1. Valorar la inteligencia de los alumnos.
2. Diversificar los contenidos y las estrategias didácticas.
3. Innovar en las metodologías.
4. Apostar por el aprendizaje activo y real.
5. Utilizar las TIC.
6. Evaluar desde las inteligencias múltiples.

Con base a esto se desarrolló un aplicativo pedagógico apoyado en las TIC de la Universidad Industrial de Santander

3.3.1 Recopilación de información. Para la elaboración del aplicativo se tuvo en cuenta la información que se plasmó en el manual de laboratorio de una manera más didáctica y las recomendaciones para aplicar las inteligencias múltiples.

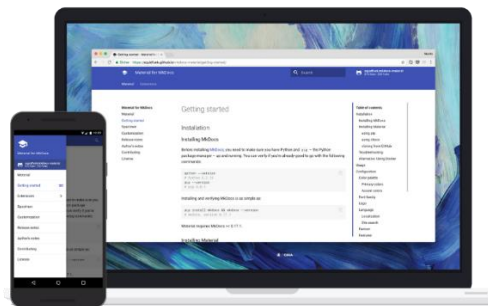
²⁰ REGADER Bertrand La Teoría de las Inteligencias Múltiples de Gardner [en línea] disponible en: <https://psicologiyamente.com/inteligencia/teoria-inteligencias-multiples-gardner>

²¹ AULA PLANETA Cómo trabajar las inteligencias múltiples en el aula [Infografía] [en línea] disponible en: <http://www.aulaplaneta.com/2015/08/18/recursos-tic/trabajar-inteligencias-multiples-aula/>

Finalmente, para su desarrollo se escogió el lenguaje de programación y un hosting gratuito amigable para todos los dispositivos y con la capacidad suficiente para abarcar la información suministrada.

3.3.2 Diseño y elaboración del aplicativo. El aplicativo se desarrolló de manera interactiva por medio de una página web estática, dicha página esta alojada en un hosting, de tal forma que se puede acceder desde cualquier dispositivo y compartir fácilmente el aplicativo entre los estudiantes utilizando un link, este se realizó con Markdown y la plataforma MkDocs, con dichas herramientas se generaron los archivos HTML que se subieron al hosting, además, se aplicó el tema Material Design de Google al MkDocs ya que crea una documentación con un diseño llamativo y una característica importante, responsive. (Ver Figura 7)

Figura 7. Tema Material para MkDocs.



Fuente: SQUID FUNK Mk docs material [en línea] disponible en: <https://squidfunk.github.io/mkdocs-material/>

Para el desarrollo del aplicativo se utilizó el generador de archivo HTML Markdown, el cual facilitó la creación del aplicativo y permitió fragmentarlo adecuadamente. ya que permite procesar o manejar una gran cantidad de archivos²².

²² MK DOCS Overview [en línea] disponible en: <https://www.mkdocs.org/#overview>

3.2.2.1 Herramientas para el desarrollo del aplicativo

- **MkDocs**

MkDocs es un generador de sitios estáticos que está orientado a la creación de plataformas de documentación, este es atractivo al usuario, simple y fácil de configurar e implementar, esta escrito en Python y solamente requiere que se creen los archivos en el formato Markdown y finalmente para generar el sitio web estático y funcional solo se necesita usar un único archivo de configuración YAML²³.

Para la creación del proyecto se ejecutó el siguiente comando:

➤ *mkdocs new manual*

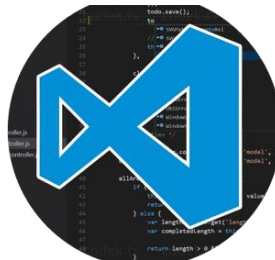
Con este comando se crearon los archivos básicos y una configuración básica del YAML.

➤ *mkdocs serve*

El servidor de prueba se montó en local host y el puerto 80, por defecto el mkdocs se encuentra en el 8080.

- **Visual Studio Code**

Figura 8. Visual Studio Code.

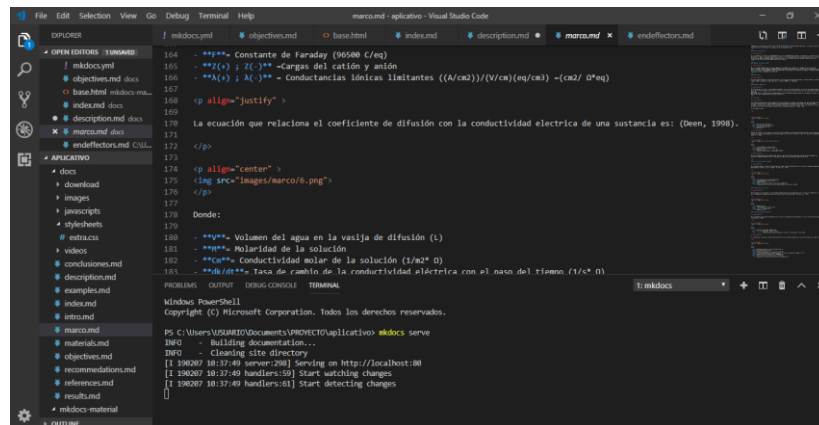


²³ MKDOCS. Sitio oficial. 2014 [en línea] disponible en: <https://www.mkdocs.org/#overview>

Fuente: ITPRO Visual studio code que es y que no es [en línea] disponible en: <https://blogs.itpro.es/eduardocloud/2016/08/22/visual-studio-code-que-es-y-que-no-es/>

VS Code es un editor de código fuente Open Source desarrollado por Microsoft, el cual es sofisticado y admite muchas funcionalidades prácticas al momento de trabajar con el código²⁴.

Figura 9. VS Code ejecutando MkDocs.



En la parte lateral izquierda aparece un listado, el cual hace referencia a la lista de archivos y la estructura del directorio del aplicativo, la cuál es la siguiente:

- **docs:** esta contiene todos los archivos en formato Markdown .md y los recursos necesarios, como videos, imágenes, documentos, descargas, etc.
- **mkdocs-material:** En este directorio se encuentra la extensión del tema aplicado en MkDocs, para poder personalizar el aplicativo, en este proyecto se modificó su código en JavaScript, para añadir nuevas funcionalidades al tema, como por ejemplo la reproducción de video.

²⁴ ITPRO Visual studio code que es y que no es [en línea] disponible en: <https://blogs.itpro.es/eduardocloud/2016/08/22/visual-studio-code-que-es-y-que-no-es/>

- **site:** Es la encargada de almacenar el sitio web o manual ya compilado por MkDocs.
- **mkdocs.yml:** Este archivo realiza la configuración del Markdown y los diferentes archivos.
- **Hosting Firebase:** El hosting ofrece espacio físico (dentro de un ordenador conocido como “servidor”) para que almacene los datos de un sitio web de modo que esté siempre online.

El alojamiento web seleccionado es el hosting de Firebase, con servidores en USA y Canadá, Google presta este servicio con algunas limitantes en un plan Spark o gratuito²⁵.

Tabla 3. Plan Spark o Gratuito Firebase.

Realtime Database	Conexiones simultáneas	100
	GB almacenados	1GB
	GB descargados	10 GB/mes
	Múltiples bases de datos por proyecto	NO
Cloud Firestore	Datos almacenados	1 GB total
	Ancho de banda	10GB / mes
	Escritura de documentos	20,000/día
	Lectura de documentos	50,000/día
	Borrado de documentos	20,000/día
Almacenamiento	GB almacenados	5 GB total
	GB descargados	1 GB / día
	Operaciones de carga	20,000/día
	Operaciones de descarga	50,000/día
Funciones de la nube	Invocaciones	125,000/mes
	GB-segundo	40,000/mes
	CPU-segundo	40,000/mes
	Redes de salida	Solo para Google
	Estados Unidos, Canadá, India	10k / mes

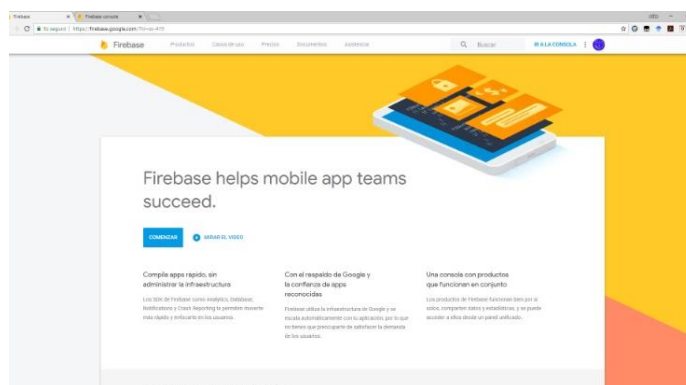
²⁵ FIREBASE helps mobile app teams succeed. [en línea] disponible en: <https://firebase.google.com/?hl=es-419>

Autenticación del teléfono	Todos los demás países	10k / mes
Alojamiento (Hosting)	GB almacenados	1 GB
	GB transferidos	10 GB/mes
	Dominio personalizado y SSL	Si
	Múltiples sitios por proyecto	No
Test Lab	Pruebas de dispositivos virtuales	10 pruebas/día
	Pruebas de dispositivos físicos	5 pruebas/día
ML Kit	API en el dispositivo	Si
	Modelo personalizado Hosting	Si
	Cloud Vision APIs	No

Fuente: FIREBASE helps mobile app teams succeed. [en línea] disponible en: <https://firebase.google.com/?hl=es-419>

El único requisito para poder utilizar Firebase es poseer una cuenta de Google, por este motivo para este proyecto se creó una cuenta.

Figura 10. Página de inicio Firebase.



Una vez registrado en Firebase se pueden crear el número de proyectos que se desee, estos aparecerán en un listado junto al botón para añadir uno nuevo.

El nombre asignado al proyecto fue: Difusión de Líquidos, dicho nombre se debe tener en cuenta, ya que será el mismo que se generará por defecto para acceder al hosting o al sitio web donde estará alojado el aplicativo.

✓ Configuración del Hosting

La configuración del hosting se realizó en dos pasos:

1. Se instaló la consola de Firebase en el equipo donde se desarrolló el sitio web y en del cual se va a subir.
2. Se autenticó en el Firebase y se seleccionó el nombre del proyecto para acceder desde el computador.

Figura 11. Instalar la consola de Firebase.

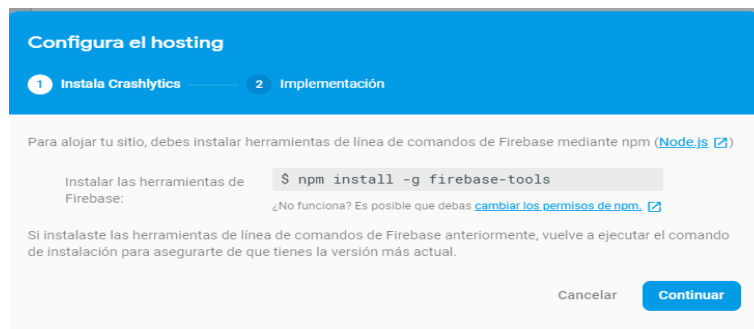
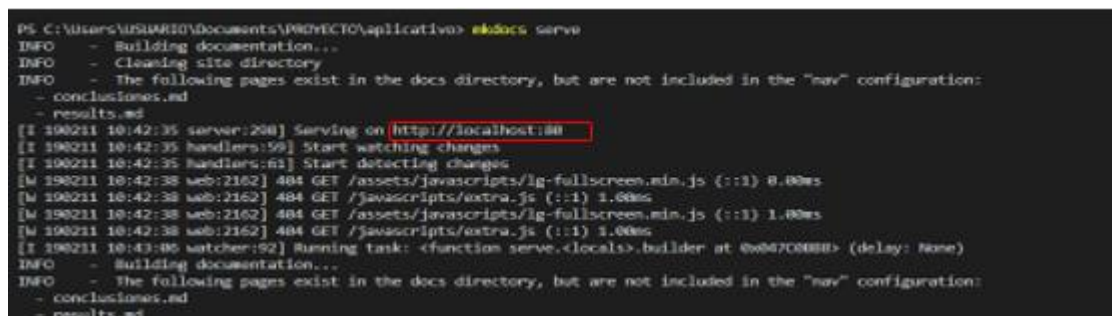


Figura 12. Prueba del servidor MkDocs.



Al ingresar al link o IP indicada por el servidor (<http://localhost:80>), por medio del navegador se observa la página del proyecto creado. (Ver Figura 13)

Figura 13. Prueba del Manual - Servidor local.



3.3.3 Implementación del aplicativo pedagógico y manual en el laboratorio de procesos I. Usando la tecnología como herramienta pedagógica, el aplicativo se incluirá en la plataforma de la asignatura (Aula Virtual Moodle), también se puede compartir el link a las personas interesadas ya que esta diseñado tanto para computadores y celulares; En el caso del manual se dejarán guías físicas en el laboratorio de procesos I, para docentes, técnicos y estudiantes.

El link del aplicativo es: <https://difusion-de-liquidos.firebaseio.com/>

4. CONCLUSIONES

- Conocer la percepción del estudiante sobre las falencias de la práctica de laboratorio contribuyó a la mejora del manual de laboratorio y a la implementación del aplicativo pedagógico.
- Se calibró el conductímetro con base a las condiciones de operación que tenía el manual de usuario y apoyo bibliográfico y así se ajustaron las pruebas de KCl y NaCl planteadas además se propusieron nuevas concentraciones para las dos sales dando nuevas condiciones de operación para futuras prácticas en el laboratorio.
- Mediante la calibración del conductímetro se identificó que para el rango de T entre 23-25 °C se alcanzan los valores de conductividad eléctrica más cercanos a la literatura.
- Se pudo analizar que para la concentración de 1M en las dos sales después de 23 minutos de operación se llega a un tope máximo de lectura de conductividad en el rango de 200 μ S por lo tanto se hace necesario cambiar el rango a 2mS, para obtener datos que permitan realizar la regresión lineal para el cálculo del coeficiente de difusividad.
- Se elaboró el manual de laboratorio exponiendo de una manera más clara el concepto y la descripción experimental de la práctica, así mismo, utilizando la tecnología como recurso pedagógico se desarrolló un aplicativo virtual donde se plasmó de una manera más didáctica la información que contiene el manual, adicionando ejemplos, imágenes y videos instructivos para la mejor comprensión del estudiante al momento de realizar la práctica de difusión en líquidos.

BIBLIOGRAFÍA

ADAMS, RAYNOR. Química inorgánica práctica avanzada. Barcelona, España: Editorial Reverté. 1966.

ARMFIELD. Aparato de coeficientes de difusión de líquido. [en línea] disponible en: <http://armfieldonline.com/products/view/cerb/aparato-de-coeficientes-de-difusion-de-liquido?url=es/products/view/cerb/aparato-de-coeficientes-de-difusion-de-liquido>

AGUILAR-BAROJAS, Saraí Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud Salud en Tabasco, vol. 11, núm. 1-2, enero-agosto, 2005, pp. 333-338 Secretaría de Salud del Estado de Tabasco Villahermosa, México [en línea] disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48711206>

AULA PLANETA Cómo trabajar las inteligencias múltiples en el aula [Infografía] [en línea] disponible en: <http://www.aulaplaneta.com/2015/08/18/recursos-tic/trabajar-inteligencias-multiples-aula/>

BIRD, STEWART, LIGHTFOOT. Transport Phenomena, Segunda edición. New York, Estados Unidos: Editorial John Wiley & Sons, Inc. 2002

CERB ARMFIELD. “Diffusion of a liquid Apparatus” Instruction Manual

DEEN. Analysis of Transport Phenomena. New York, Estados Unidos: Editorial Oxford University Press, Inc. 1998

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL. Determinación del coeficiente de difusión en líquidos 2010. [en línea] disponible en:

<https://es.scribd.com/document/360946842/Informe-2-Determinacion-Del-Coeficiente-de-Difusion-en-Liquidos>

FIREBASE helps mobile app teams succeed. [en línea] disponible en: <https://firebase.google.com/?hl=es-419>

GRUPO PLANETA. Cómo trabajar las inteligencias múltiples en el aula. [en línea] disponible en: <http://www.aulaplaneta.com/2015/08/18/recursos-tic/trabajar-inteligencias-multiples-aula/>

HERRERA CATELLANOS. Fórmula para cálculo de la muestra poblaciones finitas. Guatemala 2009. [en línea] disponible en: <https://investigacionpediahr.files.wordpress.com/2011/01/formula-para-cc3a1lculo-de-la-muestra-poblaciones-finitas-var-categorica.pdf>

INSTRUCTION MANUAL CERB ARMFIELD Diffusion of a liquid Apparatus

ITPRO Visual studio code que es y que no es [en línea] disponible en: <https://blogs.itpro.es/eduardocloud/2016/08/22/visual-studio-code-que-es-y-que-no-es/>

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL Uso pedagógico de las TIC para el fortalecimiento de estrategias didácticas del programa todos a aprender [en línea] disponible en: https://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/articles-336355_archivo_pdf.pdf

MK DOCS Overview [en línea] disponible en: <https://www.mkdocs.org/#overview>

MKDOCS. Sitio oficial. 2014 [en línea] disponible en: <https://www.mkdocs.org/#overview>

MORENO. Visual Studio Code ¿Qué es? Y ¿Qué no es?. 2016 Recuperado de: [en línea]. Disponible en: <https://blogs.itpro.es/eduardocloud/2016/08/22/visual-studio-code-que-es-y-que-no-es/>

POLING, PRAUSNITZ, O'CONNELL. The Properties of Gases and Liquids. Quinta edición. New York, Estados Unidos: Editorial McGraw-Hill Education. 2001 p. 640

REGADER Bertrand La Teoría de las Inteligencias Múltiples de Gardner [en línea] disponible en: <https://psicologiaymente.com/inteligencia/teoria-inteligencias-multiples-gardner>

TREYBAL. Mass Transfer Operations. Segunda edición. New York, Estados Unidos: Editorial McGraw-Hill. 1980 Capítulos 2-4.

VENCE PÁJARO. Uso pedagógico de las TIC para el fortalecimiento de estrategias didácticas del programa todos a aprender. Atlántico, Colombia.