



Volumen 1
Número 2
Agosto
2020

Disponible en Agosto de 2020

The Boston News-Letter.

Published by Authority.

From Monday April 17. to Monday April 24. 1704.

London, Flying-Post from Decemb. 2d. to 4th. 1703.

Letters from Scotland bring us the Copy of a Sheet lately Printed there, Intituled, *A Reasonable Alarm for Scotland. In a Letter from a Gentleman in the City, to his Friend in the Country, concerning the present Danger of the Kingdom and of the Protestant Religion.*

This Letter takes Notice, That Papiſts ſwarm in that Nation, that they traffick more avowedly than formerly, & that of late many Scores of Priests and Jeſuites are come thither from France, and gone to the North, to the Highlands & other places of the Country. That the Miniſters of the Highlands and North gave in large Liſts of them to the Committee of the General Aſſembly, to be laid before the Privy-Council.

It likewiſe obſerves, that a great Number of other ill-affected perſons are come over from France, under pretence of accepting her Maſteſty's Gracious Indemnity; but, in reality, to increaſe Diviſions in the Nation, and to entertain a Correſpondence with France: That their ill Intentions are evident from their talking big, their owning the Intereſt of the pretended King James VIII. their ſecret Cabals, and their buying up of Arms and Ammunition, wherever they can find them.

To this he adds the late Writings and Aſſents of ſome diſaffected perſons, many of whom are for the Pretender, that ſeveral of them have declared they had rather embrace Popery than conform to the preſent Government; that they reſuſe to pray for the Queen, but uſe the ambiguous word Sovereign, and ſome of them pray in expreſs Words for the King and Royal Family; and the charitable and generous Prince who has ſhew'd them ſo much Kindneſs. He likewiſe takes notice of Letters not long ago found in Cypher, and directed to a Perſon lately come thither from St. Germain.

He ſays that the greateſt Jacobites, who will not qualify themſelves by taking the Oaths to Her Maſteſty, do now with the Papiſts and their Companions from St. Germain ſet up for the Liberty of the Subject, contrary to their own Principles, but merely to keep up a Diviſion in the Nation. He adds, that they aggravate thoſe things which the People complain of, as to England's reſuſing to allow them a freedom of Trade, &c. and do all they can to foment Diviſions betwixt the Nations, and to obſtruct a Redreſs of thoſe things complain'd of.

The Jacobites, he ſays, do all they can to perſwade the Nation that their pretended King is a Proteſtant in his Heart, tho' he dares not declare it while under the Power of France; that he is acquainted with the Miſtakes of his Father's Government, will govern us more according to Law, and endear himſelf to his Subjects.

They magnifie the Strength of their own Party, and the Weakneſs and Diviſions of the other, in order to facilitate and haſten their Undertaking; they argue themſelves out of their Fears, and into the higheſt affurance of accompliſhing their purpoſe.

From all this he infers, That they have hopes of Aſſiſtance from France, otherwiſe they would never be ſo impudent; and he gives Reaſons for his Apprehenſions that the French King may ſend Troops thither this Winter, 1. Becauſe the English & Dutch will not then be at Sea to oppoſe them. 2. He can then beſt ſpare them, the Seaſon of Action beyond Sea being over. 3. The Expectation given him of a conſiderable number to joyn them, may encourage him to the undertaking with fewer Men if he can but ſend over a ſufficient number of Officers with Arms and Ammunition.

He endeavours in the reſt of his Letters, to answer the fooliſh Pretences of the Pretender's being a Proteſtant, and that he will govern us according to Law. He ſays, that being bred up in the Religion and Politicks of France, he is by Education a ſtated Enemy to our Liberty and Religion. That the Obligations which he and his Family owe to the French King, muſt neceſſarily make him to be wholly at his Devotion, and to follow his Example; that if he ſit upon the Throne, the three Nations, muſt be oblig'd to pay the Debt which he owes the French King for the Education of himſelf, and for Entertaining his ſuppoſed Father and his Family. And ſince the King muſt reſtore him by his Troops, if ever he be reſtored, he will ſee to ſecure his own Debt before thoſe Troops leave Britain. The Pretender being a good Proficient in the French and Romiſh Schools, he will never think himſelf ſufficiently aveng'd, but by the utter Ruine of his Proteſtant Subjects, both as Hereticks and Traitors. The late Queen, his pretended Mother, who in cold Blood when ſhe was Queen of Britain, adviſed to turn the Weſt of Scotland into a hunting Field will be then for doing ſo by the greateſt part of the Nation; and, no doubt, is at Pains to have her pretended Son educated to her own Mind. Therefore, he ſays, it were a great Madneſs in the Nation to take a Prince bred up in the horrid School of Ingratitude, Perſecution and Cruelty, and filled with Rage and Envy. The Jacobites, he ſays, both in Scotland and at St. Germain, are impatient under their preſent Straits, and knowing their Circumſtances cannot be much worſe than they are, at preſent, are the more inclinable to the Undertaking. He adds, That the French King knows there cannot be a more effectual way for himſelf to arrive at the Univerſal Monarchy, and to ruine the Proteſtant Intereſt, than by ſetting up the Pretender upon the Throne of Great Britain, he will in all probability attempt it; and tho' he ſhould be perſwaded that the Deſign would miſcarry in the cloſe, yet he cannot but reap ſome Advantage by imbroiling the three Nations.

From all this the Author concludes it to be the Intereſt of the Nation, to provide for Self defence; and ſays, that as many have already taken the Alarm, and are furniſhing themſelves with Arms and Ammunition, he hopes the Government will not only allow it, but encourage it, ſince the Nation ought all to appear as one Man in the Defence

The Boston News-Letter (1704), primer periódico que se editó con regularidad en Estados Unidos, fue fundado por John Campbell.

REVISTA MINERVA

Revista Electrónica Editada por AutanaBooks.

Periodicidad cuatrimestral.

Nuestra Portada:



The Boston News-Letter (en español, El boletín de Boston), es considerado como el primer periódico de publicación continua. La primera edición se publicó el 24 de abril del año 1704. Fue subsidiado por el gobierno británico [1].

[1] G. Carroll & M. Hannan. "Dependencia de la densidad en la evolución de las poblaciones de organizaciones periodísticas". Revisión sociológica americana, Vol. 54, núm. 4, pp. 524-541 (1989).

Visualización de la Revista:

www.autanabooks.com

Web Máster y Metadatos:

Ing. Ángel Lezama

Diagramadora:

Br. Eliannys Copeland

Asistente de Publicación:

Lcda. Cruzcelis López

DIRECTORIO DE LA REVISTA MINERVA

Editora: Franyelit Suárez

Comité Editorial:

Dra. Hilda Márquez (Universidad Metropolitana de Quito- Ecuador)

Dr. David Parra (Universidad Israel-Quito- Ecuador)

Mgt. Alberto Haro (Empresa Enyde.ec- Ecuador)

Mgt. Gustavo Chango (Pontificia Universidad Católica-Sede Esmeraldas- Ecuador)

Dra. Gloria Peña (Pontificia Universidad Católica-Sede Esmeraldas- Ecuador)

Dra. Beatriz Maldonado (Pontificia Universidad Católica-Sede Esmeraldas- Ecuador)

Mgt. Karina Mendoza (Universidad UTE-Quito- Ecuador)

Mgt. Juan Segura (Universidad Tecnológica Indoamérica-Quito- Ecuador)

Dra. Neris Ortega (Universidad Metropolitana de Quito- Ecuador)

Dra. Elsa Zamora (Universidad Metropolitana de Quito- Ecuador)

Mgt. Carlos Aguilera (Universidad de Carabobo)

MINERVA
Revista Multidisciplinaria de Investigación Científica

AutanaBooks
Engineering & Sciences

"Por la gracia de Dios"

CONTENIDO

- 5 *Bautista Isaac, Carrera Julianna, León Emily y Laverde David*, Evaluación de satisfacción de los estudiantes sobre las clases virtuales.
- 13 *Sarauz Mateo, Shuguli Jorge, Vaca David y Villafuerte Rita*, Evaluación de satisfacción a los estudiantes sobre el uso del software Microsoft Teams.
- 19 *Alvarez Gabriel y Flor Omar, Alvarez Gabriela*, Desempeño en métodos de navegación autónoma para robots móviles.
- 30 *Quiroga Josué, Flores Evelyn, Coba Alfredo y Jeysson Tapia*, *Diseño e implementación de un sistema de control para un horno de crisol.*
- 40 *Egas Andrea, Santander Carmen Elena, Salazar Marcelo y Grijalva Alejandro*, Contraste de la frecuencia de salida del hogar ante la pandemia por COVID-19.
- 46 *Correa Melissa, Mera Sabrina, Guacho Fabián, Villarreal Elio, Valencia Sebastián*, Desinfección mediante el uso de luz UV-C germicida en diferentes medios como estrategia preventiva ante la COVID-19.

CIENCIA TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

El papel de la ciencia, tecnología e innovación en estos tiempos del coronavirus (COVID-19) es clave para enfrentar los actuales desafíos en el área de la salud, así como también para apoyar los avances en nuevos desarrollos tecnológicos. Diversos países han puesto todas las capacidades de desarrollo de proyectos tecnológicos, recursos humanos, infraestructura y equipamiento que puedan ser requeridas para realizar diagnósticos e investigación sobre el COVID-19 y se está identificando, junto a investigadores expertos en virología, diagnóstico molecular, simulaciones, informática, un conjunto de proyectos y desarrollos tecnológicos que podrían contribuir a fortalecer las capacidades frente a esta pandemia.

La contribución de la ciencia, tecnología e innovación frente al COVID-19 debe ir enfocada en la investigación y desarrollo, para la comprensión de la enfermedad, así como el conocimiento de sus efectos para producir soluciones viables que permitan la mejora de las condiciones de vida ante la pandemia. Además el desarrollo y gestión de insumos, equipos médicos, test de diagnósticos, ventiladores mecánicos y demás equipos médicos y de salud para la desinfección y protección durante el periodo del COVID-19.

Sin embargo, la baja inversión en investigación y desarrollo, y el bajo porcentaje de investigadores dedicados a esas actividades demanda urgente atención. El desarrollo y adopción de soluciones digitales están condicionadas por factores estructurales de los países de la región. Por ejemplo, en materia de teletrabajo, en promedio solo una parte puede realizar esta actividad desde casa, con una variación significativa entre países.

La investigación en los tiempos de la pandemia, y de las políticas e instituciones que las promueven, no están limitadas a la prevención o tratamiento de la enfermedad. Se debe vincular la ciencia, la tecnología y la innovación a los sectores productivos. El tiempo de confinamiento debe ser un momento oportuno para la generación de resultados de interés social que promuevan nuevos desarrollos, que integren la ciencia y la tecnología para el aporte de nuevas propuestas para la vida diaria con coronavirus.

La pandemia ha puesto en evidencia la necesidad de un enfoque que trascienda y fortalezca la integración de grupos de investigación a partir de sistemas de Ciencia y Tecnología vinculados entre los países y sus sistemas locales de investigación. La humanidad está en una carrera para encontrar soluciones que permitan neutralizar los efectos sanitarios de la pandemia y es aquí donde los esfuerzos conjuntos y coordinados se tornan fundamentales.

El tiempo de pandemia además de ser una época de confinamiento, debe ser un período de reflexión científica, con miras a la promoción de equipos de investigación para la generación de nuevas propuestas que atenúen el efecto COVID-19 en la población humana.

Dr. Luis Rosales

Evaluación de satisfacción de los estudiantes sobre las clases virtuales

Bautista Isaac¹, Carrera Julianna², León Emily³ y Laverde David⁴.
{isaac.bautista¹, julianna.carrera², emily.leon³, david.laverde⁴}@udla.edu.ec.
<https://orcid.org/0000-0002-6970-9523>¹, <https://orcid.org/0000-0002-6280-7999>²,
<https://orcid.org/0000-0003-1395-3735>³, <https://orcid.org/0000-0003-3841-8616>⁴
Universidad de las Américas

Quito -Ecuador

Recibido (01/07/20), Aceptado (17/07/20)

Resumen: Las clases virtuales son una modalidad de estudio a distancia que ha sido aplicadas por más de 10 años. Son utilizadas principalmente en universidades para abarcar las necesidades de sus estudiantes que no pueden acceder al sistema presencial. Al encontrarnos en una emergencia sanitaria por el COVID-19, la aplicación de las clases virtuales alrededor del mundo se volvió una obligación para precautelar la vida de los estudiantes. Es por esto que la población universitaria tuvo que adaptarse a nuevas condiciones de estudio como: las clases, trabajos y exámenes en línea con el fin de no detener su aprendizaje. Sin duda, esto desencadenó inconformidades e inquietudes al estudiar por primera vez bajo esta modalidad. En este trabajo se evaluó la satisfacción sobre clases virtuales tomadas el primer semestre del 2020 a estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de las Américas con edades entre 18 a 20 años. Para ello se realizó una encuesta de 15 ítems los cuales evaluaron las distintas condiciones que se presentaron en las clases virtuales durante el periodo de pandemia, con datos validados por un alfa de Cronbach 0,92. En este trabajo se obtuvo como resultado que gran parte de las personas encuestadas aprobó el software aplicado para la realización de las clases virtuales debido a que es una herramienta de uso intuitivo y de fácil acceso, por otro lado, están en desacuerdo con la modalidad de evaluación del conocimiento adquirido.

Palabras Clave: Clases virtuales; Satisfacción estudiantil; COVID-19; TIC's.

Evaluation of student satisfaction with virtual classes

Abstract: Virtual classes are a form of distance study that has been applied for more than 10 years. It is mainly used in universities to cover the needs of its students who cannot access the face-to-face system. As we are in a health emergency due to COVID-19, the application of virtual classes around the world became an obligation to protect the lives of students. This is why the university population had to adapt to new study conditions such as online classes, jobs and exams in order not to stop their learning. Without a doubt, this triggered disagreements and concerns when studying for the first time under this modality. In this work, satisfaction about virtual classes taken in the first semester of 2020 was evaluated for students of the Industrial Engineering career at the Universidad de las Américas, with ages between 18 and 20 years old. For this, a 15-item survey was carried out, which evaluated the different conditions that occurred in virtual classes during the pandemic period, with data validated by a Cronbach's alpha of 0.92. In this work it was obtained as a result that a large part of the surveyed people approved the software applied for the realization of the virtual classes because it is an intuitive and easily accessible tool, on the other hand, they disagree with the modality of evaluation of acquired knowledge.

Keywords: Virtual classes; Student satisfaction; COVID-19; TIC.



I. INTRODUCCIÓN

La tecnología ha tenido un avance significativo en todas sus ramas, las cuales se han ido perfeccionando con el fin de obtener resultados mucho más eficientes. La educación forma parte de esta evolución en crecimiento tecnológico, implementando nuevas maneras de enseñar y nuevas formas de aprender alrededor del mundo [1] Las clases virtuales son la educación del futuro, teniendo un alcance a grandes distancias y en los distintos lugares a través del mundo con solo poseer una red inalámbrica de internet. En un mundo globalizado y conectado a través de internet, la comunicación se ha vuelto mucho más veloz, las noticias llegan de manera inmediata y por tanto también la educación logra llegar a los que la necesitan. Así es como se llegan a crear los entornos virtuales de aprendizaje (EVA), los cuales, según Belloch, [2] es un software denominado plataforma virtual el cual permite la formación en línea. Mediante esta plataforma el estudiante puede recopilar información, obtener recursos de aprendizaje y evaluar su conocimiento adquirido. Este sistema es comúnmente implementado por universidades alrededor del mundo que prestan sus servicios de educación a distancia o educación semipresencial.

En el presente año 2020 en que se realiza este trabajo el mundo vive una pandemia que ha atacado y detenido las actividades cotidianas del ser humano, siendo una de ellas la educación primaria, secundaria y superior; recurriendo así a la implantación de clases virtuales. Según el informe nacional del Ecuador, existen 59 universidades alrededor del país y más de 500 mil estudiantes cursando una carrera universitaria [3], estos tuvieron que adaptarse al nuevo sistema de educación en línea con el fin de no detener las clases y el aprendizaje por la pandemia. La Universidad de las Américas es una de las tantas que se acogió al sistema educativo en línea para sus aproximadamente 17 mil estudiantes.

Sin embargo, este sistema causó sorpresa e incertidumbre para muchos estudiantes ya que no todos han recibido clases con esta modalidad; por lo que a lo largo del semestre han surgido diversas inconformidades e inquietudes en base a la modalidad de evaluación de aprendizaje, el sistema de educación en línea y los resultados de aprendizaje (RDA). Este trabajo estuvo centrado en conocer la satisfacción de los estudiantes sobre las clases virtuales en el primer semestre del 2020. En base al problema, se tiene como objetivo general conocer la satisfacción de los estudiantes sobre las clases virtuales dictadas en el primer del semestre 2020.

Para obtener los resultados pertinentes, el trabajo está fundamentado en una encuesta de satisfacción que consta de 15 preguntas relaciones al tema con 5 opciones de respuesta, las cuales una vez analizadas fueron validadas por el estudio del Alfa de Cronbach obteniendo un valor de 0,92 lo cual garantiza la confiabilidad de la información y permite realizar un análisis y propuestas de mejora acerca de las clases virtuales. La encuesta fue aplicada a un total de 58 estudiantes pertenecientes a la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de las Américas.

Es trabajo está compuesto por cinco secciones, en la primera se expone la introducción, como segunda parte se describe el desarrollo teórico acerca de las clases virtuales. En la tercera sección se plantea la metodología utilizada para el desarrollo de los resultados, mientras que en la cuarta ya se exponen los resultados obtenidos en el análisis del trabajo; por último, en la quinta sección se muestran las conclusiones planteadas en base al análisis de los resultados.

II. DESARROLLO

A. El comienzo de las clases virtuales

La educación virtual es empleada por primera vez a mediados de los años 90 y desde ese momento se ha convertido en un método común de aprendizaje a distancia. Las primeras referencias de educación virtual en literatura datan de 1995 en dos provincias de Canadá, específicamente en Alberta y Newfoundland/Labrador. Las primeras escuelas virtuales de Alberta se centran en zonas rurales, las mismas que en 4 años fueron expandiendo al alrededor de 23 programas. A partir de 1996 estas no eran las únicas provincias que querían implementar el teleaprendizaje, se unió Terranova y se creó el Centre for Distance Learning and Innovation que permitió que las inscripciones de este método de estudio incrementasen de 200 a 1500. En 2003 por medio de una encuesta nacional se comprobaba que Alberta era la provincia que contaba con más estudiantes aprendiendo virtualmente, años después se comienzan a crear nuevos programas de apoyo en otras provincias de Canadá como Learnnow BC con el propósito de que los estudiantes tengan mayor flexibilidad y más opciones de cursos. En 1997 se crean las primeras dos escuelas virtuales en los Estados Unidos expandiéndose posteriormente a no menos de 30 estados; su continua expansión permitió llegar a 11 países extranjeros y a permitir un aumento radical en el número de

inscripciones de alumnos en cursos en línea, es más, el gobierno de Michigan hizo que sea obligatorio tomar al menos un curso en línea para que sus estudiantes se gradúen [4].

B.Herramientas online para el uso en clases virtuales

La videoconferencia con un tutor llega a ser un pilar importante en el aprendizaje en la modalidad no presencial, el uso de esta implica un cambio de paradigma con respecto a esta herramienta por parte de quienes la utilizan exigiendo una transformación del acto educativo. Se establece a la videoconferencia como el recurso que permite mantener el contacto entre profesor y alumnos, desde un punto de vista de la docencia, es un cambio radical y por lo tanto conlleva un proceso de adaptación y cambio de metodología según las características y posibilidades que ofrece la aplicación a usar, sin embargo, implementar el uso eficaz de tecnología en el ámbito educativo exige una revolución en la forma de entender la enseñanza y aprendizaje [5].

Una de las herramientas más utilizadas por las organizaciones educativas es “Moodle”, con la cual los docentes buscan elaborar sistemas que promuevan una evaluación formativa en lugar de pruebas automatizadas, enfocándose principalmente en la retroalimentación, así como el análisis y reflexión de la práctica educativa. Estas y varias herramientas como Office 365, Zoho, Google Apps for Education, Edmodo, entre otras ayudan con la planificación y diseño de experiencias presentadas a los estudiantes dando prioridad a la evaluación del aprendizaje [6].

Adicionalmente, en los últimos años, los cursos masivos abiertos en línea (MOOC, por sus siglas en inglés), llegan a ser una herramienta de enseñanza muy útil, ya que no existen limitaciones de horarios, idiomas o ubicación geográfica, solo requieren de un dispositivo electrónico que tenga acceso a internet, por ello se ha descrito a los MOOCs como una respuesta eficiente a la actual emergencia sanitaria. Por ello plataformas como Coursera, edX, FutureLearn, XuentangX, Udacity, Miríadax, Alison, Fun.MOOC, UPV[X], Canvas Network, OpenWHO, Formación Alcalá, Open2Study, Class Central y MOOC List, ofrecen sus cursos online y posible diplomado con un costo adicional, en suma, actualmente se ha agregado contenido sobre la COVID-19, en donde a la fecha de 15 de abril del 2020, se han encontrado 28 MOOCs de inscripción gratis [7].

La única restricción de estos cursos gratuitos y del aprendizaje en general con ayuda de herramientas online son el idioma, disponibilidad de acceso a internet y el grado de alfabetización digital de la población, como en Ecuador nos encontramos en una creciente conciliación de tecnología frente a la pandemia, las herramientas online de aprendizaje en universidades, escuelas y colegios, así también como los MOOC, son alternativas viables para la formación de profesionales durante el aislamiento social.

C.Herramientas online en la mejora de las actividades académicas

Sin lugar a dudas, el internet está revolucionando al mundo de manera vertiginosa a través de continuos avances sustanciales que han traspasado límites inimaginables hasta hace algunos años atrás. El progreso masivo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC's) continúa cambiando la manera tradicional en la que los diferentes conocimientos eran elaborados, adquiridos y transmitidos a otras personas. Es por ello que resulta imperativo que los sistemas y modelos educativos se adapten a estas modificaciones dentro de una sociedad que día tras día se encuentra más sumergida en las TIC's [8], con el fin de establecer e implementar estrategias oportunas que permitan hacer un uso adecuado y efectivo de estas herramientas e instrumentos para aprovechar las facilidades que ofrece y potenciar la enseñanza, el aprendizaje y el conocimiento.

El uso de las herramientas online en el ámbito educativo trae consigo numerosos beneficios ya que brinda la posibilidad de innovar el contenido de los diferentes cursos, así como los métodos pedagógicos empleados en los mismos. Para alcanzar un mejor nivel educativo dentro de un mundo altamente competitivo y exigente es necesario el apoyo de recursos y materiales didácticos que faciliten el proceso de enseñanza de los alumnos. Estas herramientas permiten incentivar y guiar al estudiante en la construcción del conocimiento y el pensamiento crítico; motivando en ellos aspectos importantes en su formación personal y académica como la creatividad, el ingenio y el autoaprendizaje. Por otra parte, la virtualización de las actividades académicas cambia el entorno físico de las clases presenciales por uno virtual en la formación en línea. Esto requiere de canales de comunicación efectivos que generen un vínculo sólido entre los profesores y alumnos que trascienda el espacio material del aula y los motive a empoderarse del conocimiento [9].

Las herramientas virtuales poseen una poderosa capacidad de reducir la brecha entre los estudiantes para socializar la información de manera ágil y sencilla. Son de gran utilidad en el incremento del rendimiento académi-

co de los estudiantes en diversos niveles educativos; mejorando el estado de conocimiento, así como la comprensión y aplicación de conocimientos en múltiples disciplinas del saber [9]. Más allá de eso, el uso de estas tecnologías fomenta la autonomía y la participación activa, mejora la comunicación, genera una formación flexible, dinámica e interactiva y brinda un acceso fácil y rápido a cualquier contenido de interés para quien lo necesite en cuestión de solo unos cuantos clicks. Como es evidente, las Tecnologías de la Información y Comunicación han venido para quedarse y es de suma importancia aprovechar al máximo los beneficios y facilidades que ofrecen para garantizar una educación de calidad que permita mejorar el aprendizaje, la enseñanza y los procesos formativos en los distintos niveles de educación.

D. Clases virtuales por la pandemia

La pandemia del COVID-19 (Coronavirus) logró expandirse alrededor del mundo y Ecuador no fue la excepción en el alto índice de contagios y muertes. Es por esto que el gobierno aplicó medidas similares ya utilizadas alrededor del mundo con el fin de detener el contagio; una de ellas fue la suspensión de la jornada académica presencial dando paso a la educación por medio de clases virtuales. En el tiempo actual en que vivimos los estudiantes manejan recursos de investigación búsqueda bibliográfica por medio de redes de internet globales que les permiten acceder de manera rápida a los resultados que buscan [10].

Las clases virtuales pasaron de ser una opción de tipo de estudio a una modalidad obligatoria con el fin de no detener el aprendizaje estudiantil debido a la pandemia. Más del 80% de la población universitaria del Ecuador realiza sus estudios de educación superior de manera presencial, por lo que a la mayoría le toco adaptarse a este nuevo sistema temporal, aprendiendo a manejar las distintas plataformas virtuales, rindiendo evaluaciones con software por medio de internet y auto educándose mediante el uso de redes inalámbricas y bibliotecas virtuales. Al vivir esta primera experiencia virtual existieron inquietudes o inconformidades con el sistema ya que no es una forma de estudio común o de uso frecuente. El tiempo es uno de los factores críticos de esta modalidad, ya que al depender del internet puede que la señal se debilite o desaparezca [5]. Esto causa problemas por ejemplo al estar rindiendo una evaluación o examen debido a que puede suspenderse o afectar el desarrollo del mismo. Por el contrario, en una clase presencial esto no sucedería ya que el examen se lo realiza en hoja.

Sin embargo, el sistema virtual también ha tenido sus beneficios dentro del impacto de estudio debido a las circunstancias que se viven. El estudiante puede repetir las clases del día ya que son grabadas en su totalidad, lo que le permite tener un mayor refuerzo de la materia. De igual forma la comunicación entre estudiante y docente es más directa y rápida debido al internet, permitiendo estar en contacto si existe alguna duda o problema [5]. De esta forma las clases virtuales tratan de brindar el mayor apoyo posible al estudiante con el objetivo que se asemejen lo al sistema presencial.

III. METODOLOGÍA

La metodología empleada para este trabajo fue una encuesta, la cual nos permitió obtener información objetiva sobre la opinión de los estudiantes acerca del aprendizaje virtual y las clases impartidas bajo esta modalidad durante el primer semestre del año 2020. La recopilación de datos se obtuvo a partir de un cuestionario realizado a una muestra de 58 estudiantes de la Universidad de las Américas pertenecientes a la carrera de Ingeniería Industrial, cuyo rango de edad oscila entre 18 y 20 años.

El cuestionario está conformado por 15 ítems, los cuales debían ser calificadas seleccionando una de las 5 opciones de respuesta, siendo 5 el mayor nivel y 1 el menor nivel de satisfacción. Entre los temas abordados se encuentra: el uso de Microsoft Teams y Smowl, la facilidad de comprensión, el aprendizaje, los recursos y materiales, cantidad de trabajo autónomo, flexibilidad horaria, el tiempo y dedicación por parte de los profesores, la motivación, la sinergia entre estudiantes, el sistema evaluativo y por último la efectividad de la modalidad online. La encuesta fue desarrollada en la aplicación Google Forms y el tiempo para completarla no superaba los 2 minutos ya que eran preguntas de fácil comprensión acerca del tema de interés actual. Los estudiantes tuvieron un lapso de tiempo de 5 días para responder la encuesta, cual nos permitió recolectar la información necesaria para los cálculos posteriores.

Una vez obtenidos los datos pertinentes fue posible realizar el estudio del alfa de Cronbach, el cual nos permite identificar si el instrumento aplicado para la evaluación de los resultados compila información defectuosa que nos dirige a conclusiones equivocadas o, por el contrario, si se trata de un instrumento fiable que hace mediciones sólidas y consistentes. La fórmula empleada se define de la siguiente manera:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} * \left(1 - \frac{\sum Vi}{Vt}\right) \quad (1)$$

Donde:

k = Número de ítems

Vi= Varianza de ítems

Vt= Varianza del puntaje total

α = Alfa de Cronbach

En el presente estudio al realizar el respectivo cálculo del alfa de Cronbach se obtuvo un valor de 0,92 que sustenta la confiabilidad de los datos recopilados.

IV.RESULTADOS

A continuación, se presenta un diagrama de barras de las respuestas promedio de los 15 ítems.

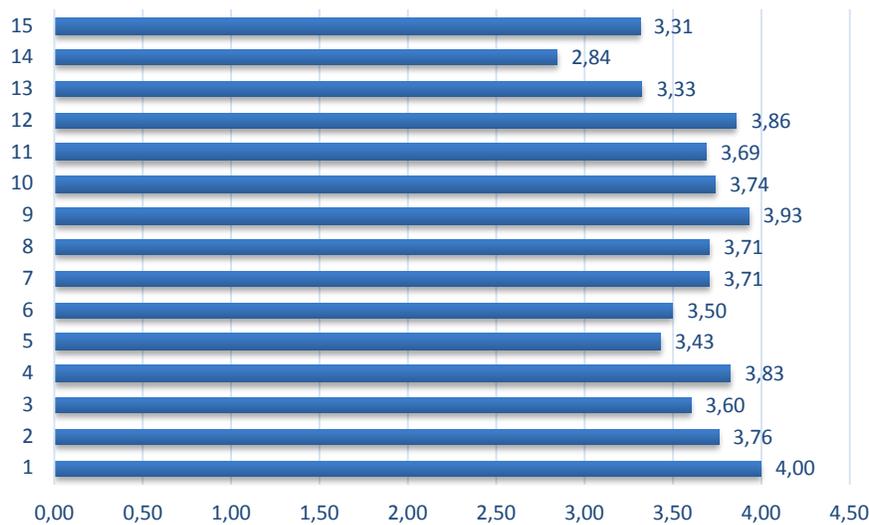


Fig. 1. Diagrama de respuestas promedio

Una vez realizado el análisis de las respuestas obtenidas en el instrumento de investigación se pudo constatar que el ítem 1 correspondiente al uso del software Microsoft Teams como herramienta adecuada para el aprendizaje virtual, tuvo una gran aceptación por parte de los encuestados. Por otro lado, el ítem que obtuvo mayor rechazo al obtener una amplia cantidad de respuestas insatisfactorias fue el ítem número 14 referente a el uso de la herramienta Smowl como instrumento de monitoreo durante los exámenes virtuales. Adicionalmente se puede destacar que todas las respuestas promedio se encuentran por encima de la media de satisfacción, por lo que se puede concluir que las clases impartidas en el primer semestre del año 2020 tuvieron una aceptable acogida por parte de los encuestados.

En los siguientes gráficos se puede observar el porcentaje con base a las 5 opciones de respuesta de acuerdo a los niveles de satisfacción establecidos por cada encuestado. Considerando los ítems 1 y 14 como aquellos con el mayor y menor índice de satisfacción respectivamente.



Fig. 2. Gráfica Recuento Ítem 1

Los datos representados gráficamente indican que únicamente 2 de las 58 personas encuestadas afirman que la herramienta Microsoft Teams es inadecuada para el aprendizaje virtual. Mientras que 27 de ellas aprueban su uso para estos propósitos.



Fig. 3. Gráfica Recuento Ítem 14

En la gráfica circular se puede corroborar que 19 personas de la muestra total consideran el uso del sistema Smowl como una herramienta innecesaria durante las evaluaciones online. Por el contrario, 16 personas opinan que resulta imprescindible el monitoreo continuo del estudiante mientras desarrolla sus exámenes.

V.CONCLUSIONES

Una vez realizado el análisis de los resultados obtenidos en base a la encuesta aplicada se concluye que el aprendizaje bajo la modalidad virtual se percibe de distintas maneras por parte de los estudiantes, quienes han tenido que adaptarse a los cambios y nuevas metodologías para continuar desarrollando sus conocimientos y habilidades a pesar de las dificultades y complicaciones asociadas a la crisis sanitaria por la pandemia. La opinión de los encuestados permitió conocer el nivel de satisfacción acerca de algunos componentes que engloban la educación en línea con el fin de constatar la efectividad de las clases online, el aprendizaje adquirido y el sistema evaluativo. La importancia del estudio radica en que, conociendo estos criterios, es posible efectuar acciones de mejora que impulsen

el desarrollo eficiente y eficaz de estas herramientas tecnológicas para garantizar continuamente la calidad de la educación si la emergencia sanitaria se mantiene. Esto permitirá una mejor adaptación por parte de los estudiantes, estimulando su deseo de aprender y posiblemente incrementando los niveles de satisfacción a futuro en torno a la nueva modalidad de aprendizaje.

En conclusión, el análisis realizado en este trabajo demuestra la aceptación por parte de las personas encuestadas acerca del uso de la plataforma Microsoft Teams para el desarrollo y planteamiento de las clases virtuales realizadas en el primer semestre del año 2020. Al tener estos resultados se aconseja que en próximas circunstancias o incluso para el uso de clases a distancia se utilice esta herramienta ya que no existe un alto porcentaje de inconformidad con el uso de la misma en el desarrollo de las clases indistintamente de la materia dictada. Por lo que sin duda este trabajo permite identificar la satisfacción obtenida por los estudiantes con base en las herramientas proporcionadas para cursar un semestre en medio de una emergencia sanitaria.

Mientras que el uso de Smowl se encuentra más dividido, ya que no es mucha la diferencia entre el número de encuestados con mayor y menor nivel de satisfacción con esta herramienta. Sin embargo, se puede concluir que los estudiantes no están satisfechos con la utilización de este sistema de reconocimiento facial durante las evaluaciones de algunas materias. Debido a que la diferencia es de apenas un 5% se considera que las autoridades deberían tomar la decisión de seguir o no con su implementación, cambiarlo por otro recurso o confiar en los valores de tenga cada uno de los estudiantes.

REFERENCIAS

- [1]K. Brandl, «Are you ready to Moodle?,» *Language Learning & Technology*, vol. 9, n° 2, pp. 16-23, 2005.
- [2]C. Belloch, «Entornos virtuales de aprendizaje,» *Universidad de Valencia*, vol. 1, n° 1, pp. 1-3, 2012.
- [3]J. Jarrín, «Informe Nacional: Ecuador,» *Universa*, Quito, 2016.
- [4]M. Reeves. and. T. Barbour, «The reality of virtual schools: A review of the literature,» *Computers & Education*, vol. 52, n° 10, pp. 402-416, 2009.
- [5]C. Bonfill, «Clases virtuales a través de videoconferencias: factores críticos vivenciados por los tutores en un sistema de educación a distancia.,» *Temas de Management*, vol. 5, n° 2, pp. 12-20, 2007.
- [6]A. García, M. Mediavilla and A. Casares, «Evaluación entre iguales en entornos de educación superior online mediante el taller Moodle,» *A case study*, vol. 13, n° 2, pp. 119-126, 2020.
- [7]R. Bendezu, A. Quijuano, H. Rebatta and G. Gutierrez, «Aprendizaje en tiempos de aislamiento social: cursos masivos abiertos en línea sobre la COVID-19,» vol. 37, n° 2, pp. 375-277, 2020.
- [8]M. Bautista and R. Torres, «El uso de material didáctico y las tecnologías de la información y comunicación(-TIC's) para mejorar el alcance académico,» *Ciencia y tecnología*, n° 14, 2014.
- [9]G. Gutierrez, P. Krystell, C. Zarate, I. Juarez. and M. López, «Uso de tecnologías de la información en el rendimiento académico basado en una población de estudiantes de Medicina,» *Educ Med Super*, vol. 31, n° 2, pp. 23-34, 2017.
- [10]A. Rodríguez, B. González y J. Fariñas, «Simulaciones virtuales como complemento de las clases y los laboratorios de Física. Ejemplos en la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica.,» *Latin-American Journal of Physics Education*, vol. 7, n° 4, pp. 16-20, 2013.

RESUMEN CURRICULAR



David Laverde, de nacionalidad ecuatoriana, Bachiller Técnico en Servicios Contables de la Unidad Educativa Borja 3 Cavanis, actualmente estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad de las Américas



Isaac Bautista, de nacionalidad ecuatoriana, Bachiller en ciencias, graduado de la Unidad Educativa Particular Isaac Newton, actualmente estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad de las Américas



Giulianna Carrera, de nacionalidad ecuatoriana, Bachiller Internacional Físico-Químico, graduada de la Unidad Educativa Particular Isaac Newton, actualmente estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad de las Américas.



Emily León, de nacionalidad ecuatoriana, Bachiller en Ciencias Generales graduada de la Unidad Educativa Cardenal Spellman Femenino, actualmente estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad de las Américas

Evaluación de satisfacción a los estudiantes sobre el uso del software Microsoft Teams

Sarauz Mateo¹, Shuguli Jorge², Vaca David³ y Villafuerte Rita⁴
{mateo.sarauz, David.shuguli, David.vaca, rita.villafuerte}@udla.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-7559-012X>¹, <https://orcid.org/0000-0002-3655-7615>²,
<https://orcid.org/0000-0003-2853-420X>³, <https://orcid.org/0000-0001-5016-129X>⁴.
Universidad de las Américas

Quito-Ecuador

Recibido (01/07/20), Aceptado (17/07/20)

Resumen: El uso de las Tecnologías de la información y la comunicación ha permitido introducir mejoras en la forma como se desarrollan los procesos de enseñanza y aprendizaje, así como los procesos propios a la gestión y administración de las actividades académicas. Sin embargo, el índice de adopción de estas herramientas es reducido en cobertura y en profundidad. No obstante, para el uso de la herramienta Teams hay que detallar las ventajas y desventajas encontradas y finalizar con conclusiones en base a las experiencias personales.

Palabras Clave: Software; Microsoft Teams; Herramienta; Ventajas; Experiencia.

Assessment of student satisfaction on the use of Microsoft Teams software

Abstract: The use of Information and Communication Technologies has led to improvements in the way teaching and learning processes are developed, as well as the processes of their own to the management and administration of academic activities. However, the adoption rate of these tools is reduced in coverage and in depth. However, for the use of the Teams tool you must detail the advantages and disadvantages found and conclude with conclusions based on personal experiences.

Keywords: Software; Microsoft Teams; Tool; Advantages; Experience.



I. INTRODUCCIÓN

Como objetivo principal, la finalidad de este estudio fue conocer la satisfacción de los estudiantes sobre el uso de Microsoft Teams para lo cual se realizó una encuesta compuesta de 17 ítems realizada a 55 personas y que arroja un alfa de Cronbach de 0.92, lo que permite garantizar una alta confiabilidad en el manejo de los datos y en el procesamiento de la información.

Este trabajo está compuesto por cuatro secciones, la primera fue una encuesta dirigida a una comunidad exclusivamente de estudiantes que manejan o utilizan este tipo de plataformas para su aprendizaje. Se realizaron varias preguntas entre las cuales la que más resaltó fue la pregunta de la importancia de que los recursos de audio y video se fusionen de manera rápida y eficaz a lo que un 71,4% de los encuestados respondieron que consideran muy importante que la plataforma funcione corridamente en cuanto audio y video. Dentro de la encuesta de satisfacción también se realizó la pregunta dentro de la encuesta acerca de la importancia del tiempo de configuración del software para adaptarse a sus gustos y necesidades a lo que un 42,9% de los encuestados respondieron que es muy importante, realmente un porcentaje bajo en comparación a las demás preguntas realizadas que tuvieron una acogida de mayores porcentajes, con lo que se plantea la siguiente interrogante los estudiantes no buscan un software adecuado a sus necesidades? O quizá los estudiantes no consideran importante la necesidad de adaptarse a una plataforma educativa online, pues, como lo mencionamos anteriormente la plataforma no hace al estudiante, sino el estudiante hace a la plataforma se piensa que no existe la necesidad de satisfacción de que al estudiante le gusta la herramienta, sino que solamente se adapte y conozca la funcionalidad de dicha plataforma.

En la educación virtual el problema no es la herramienta, sino el uso que hacemos de ella [1]. Con esta frase queda en evidencia que sin bien es cierto, la herramienta no forma al estudiante, sino que el estudiante forma a la herramienta, por lo que planteamos la idea de escoger o de preferir herramientas colaborativas e interactivas lo que justifica quizá el contenido de la plataforma Microsoft Teams, llevando así la transformación de clases presenciales a un formato online calificando como aceptable las medidas tomadas por la institución. Por lo tanto, el profesorado y el estudiantado tienen que colaborar para dar una respuesta que integre decisiones metodológicas y tecnológicas, a la vez que garantice la equidad, la seguridad y transparencia para todos los actores externos e internos.

II. DESARROLLO

Las primeras escuelas virtuales se desarrollaron en Australia, Nueva Zelanda, América del Norte y el Reino Unido, generalmente en áreas donde la baja densidad de población hacía difícil la escolarización por medios tradicionales. El desarrollo de la informática consolida la utilización de ordenadores con fines educativos, dando lugar a la creación de diferentes escuelas virtuales alrededor de todo el mundo tradicionalmente, las instituciones que ofrecen educación a través de la red han tenido al uso de plataformas educativas que ofrecen al alumno una gama de servicios tales como repositorios de documentación, foros, correo, etc., en un entorno cerrado, accesible mediante nombre de usuario y contraseña, y con un funcionamiento uniforme. Este tipo de educación ha experimentado un notable crecimiento en el Ecuador y más aún en este tiempo en el que estamos sumergidos en una pandemia mundial [1].

Hoy en día, la tecnología es un factor que juega un papel de vital importancia dentro de la sociedad, ya que en este tiempo en el que nos encontramos en una pandemia la educación y el trabajo son aspectos que no pueden ser dejados de lado en nuestro país. Con el fin de brindar una educación virtual de calidad, existen plataformas en las que se puede desarrollar o recibir clases y realizar teletrabajo. Es por ello por lo que existen estas plataformas digitales como lo son: Zoom, Google Meet, y Microsoft Teams; esta última será la herramienta que nosotros analizaremos a medida que se va desarrollando este artículo con el fin de conocer si en realidad los estudiantes sienten que su funcionalidad es ideal para el uso educativo.

En el Ecuador se encuentran infinidad de herramientas web 2.0, dentro de ellas se encuentran plataformas para colaboración, manejo de curso, organización de clases, creación de videos, generadores de cuestionarios, gestores de tareas, lecciones y exámenes, entre muchas otras. Para la mayoría de la población valora más las aplicaciones que son gratuitas y apropiadas para el ambiente educativo e idealmente que no requieran descarga en la computadora. Entre las herramientas más usadas se encontraron Edmodo que es una excelente herramienta para trabajo colaborativo ya que se puede crear grupos, asignar tareas y gestionar el progreso de los alumnos, esta herramienta está integrada con Google Apps. Microsoft, One Note y Office. Animoto es una herramienta muy útil para crear y compartir video al mismo tiempo permite agregar texto donde los estudiantes y tutores no deberían tener ninguna dificultad. Educarplay es una herramienta creativa e interactivas que usan profesores de manera

interactiva presentaciones, pruebas y juegos. YouTube muchos docentes usan esta plataforma para cargar sus clases de manera pública que ayuden a los estudiantes a comprender mediante la repetición de los videos , el proyecto YouTube EDU es español es un espacio educativo abierto y gratuito que te permitirá completar las clases con contenidos educativos de alta calidad, otras de las plataformas usadas en Ecuador es Zoom, esta herramienta generalmente es usada principalmente en el ambiente empresarial y educativo de manera que permita una comunicación simultánea con grandes grupos de trabajo. Por último, para las clases en línea se usa Microsoft Teams, que permite una colaboración de personas de un mismo equipo o institución compartiendo recursos y cuya función principal es la comunicación constante entre los miembros de la institución.

Últimamente, de las universidades de Quito se encontró que los profesores prefieren usar ZOOM y MICROSOFT TEAMS para desarrollar sus clases, que estas dos herramientas destacan entre muchas otras ya que cuentan con funciones didácticas e interactivas que ayudan a los estudiantes al aprendizaje y al desarrollo del razonamiento, estas funciones son: compartir pantalla, grabar pantalla , subir archivos mediante un chat compartido entre los miembros y muchas otras opciones con las que se puede combinar entre la clase.

III.METODOLOGÍA

Para esta investigación se ha escogido una metodología cuantitativa, por lo que se realizó una encuesta de 17 preguntas a 55 personas de la ciudad de Quito, que están relacionadas con la herramienta Microsoft Teams, las preguntas de la encuesta fueron evaluada dentro de un parámetro de menor importancia como la opción más baja dentro de un intervalo de 5 opciones siendo muy importante como la mayor calificación. Para la tabulación de los datos recopilados se usó el cálculo del Alfa de Cronbach, el cual nos permitió un análisis detallado de los datos, el cálculo nos arrojó una confiabilidad del 0.92, que dentro de los parámetros del cálculo es uno de los mejores ya que nos acredita el uso de la información.

El Alfa de Cronbach nos da una medida de la consistencia interna de una escala, que sus ítems apuntan en la misma dirección, entre las ventajas de esta medida se encuentra la posibilidad de evaluar cuanto mejoraría (o empeoraría) la fiabilidad de prueba si se excluyera un determinado ítem. Se utilizará el coeficiente Alfa de Cronbach para calcular la fiabilidad, salvo en casos en los que tengamos un interés expreso en conocer la consistencia entre dos o más partes de una prueba (por ej. primera mitad y segunda mitad; ítems pares e impares) o cuando queramos conocer otros “subtipos” de fiabilidad.

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \cdot \left| 1 - \frac{\sum Vi}{Vt} \right| \quad (1)$$

IV.RESULTADOS

Entre los resultados , destacan los siguientes items, en cada figura se detallara cuales fueron las observaciones mas relevantes de este analisis.

Dentro de la evaluación se preguntó qué tan importante considera que el software sea una herramienta fácil de utilizar y oportuna para el aprendizaje, a las personas encuestadas se les dio 5 opciones de respuesta, donde la más baja era menos importante y la más alta muy importante, siendo para este ítem que 33% de la población cree que esta herramienta es muy importante y fácil para su aprendizaje, y solo el 7 % de la población refleja una opinión de menor importancia es decir que se podría trabajar con otras herramientas para su aprendizaje.

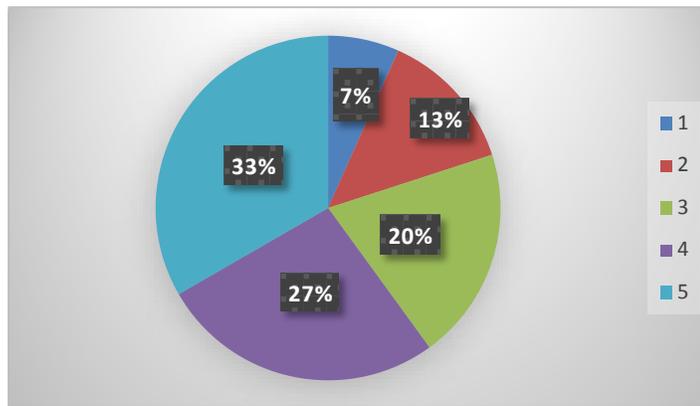


Fig.1 Evaluación de la importancia de la utilidad del software para el aprendizaje.

También se preguntó si se considera importante los símbolos utilizados por el software acorde a su función, uno de los principales problemas de las herramientas online es que muchas veces sus símbolos no concuerdan con su función y se puede mal interpretar cuando se presiona, para este ítem se obtuvo una respuesta de la población del 50% que no lo considera ni de baja importancia ni de mucha importancia.

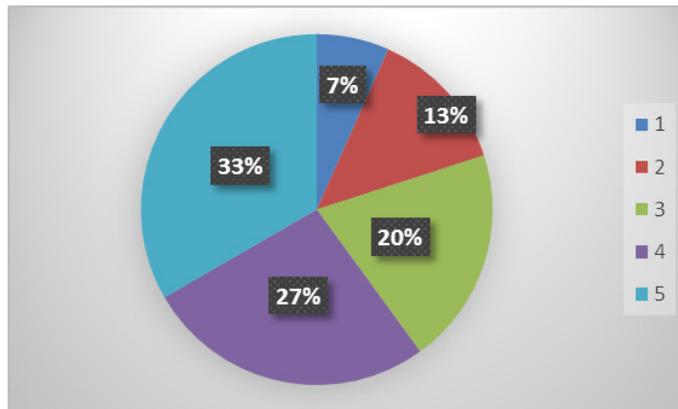


Fig.2 Evaluación de la importancia de los símbolos acorde a su función del software.

Además, se realizó dentro de la encuesta la pregunta del funcionamiento de las computadoras si ha servido como apoyo significativo en el aprendizaje, de un 100% solo el 33% de los estudiantes piensan que para un aprendizaje integral y continuo se debe tener un computador que aporte con un buen funcionamiento.

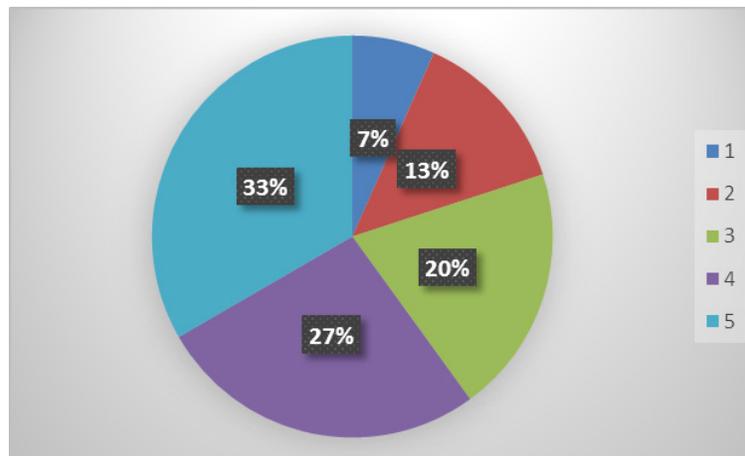


Fig.3 Evaluación de la importancia del funcionamiento de las computadoras para el aprendizaje con la herramienta

Microsoft Teams.

Como no faltaba más se preguntó acerca de la importancia de los recursos de audio y video funcionen de manera rápida y eficaz dentro del software, se ha sabido desde siempre que el principal problema de las clases virtuales tiene el defecto de que los recursos de audio y video no funcionen ya se demore o no se cargue, este por supuesto es un análisis fundamental dentro de nuestra muestra que un 60% considera fundamental estas funciones en la herramienta Microsoft Teams.

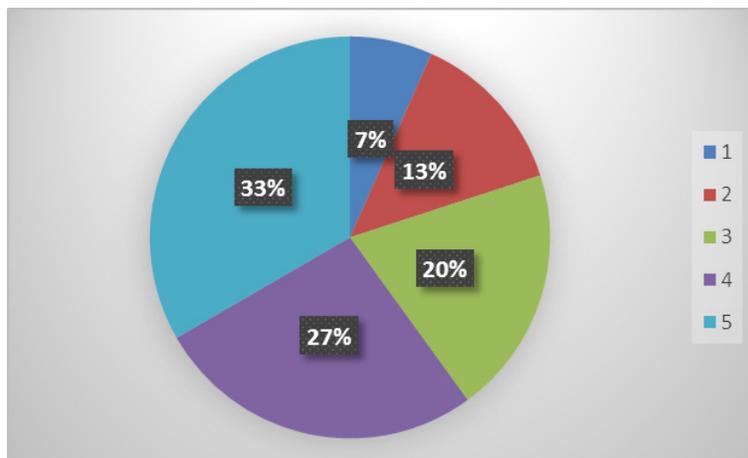


Fig.4 Evaluación de la importancia de los recursos de audio y video dentro del software.

V.CONCLUSIONES

Con este trabajo se ha podido analizar la satisfacción que tienen los estudiantes con el uso del software Microsoft Teams la cual ha sido indispensable para el aprendizaje online. Se puede concluir que, los datos y resultados obtenidos son de total confiabilidad gracias a la aplicación del alfa de Cronbach la cual arrojó un 0.92 lo que garantiza el manejo y procesamiento de datos, también se pudo destacar, que la tecnología juega un papel fundamental dentro de la sociedad, ya que en este tiempo en el que nos encontramos en una pandemia la educación y el trabajo son aspectos que no pueden ser dejados de lado en nuestro país y la herramienta Microsoft Teams sin duda ha sido un software que ha contribuido con el desarrollo de la educación virtual en la Universidad de las Américas, para lo cual los estudiantes encuestados han respondido que es de vital importancia que la herramienta utilizada funcione de manera rápida y eficaz en el caso del audio y video, obteniendo así un 60% que consideran fundamental que Microsoft Teams cumpla con este requisito. Las universidades prefieren de entre todas las herramientas disponibles la implementación de Teams y Zoom para su uso ya que estas poseen funciones didácticas e interactivas que ayudan a los estudiantes al aprendizaje y al desarrollo del razonamiento, estas funciones son compartir pantalla, grabar pantalla, subir archivos mediante un chat compartido entre los miembros y muchas otras opciones con las que se puede combinar entre la clase. En síntesis, “En la educación virtual el problema no es la herramienta, sino el uso que hacemos de ella” por lo que, se plantea la idea de escoger o de preferir herramientas colaborativas e interactivas lo que justifica quizá el contenido de la plataforma Microsoft Teams, llevando así la transformación de clases presenciales a un formato online calificando como aceptable las medidas tomadas por la institución.

RECONOCIMIENTO

Me van a faltar páginas para agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, sin embargo, merecen reconocimiento especial nuestra Profesora Ing. Franyelit que con su dirección, esfuerzo y dedicación nos ayudó a culminar este proyecto de investigación y nos dio el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible. Asimismo, por sus comentarios de inspiración y aliento en el desarrollo de este proyecto que nos alentó a alcanzar nuevos objetivos y conocimientos.

REFERENCIAS

[1]C. E. F. Pabón, «MÁS ALLÁ DE ZOOM, GOOGLE MEET, TEAMS...» Slidesgo, vol. 1, n° 1, p. 12, 2020.

- [2]F. García, A. Correl, V. Abella y M. Grande, «La evaluación online en la educación superior en tiempos de la COVID-19,» EDUCATION IN THE KNOWLEDGE SOCIETY (EKS), vol. 21, n° 1, pp. 1-12, 2020.
- [3]G. Jose, C. Alfredo, G. Victor y GrandeMario, «Education in the Knowledge Society,» Ediciones Universal Salamanca, vol. 1, n° 12, p. 26, 14 05 2020.
- [4]E. Dans, «Educacion online: Plataformas educativas y el dilema de la apertura,» Universidad y Sociedad del Conocimiento, vol. 6, n° 1, p. 10, 02 03 2009.
- [5]A. Mauricio, A. Roberto, V. Edgar y F. Karen, «Convergencia de procesos de docencia universitaria: El uso de la aplicacion Teams de Microsoft,» ResearchGate, vol. 1, n° 1, p. 9, 21 11 2019.
- [6]B. Jose, L. Lina, H. Maria y J. Eusebio, «Utilización del alfa de Cronbach para validar la confiabilidad,» Engineering and Technology, vol. 11, n° 1, p. 9, 16 08 2013.
- [7]J.-J. a. C.-R. D. a. D. P. Monedero-Moya, «Usabilidad y satisfacción en herramientas de anotaciones multimedia para MOOC = Usability and Satisfaction in Multimedia Annotation Tools for MOOCs,» e-Lis, vol. 22, n° 44, p. 62, 2018.
- [8]I. Ros Martínez de Lahidalga, «Moodle, la plataforma para la enseñanza y organización escolar,» Ikastorratza, e- Revista de Didáctica, vol. 2, n° 50, p. 12, 2008.
- [9]D. Marlene, «Herramientas para la producción de materiales didácticos para las modalidades de enseñanza semipresencial y a distancia,» ACIMED, vol. 16, n° 2, p. 5, 2007.
- [10]C. Barbara, «Diseño y validación de un instrumento,» Universitat Illes Balears, vol. 4, n° 50, p. 415, 10 2006.

RESUMEN CURRICULAR



Mateo Sarauz, Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad de las Américas, me gusta conocer nuevos lugares y adquirir experiencias inolvidables. Me gusta trabajar en equipo y pienso que la constancia es una virtud que todos debemos poseer para alcanzar nuestros objetivos y metas.



Rita Villafuerte, ecuatoriana de nacimiento actualmente estudiante en la Universidad de las Américas en la carrera de Ing. Industrial, me considero una persona optimista, siempre con ganas de aprender y poner mis conocimientos al servicio de la comunidad.



David Shuguli, me considero una persona responsable, dinámica y creativa, con la facilidad de adaptación y capacidad de trabajar en equipo, en condiciones de alta presión, con iniciativa para resolver problemas efectivamente y lograr las metas y objetivos trazados por la empresa.



David Vaca, estoy estudiando una ingeniería en software en la Universidad de las Américas me considero una persona amable, curiosa y creativa. Siendo uno de mis objetivos a largo plazo trabajar en la industria del desarrollo de software nacional o internacional de forma que expanda mis conocimientos y mi experiencia en el campo me permita seguir creciendo como ingeniero en software.

Desempeño en métodos de navegación autónoma para robots móviles

Alvarez Gabriela¹ y Flor Omar².

{gabriela.alvarez.velasco¹, omar.flor²}@udla.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-0882-3875>¹

Universidad de las Américas, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas^{1,2}

Quito-Ecuador

Recibido (03/07/20), Aceptado (21/03/20)

Resumen: En este trabajo se presenta una comparación de los tiempos de respuesta, optimización de la ruta y complejidad del grafo en métodos de planificación de trayectoria para robots móviles autónomos. Se contrastan los desarrollos de Voronoi, Campos potenciales, Roadmap probabilístico y Descomposición en celdas para la navegación en un mismo entorno y validándolos para un número variable de obstáculos. Las evaluaciones demuestran que el método de generación de trayectoria por Campos Potenciales, mejora la navegación respecto de la menor ruta obtenida, el método Rapidly Random Tree genera los grafos de menor complejidad y el método Descomposición en celdas, se desempeña con menor tiempo de respuesta y menor coste computacional.

Palabras Clave: Optimización; trayectoria; métodos de planificación; robots móviles.

Performance in autonomous navigation methods for mobile robots

Abstract: This paper presents a comparison of response times, route optimization, and graph complexity in path planning methods for autonomous mobile robots. The developments of Voronoi, Potential Fields, Probabilistic Roadmap and Decomposition in cells for navigation in the same environment are contrasted and validated for a variable number of obstacles. Evaluations show that the path generation method by Potential Fields improves navigation with respect to the shortest route obtained, the Rapidly Random Tree method generates graphs of less complexity and the Decomposition in cells method, performs with less response time and lower computational cost.

Keywords: Optimization; trajectory; planning methods; mobile robots.



I.INTRODUCCIÓN

A pesar de que inicialmente la aplicación de los robots móviles se limitaba a las industrias manufactureras, hoy en día ocupan varios campos y cubren un amplio espectro de aplicaciones, que incluyen minería, fuerzas armadas, rescate, espacio, agricultura y entretenimiento [1]. Entre las características que distingue a un robot móvil de otro, se encuentra su capacidad de realizar una navegación exitosa, entendiéndose como tal, una adecuada, rápida y óptima planificación de la trayectoria, cuya operatividad brinda un valor a la efectividad en navegación [2]. Es por esto que la selección adecuada del método de planificación de la ruta tiene especial relevancia para que el robot sea efectivo en el cumplimiento de sus objetivos [3]. En ese sentido varios investigadores han desarrollado muchas técnicas en el campo de la navegación de robots móviles y es el tema más investigado en la actualidad [4], [5]. Hay dos técnicas sugeridas que cubren todos los enfoques en la planificación de rutas de robots: la primera es la planificación de rutas global o planificación off-line y, la segunda corresponde a la planificación de rutas locales o planificación on-line [6].

La planificación de ruta global considera una trayectoria basada en un ambiente previamente establecido. Este método tiene la finalidad de producir una ruta optimizada, pero no es útil en el caso de que el escenario cuente con obstáculos desconocidos o dinámicos [7]. Al contrario, el método de planificación de ruta local no necesita en primera instancia de información del entorno, sino que va generando y recogiendo la información de los sensores integrados. En este artículo se comparan cuatro métodos de la planificación global de rutas, los cuales son: Método de Voronoi, Campos potenciales, Roadmap probabilístico y Descomposición en celdas. Estos métodos se han considerado en diversos estudios que les han brindado relevancia en el campo de la robótica.

A.Método de Voronoi

El método de Voronoi es ampliamente utilizado en la planificación multi-robot, vigilancia y cobertura de áreas. [8] El algoritmo mantiene un bajo consumo computacional [9] y se lo puede considerar uno de los mejores métodos de planeación de trayectorias debido a la seguridad que presenta la trayectoria con respecto a otros métodos existentes. Permite encontrar la estructura geométrica entre puntos ordenados o dispersos de forma aleatoria en un plano bidimensional, fue el ruso matemático Gueorgui Feodósievich Voronói quien formalizó su estudio en el año 1908. Este método se relaciona de manera directa con diversas estructuras que se encuentran en la naturaleza, como en los patrones de hojas, cortezas de árboles, grietas en el suelo causadas por erosión, cáscaras de piña e incluso en pieles de animales como la jirafa [10]. Para comprenderlo de mejor manera, se presenta la Fig. 1.



(a)

(b)

Fig. 1. Patrones de la naturaleza relacionados con los diagramas de Voronoi, (a) Grietas en el suelo, (b) Piel de jirafa.

Los diagramas de Voronoi se definen como la descomposición de un espacio métrico en regiones donde existen obstáculos, de manera que cada uno ocupa una región de este espacio, y se representan como puntos dispersos en función de su ubicación, como se observa en la Fig. 2. Los diagramas de Voronoi tienen múltiples aplicaciones en los campos de la antropología, arqueología, astronomía, biología, cartografía, geografía, matemáticas, marketing, fisiología y muchas más ciencias.

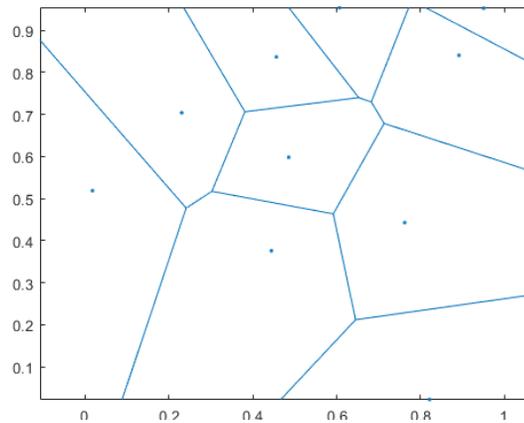


Fig. 2. Representación de diagrama de Voronoi.

En el área de la robótica el concepto fundamental de la construcción de los diagramas de Voronoi es ampliar la distancia existente entre el robot y los obstáculos al máximo. De esta manera, la red resultante es un espacio geométrico de las configuraciones que se encuentran equidistantes en los obstáculos más próximos del entorno [10]. Si se tiene un espacio físico con obstáculos determinados en las que el robot debe moverse, la manera de evitar las colisiones con este método es diseñar una trayectoria que siga el robot sobre las líneas generadas en la red de Voronoi, lo que lograría que el dispositivo se mueva siempre en medio entre dos obstáculos de la zona [11].

Para representar un área de manera más realista se posicionan los obstáculos en el espacio como polígonos en lugar de puntos [9]. En estos casos los diagramas resultantes estarán conformados por segmentos de líneas rectas y de parábolas que los rodearán como se muestra en la Fig. 3. Además, en este gráfico, se puede observar lo que se mencionó en el párrafo anterior, ya que se tienen los obstáculos poligonales y el diagrama de Voronoi en color verde, pero se tiene una trayectoria específica que enlaza el punto de inicio (verde) con el punto de llegada (rojo) en color magenta, que es la misma que recorrería el robot.

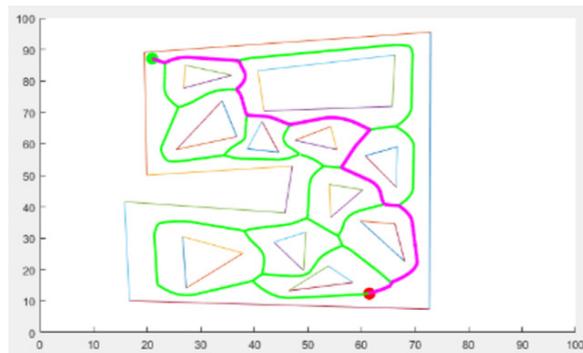


Fig. 3. Ejemplo de trayectoria óptima en un diagrama de Voronoi.

Para profundizar más en el tema se puede revisar el artículo Planeación y seguimiento de trayectorias para un robot móvil, en el cual se describen las ecuaciones y parámetros que intervienen para la realización de estos diagramas [10].

B. Campos Potenciales

El Campo Potencial se caracteriza por ser un método que expresa la matemática de generación de trayectorias de forma simple, ya que es de fácil uso y muy eficiente [12]. Su tiempo de cálculo es bajo, por lo que este algoritmo funciona en tiempo real y tiene la capacidad de ser utilizado dinámicamente debido al sencillo tratamiento de obstáculos fijos y móviles [13]. El estado del robot y la dinámica artificial puede producir una velocidad virtual y aceleración que se utilizan como una referencia instantánea para controlar la pose del robot [14].

Este método se basa en una analogía realizada entre el desplazamiento de los robots móviles y los campos poten-

ciales eléctricos, partiendo de la premisa que el robot se desplaza como una partícula con carga eléctrica, el espacio libre por donde se mueve se considera un campo potencial, los obstáculos también tendrían una carga eléctrica, pero de igual signo al robot, de manera que entre ellos se repelen y el punto de llegada tendría carga eléctrica de signo contrario al robot, es decir, se atraen [15]. De este modo, lo que provoca el movimiento del robot desde su punto de partida hasta su meta es la fuerza resultante que se genera a partir de la suma vectorial entre la fuerza repulsiva (suma total de las fuerzas de repulsión ocasionadas por los obstáculos cerca del robot) y la fuerza atractiva (asociada a la meta y al robot móvil) [16]. Lo mencionado se puede observar de manera gráfica en la Fig. 4.

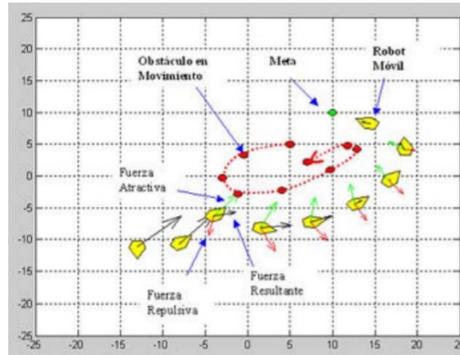


Fig. 4. Fuerzas presentes en un entorno de campos potenciales.

Dicho de otra manera, la técnica de campos potenciales para la generación de trayectorias considera el movimiento del dispositivo en un campo de fuerzas, con los obstáculos generando repulsión y la posición objetivo atracción, es decir el método sigue una técnica reactiva de navegación, ya que el movimiento del robot se encuentra guiado por el gradiente del campo potencial artificial generado [10]. Los campos pueden variar en función de la distancia del obstáculo, aunque de manera geométrica se pueden definir límites de influencia sobre estos, con el fin de evitar el cálculo de los campos de obstáculos distantes. El proceso de generación de la trayectoria consiste en hallar un camino que mantenga al dispositivo móvil lo más alejado posible de los obstáculos que se encuentren en la zona [17].

En la Fig. 5 se puede observar un ejemplo de generación de una trayectoria para un robot que pretende desplazarse desde el punto Comienzo (rojo) hasta el punto Objetivo (amarillo), teniendo como obstáculo varios polígonos dispersos en el área y los límites del espacio físico. Las ondas que se encuentran alrededor de los mismos vendrían a representar las fuerzas de repulsión que estos ejercen sobre el dispositivo [16].

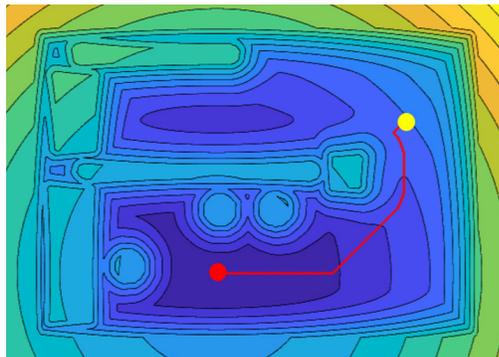


Fig. 5. Ejemplo de campos potenciales.

Para conocer más del tema en cuanto al aspecto matemático se recomienda la revisión del artículo Técnica de Navegación de Campos Potenciales para un Robot Móvil para la Evitación de Obstáculos desarrollado en el Centro de Investigación de Desarrollo Tecnológico Digital de México [15].

C. Rapidly Exploring Random Trees

Rapidly Exploring Random Trees es un método que permite construir un plano de trabajo en dos dimensiones donde se generan ramificaciones de exploración en un área uniforme y libre de colisión mejorando la homogeneidad de exploración y progresión hacia zonas desconocidas [18]. Se lo implementa en la robótica debido a que garantiza el descubrimiento completo y la exploración del mapa en el que se requiere que el dispositivo se desplace [4]. Independientemente de si el entorno es simple o complejo, los algoritmos RRT tradicionales siempre adaptan la longitud del paso fijo y la probabilidad de sesgo para llevar a cabo la planificación de la ruta [19] a más de que son conceptualmente simples y permiten lograr la integridad probabilística [20].

El algoritmo RRT se basa en la generación de una estructura arbórea de configuraciones que crecen a partir de un punto de origen, como se muestra en la Fig. 6. Es un algoritmo diseñado para encontrar de manera eficiente espacios no convexos de alta dimensión a través de la construcción aleatoria de ramas que rellenan un espacio determinado [21].

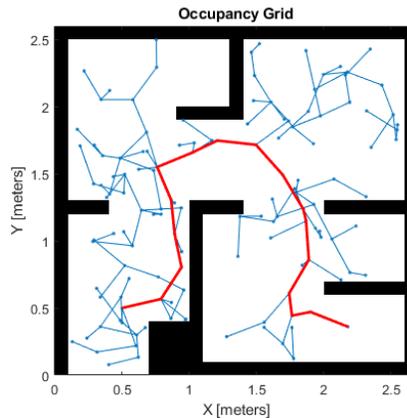


Fig. 6. Configuración del algoritmo RRT.

Estas ramas forman un árbol que se va construyendo de forma incremental a partir de muestras extraídas al azar del espacio de búsqueda, y se encuentra sesgada de manera intrínseca para crecer en grandes áreas libres de colisión. Esta particularidad convierte al RRT en un método de generación de rutas de tipo aproximado, ya que genera un muestreo aleatorio del espacio y después una subrutina de detección de colisiones que decide si las trayectorias configuradas son viables o si implican un posible choque [22].

El Rapidly Exploring Random Trees presenta una solución simple, ya que no depende de ningún parámetro inicial y favorece la exploración de toda la región para la óptima búsqueda de obstáculos. El árbol de exploración aumenta su resolución en cada iteración, y los vértices del árbol representan las configuraciones que se obtuvieron con el modelo de manera aleatoria, después de comprobar la ausencia de posibles colisiones dentro del entorno [19].

En la Fig. 7 se puede apreciar el funcionamiento del método, analizado de izquierda a derecha se tiene, en primer lugar (a) una malla de 13 x 13 que representa un espacio físico en el cual existen dos obstáculos, en segundo lugar (b) el desarrollo del árbol que define todas las posibles rutas para llegar de un punto inicial a uno final, y por último, en tercer lugar (c) se observa la selección de la ruta más corta, donde se puede observar que todas las demás que no se consideran eficientes han sido descartadas.

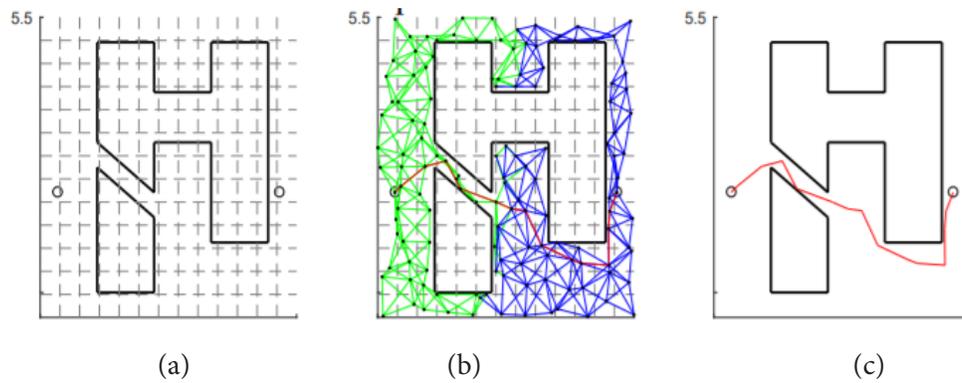


Fig. 7. Ejemplo de desarrollo del algoritmo RRT, (a) Región con obstáculos, (b) Árbol RRT, (c) Trayectoria óptima

El método RRT se desarrolla de una forma más detallada en el artículo Determinación de rutas por medio de un algoritmo RRT adaptado a una discretización del espacio de trabajo, allí se explican detalladamente las expresiones matemáticas y algorítmicas que conforman este método [21].

D.Descomposición en Celdas

El método de Descomposición en celdas es relevante en el aspecto de la robótica debido a que reduce la carga computacional de la generación de rutas mediante el proceso [23], además el deterioro del espacio de trabajo del robot es natural ya que el estado de las células tiene en cuenta una disposición abundante y adaptable. [24]. Es un método atractivo ya que es geométrico, muy consistente, fácil de entender e implementar [25].

Como su nombre lo indica, este algoritmo se basa en la descomposición de un área en celdas en las que el robot circula. La zona contiene en su interior obstáculos que el dispositivo debe rodear en caso de encontrarlos durante el avance de su trayectoria [10]. Las celdas se forman a partir de los vértices de los objetos mencionados, estas permiten al robot conocer el espacio libre, mismo que corresponde al conjunto de celdas que no contienen partes de algún obstáculo [26]. La Fig. 8 muestra un ejemplo de un espacio físico en el que se encuentran representados con polígonos los obstáculos y se tiene un punto de Inicio (Source) y Fin (Destination), para los cuales se requiere encontrar una trayectoria óptima.

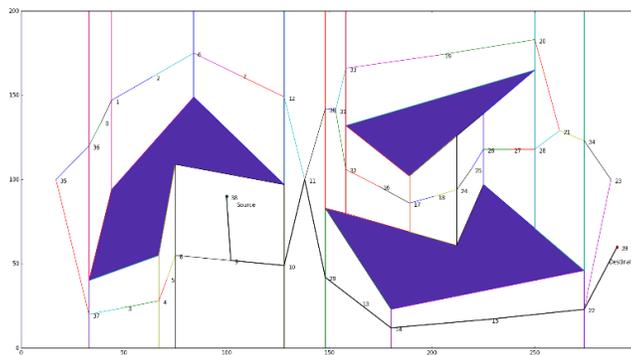


Fig. 8. Método de descomposición en celdas.

Con la descomposición en celdas, el algoritmo planificador de rutas del robot tiene la finalidad de encontrar un grafo de adyacencia en el que se indiquen cuáles de las celdas libres de obstáculos comparten una frontera en común, para determinar el espacio libre de colisión por donde el robot puede desplazarse [26]. Los nodos que se forman en el diagrama corresponden a las celdas encontradas y las aristas conectan nodos de celdas cercanas, una vez formado el grafo se busca una ruta dentro del mismo que se considere la trayectoria óptima a seguir por el dispositivo, como se muestra en la Fig. 9 resaltado con color rojo [24].

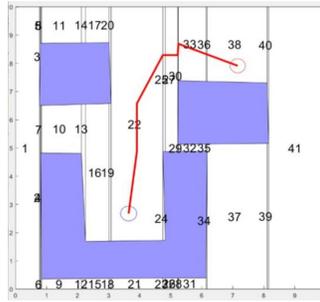


Fig 9. Trayectoria óptima encontrada con el método de descomposición en celdas.

Como se puede observar, las celdas formadas tienen una estructura simple, lo que permite que el robot se desplace entre ellas con movimientos sencillos tales como giros y avances rectilíneos, ya que una vez que el robot pasa por una celda, esta se cubre por completo, lo que reduce el método a encontrar un camino entre las celdas a través del grafo de adyacencia [25].

En caso de requerir información más detallada con respecto a este método de generación de rutas se sugiere revisar el artículo Evaluación de las técnicas de planificación de movimientos, Descomposición exacta trapezoidal, en este se podrá encontrar información específica sobre el tema y sus variantes [26].

El trabajo se estructura luego de la introducción, con el desarrollo en donde se presentan las simulaciones en el entorno estructurado y empleando las distintas metodologías. En la metodología se explican las consideraciones para el desarrollo del experimento y toma de datos. Posteriormente, en la sección resultados, se comparan las alternativas de navegación y se destacan valores relevantes para cada método. Se finaliza con las conclusiones que validan los métodos analizados.

II. DESARROLLO

Para comparar las técnicas de planificación de trayectorias, se realizaron simulaciones para cada uno de los casos “Método de planificación mediante diagramas de Voronoi”, “Planificación mediante campos potenciales”, “Método de planificación por descomposición de celdas”, “Método Roadmap probabilístico”.

Para todas las simulaciones realizadas, se ha empleado un entorno de forma cuadrada y número variable de obstáculos, para lo cual un entorno poseerá 5 obstáculos de diferentes tamaños y forma similar. Otro entorno posee un número de 11 obstáculos.

A partir de simulaciones realizadas en Matlab versión estudiantil, se han obtenido las distintas trayectorias, las mismas que se presentan en la Fig. 10, donde se han representado por colores la solución de cada método empleado. Se observa una diversidad de alternativas de solución.

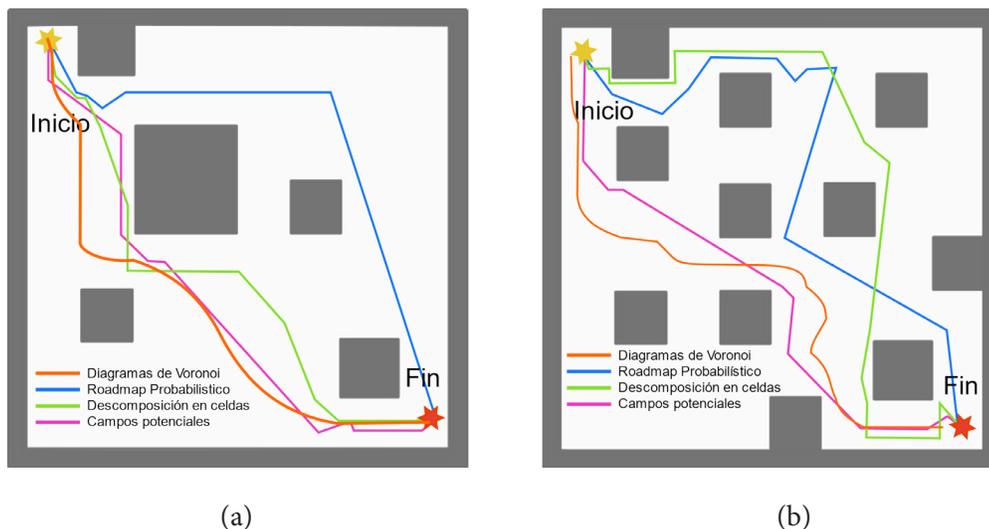


Fig. 10. Soluciones de trayectorias generadas por múltiples métodos de planificación, entorno cuadrado y número variable de obstáculos, (a) pocos obstáculos, (b) muchos obstáculos.

Además, se ha evaluado un segundo entorno de forma rectangular para todos los métodos y con un distinto número de obstáculos, se han incorporado pequeños obstáculos a lo largo del camino a recorrer, también se ha generado irregularidades en el entorno rectangular exterior (Fig. 11) a fin de presentar a los algoritmos un entorno más variable y comparar su respuesta.

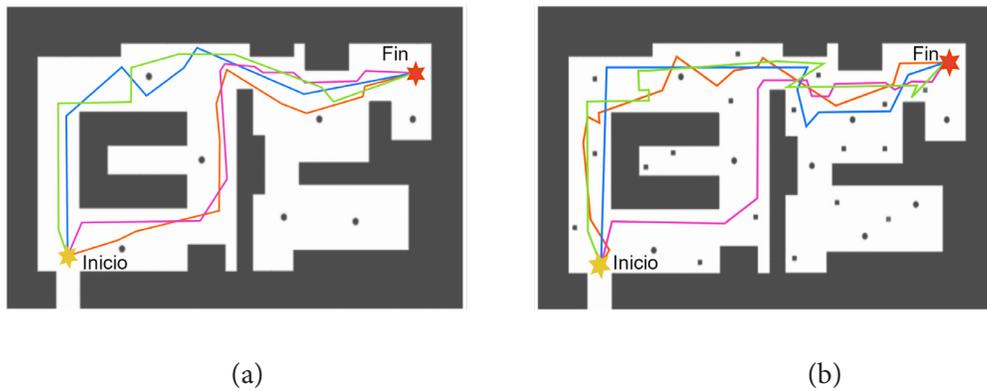


Fig. 11. Soluciones de trayectorias generadas por múltiples métodos de planificación, entorno rectangular y numero variable de obstáculos, (a) pocos obstáculos, (b) muchos obstáculos.

Para los dos entornos presentados anteriormente, el punto de Inicio y Fin coinciden para cada caso y permiten generar la trayectoria tendiendo a que esta sea extensa dentro del espacio navegable.

La TABLA I, presenta una comparación entre los tiempos de las simulaciones respectivas de cada método analizado. Se observa que, si bien, el método de Voronoi, logra las rutas más alejadas de los obstáculos, también posee un mayor tiempo de procesamiento del algoritmo.

TABLA I. Tiempos de ejecución de la tarea en múltiples métodos de planificación de trayectoria.

	Tiempo de procesamiento Pocos obstáculos	Tiempo de procesamiento Muchos obstáculos
VORONOI	7.37 s	10.30 s
RAPIDLY RANDOM TREE	4.37 s	5.82 s
CAMPOS POTENCIALES	2.27 s	2.59 s
DESCOMPOSICIÓN EN CELDAS	0.67 s	0.78 s

La TABLA II, además de los tiempos, presenta la complejidad del grafo considerando el número de vértices que lo componen, cuyo número varía para los distintos métodos. En adición se evalúa la optimización de la ruta considerando la longitud de la misma

TABLA II. Comparación de tiempos de ejecución de la tarea, complejidad del grafo y optimización de trayectoria en múltiples métodos de planificación de trayectoria.

METODO	ENTORNO	TIEMPO DE SIMULACION (s)	COMPLEJIDAD DEL GRAFO (vértices)	OPTIMIZACION DE TRAYECTORIA (mm)
VORONOI	Con pocos obstáculos	7.37	11	3331.75
	Con muchos obstáculos	10.30	16	3879.17
RAPIDLY RANDOM TREE	Con pocos obstáculos	4.37	7	3528.82
	Con muchos obstáculos	5.82	8	4036.41
CAMPOS POTENCIALES	Con pocos obstáculos	2.27	12	3379.70
	Con muchos obstáculos	2.59	14	3473.35
DESCOMPOSICIÓN DE CELDAS	Con pocos obstáculos	0.67	9	3642.83
	Con muchos obstáculos	0.78	12	4425.66

III.METODOLOGÍA

Para la obtención de los gráficos que representan las simulaciones del apartado anterior, se utilizaron algunos simuladores que han partido de algunos desarrollos de carácter académicos como [12], [27] para la generación de la trayectoria con el uso de diagramas de Voronoi, el método de [13] para su uso mediante campos potenciales, [26] para la determinación mediante descomposición en celdas y Roadmap probabilístico.

Se ha considerado para representar el desempeño de los métodos de “Roadmap Probabilísticos”, el uso del algoritmo Rapidly Random Tree, mismo que se encuentra en potencial desarrollo y uso para navegación tanto en dos como en tres dimensiones.

En las simulaciones realizadas, se adaptaron los entornos a fin de que coincidan en dimensión y complejidad debido al número y disposición de los obstáculos. Se obtuvo la información del procesamiento y con ello el tiempo de cómputo de los algoritmos analizados.

IV.RESULTADOS

Respecto del tiempo de simulación, se observa que el método de Voronoi ocupa un tiempo mayor en el procesamiento, esto debido a que su trayectoria toma en cuenta el cálculo de las distancias intermedias y más alejadas de los obstáculos, se evidencia que a pesar de generar una ruta muy segura y lejos de producir colisiones, este puede tener sus inconvenientes de retardo en robot de baja capacidad de procesamiento.

Por otra parte, el grafo generado por el método de descomposición en celdas, logra obtener la trayectoria en un tiempo muy reducido respecto de los otros métodos. Esto se debe a que el número de puntos con los que trabaja este método, es muy inferior al de Voronoi.

Los tiempos presentados corresponden a la media de los valores ensayados en ambos entornos en corridas sucesivas. Sin embargo el método Rapidly Random Tree, en su carácter de aleatorio, genera algunas alternativas, las cuales, a su vez, se promediaron. Los demás métodos poseían soluciones únicas para las configuraciones propuestas. Se evidencia que la respuesta de todos los métodos es independiente en gran manera del número de obstáculos en el entorno, siempre que estos se encuentren a distancias considerablemente mayores relativas al tamaño de los obstáculos presentados.

En cuanto a la complejidad de los grafos, los gráficos más complejos se presentaron empleando los métodos de Voronoi y Descomposición en celdas. Esto puede explicarse debido a que el grafo es función directa del número de vértices del entorno. Para el caso del método Rapidly Random Tree, el número de vértices es función de la característica aleatoria con la que se generan las posibilidades de navegación en el espacio libre. Por otra parte, el método de Campos potenciales, considera a los obstáculos como zonas que permiten un cálculo de la trayectoria

adecuada para alcanzar el objetivo independientemente del número de vértices de los obstáculos.

Para la optimización de la trayectoria, se ha considerado la longitud de la misma para todos los casos, estos valores se presentan en la TABLA I. Se ha considerado la longitud como un indicativo de esta optimización dejando de lado la energía empleada para la navegación debido al cambio brusco en la trayectoria, cuyo análisis en este documento no es tomado en cuenta.

V. CONCLUSIONES

Obtener rutas más alejadas de los obstáculos es una adecuada alternativa de navegación, como en el caso del método de diagramas de Voronoi, aunque también exige una mayor velocidad de procesamiento, esto es un factor importante para implementar este algoritmo en robots móviles.

El método de descomposición por celdas, por otra parte, exige menos recursos computacionales cuando el entorno se presenta con pocos obstáculos, mientras que, con un mayor número de ellos, el método de campos potenciales posee un mejor desempeño en este ámbito con la posibilidad de ser adaptado además para entornos dinámicos, cuya ventaja es única frente a los otros métodos. Respecto de la reacción de los métodos frente al entorno, es evidente que obstáculos en medio del espacio libre, independientemente del tamaño de los mismos, modifican mucho más la trayectoria, que irregularidades en las proximidades del entorno circundante.

La complejidad de los gráficos en los métodos de Voronoi y Campos potenciales, generan trayectorias que si bien, reducen la probabilidad de colisión con los obstáculos, también representan un mayor esfuerzo de control para lograr conservar la trayectoria variable presentada.

REFERENCIAS

- [1] H. Ajeil., K. Ibraheem, A. Sahib., J. Humaidi., "Multi-objective path planning of an autonomous mobile robot using hybrid PSO-MFB optimization algorithm," *Applied Soft Computing*, vol. 89, April 2020.
- [2] K. Patle., G. Babu., A. Pandey., D.R.K. Parhi., A. Jagadeesh., "A review: On path planning strategies for navigation of mobile robot," *Defence Technology*, vol. 15, pp. 582-606, August 2019.
- [3] T. Mack., C. Copot., D. Trung., R. De Keyser., "Heuristic approaches in robot path planning: A survey," *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 86, pp. 13-28, December 2016.
- [4] L. Zhang., Z. Lin., J. Wang., B. He., "Rapidly-exploring Random Trees multi-robot map exploration under optimization framework," *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 131, 2020.
- [5] S. Khan and M. K. Ahmmed, "Where am I? Autonomous navigation system of a mobile robot in an unknown environment," 2016 5th International Conference on Informatics, Electronics and Vision (ICIEV), pp. 56-61, December 2016.
- [6] V. Castro, J. P. Neira, C. L. Rueda, J. C. Villamizar and L. Angel, "Autonomous Navigation Strategies for Mobile Robots using a Probabilistic Neural Network (PNN)," *IECON 2007 - 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, pp. 2795-2800, Taipei, 2007.
- [7] Y. Li., W. Wei., Y. Gao., D. Wang., C. Fan., "PQ-RRT*: An improved path planning algorithm for mobile robots," *Expert Systems with Applications*, vol. 152, August 2020.
- [8] A. Muñoz., "Generación global de trayectorias para robots móviles, basada en curvas betaspline," *Dep. Ingeniería de Sistemas y Automática Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla*, 2014.
- [9] H. Montiel, E. Jacinto, H. Martínez, "Generación de Ruta Óptima para Robots Móviles a Partir de Segmentación de Imágenes," *Información Tecnológica*, vol. 26, 2015.
- [10] C. Expósito, "Los diagramas de Voronoi, la forma matemática de dividir el mundo," *Dialnet*, Diciembre 2016.
- [11] N. Sotomayor., A. Yandún., "Planeación y seguimiento de trayectorias para un robot móvil," *Researchgate*, Agosto 2012.
- [12] Y. Zhang, Z. Liu and L. Chang, "A new adaptive artificial potential field and rolling window method for mobile robot path planning," 2017 29th Chinese Control And Decision Conference (CCDC), pp. 7144-7148 July, 2017.
- [13] S. Garrido., L. Moreno., D. Blanco, P. Jurewicz., "Path Planning for Mobile Robot Navigation using Voronoi Diagram and Fast Marching," *International Journal of Robotics and Automation (IJRA)*, vol. 2, 2011.
- [14] Q. Jia, X. Wang, "An improved potential field method for path planning," 2010 Chinese Control and Decision Conference, pp. 2265-2270, 2010.
- [15] T. Osuna, L. González y L. Aguilar, "Técnica de navegación de campos potenciales para un robot móvil para

la evasión de obstáculos”, Marzo, 2010.

[16]V. Gonzáles y R. Parkin, “Evadiendo obstáculos con robots móviles”, Enero 2005.

[17]J. Sfeir, M. Saad and H. Saliyah-Hassane, "An improved Artificial Potential Field approach to real-time mobile robot path planning in an unknown environment," 2011 IEEE International Symposium on Robotic and Sensors Environments (ROSE), pp. 208-213, 2011.

[18]I. Pérez-Hurtado, M. J. Pérez-Jiménez, G. Zhang and D. Orellana-Martín, "Robot path planning using rapidly-exploring random trees: A membrane computing approach," 2018 7th International Conference on Computers Communications and Control (ICCCC), pp. 37-46, 2018.

[19]S. Zhang, J. Pu, Y. Si., L. Sun, "Smooth Path Planning for Mobile Robot Based on Adaptive Rapidly-exploring Random Tree*," 2018 IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA), pp. 591-596, 2018.

[20]Y. Ying, Z. Li, G. Ruihong, H. Yisa, T. Haiyan and M. Junxi, "Path planning of mobile robot based on Improved RRT Algorithm," 2019 Chinese Automation Congress (CAC), Hangzhou, pp. 4741-4746, 2019.

[21]C. Calderón, T. Bustillo, “Determinación de rutas por medio de un algoritmo RRT adaptado a un discretización del espacio de trabajo”, Junio 2018.

[22]D. López, F. Gómez, F. Cuesta y A. Ollero, “Planificación de trayectorias con el algoritmo RRT. Aplicación a robots no holónomos”, Enero, 2010.

[23]JW Kang, SJ Kim, MJ Chung, H. Myung, JH Park y SW Bang, "Planificación de ruta para la operación de cobertura completa y eficiente de robots móviles", Conferencia Internacional de 2007 sobre Mecatrónica y Automatización, pp. 2126-2131, 2007.

[24]N. Zafara, J.C.Mohanta, “Methodology for Path Planning and Optimization of Mobile Robots: A Review,” Procedia Computer Science, vol. 133,pp. 141-152, 2018.

[25]H. A. Vasseur, F. G. Pin and J. R. Taylor, "Navigation of a car-like mobile robot using a decomposition of the environment in convex cells," Proceedings. 1991 IEEE International Conference on Robotics and Automation, vol. 2, pp. 1496-1502, 1991.

[26]C. Vélez, J. Guzmán y I. Durley, “Evaluación de las técnicas de planificación de movimientos, descomposición exacta trapezoidal y descomposición adaptativa de celdas a través de mallas”. Dialnet, Marzo, 2012.

[27]W. Regli, “Robot Lab: Robot path planning,” Lecture notes of department of computer science, Drexel University, Oct 2007.

RESUMEN CURRICULAR



Gabriela Alvarez, Estudiante de Ingeniería en Producción Industrial de octavo semestre de la Universidad de las Américas en Quito – Ecuador. Considerada una alumna destacada, por lo que es ayudante de cátedra de varias materias de la carrera y de su coordinación. Con participación en diversas conferencias sobre la industria nacional e internacional.



Omar Flor, Docente-Investigador de la Universidad de las Américas, especialista en diseño mecánico, especialista en diseño de equipos médicos.

Diseño e implementación de un sistema de control para un horno de crisol

Quiroga Josué¹, Flores Evelyn², Coba Alfredo³ y Jeysson Tapia⁴.

josueesteban_12@hotmail.com¹, eflores.ynmr@gmail.com², alfredocoba@mail.com³,

jeyssontapia@hotmail.com⁴.

<https://orcid.org/0000-0001-6819-56743>¹, <https://orcid.org/0000-0002-7425-9360>²,

<https://orcid.org/0000-0002-3143-8959>³, <https://orcid.org/0000-0003-4859-7662>³.

Quito-Ecuador

Recibido (03/07/20), Aceptado (21/07/20)

Resumen: Este trabajo presenta el diseño de un sistema de control de temperatura, y su proceso de implementación electrónica en un horno de crisol para fundir aluminio. El sistema permite el control de un quemador a gas, cuya llama calienta el horno permitiendo fundir el material. Se incorpora una interfaz gráfica para el ingreso y visualización de los valores de temperatura que se requieren en la cámara del horno. El sistema permitió facilitar el manejo del horno e incorporar la visualización de la temperatura

Palabras Clave: Horno a gas, control de temperatura, fundición de aluminio, HMI.

Design and implementation of a control system for a crucible furnace

Abstract: This work presents the design of a temperature control system, and its electronic implementation process in a crucible furnace to melt aluminum. The system allows the control of a gas burner, whose flame heats the oven, allowing the material to melt. A graphical interface is incorporated for entering and displaying the temperature values required in the oven chamber. The system made it easier to operate the oven and incorporate the temperature display.

Keywords: Gas oven, temperature control, cast aluminum, HMI.



I.INTRODUCCIÓN

A.Hornos de Fundición en Aluminio

La fundición es el proceso en el cual se cambian las propiedades de un metal mediante procesos de calentamiento y enfriamiento, específicamente en nuestro caso se cambiará de estado sólido a líquido el aluminio a una temperatura de 660[1].

Las etapas de fundición son: (1) Calentamiento, (2) Permanencia, (3) Enfriamiento. En la etapa de calentamiento, se eleva la temperatura del aluminio hasta alcanzar su punto de fusión. La permanencia mantiene la temperatura a fin de lograr la fundición completa del aluminio y garantizar su cambio de estado sólido a líquido. En la etapa final de enfriamiento, se disminuye la temperatura del aluminio y regresa a su estado sólido, en la figura 1 se presenta la gráfica de las etapas de los tratamientos térmicos. [2].

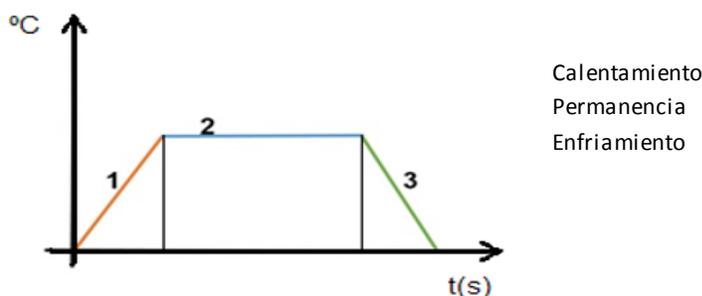


Fig. 1. Gráfica de etapas de fundición.

El aluminio es un metal no ferroso que posee poca resistencia mecánica, se puede formar varias aleaciones para aumentar su resistencia. [3] Un horno de crisol mantiene el calor confinado, además, posee una alta potencia de fusión, evacua los gases a través del crisol y soporta un rango de temperatura de 30 a 3300 grados centígrados. [4]

El quemador a gas es un equipo que se alimenta de un flujo de gas y al activar un electrodo se produce una chispa que genera la llama que elevará la temperatura del horno de crisol y de esta manera fundir el aluminio. [5] Para medir la temperatura, se emplean termocuplas tipo K usadas en aplicaciones industriales como fundición de metales: aluminio, cobre, plata y permiten la medición en un rango de 0 a 1300° grados centígrados. [6]

B.Sistemas de Control en Hornos de Fundición

Se han presentado avances en el área del control de hornos de fundición, basada en la tecnología de comunicación y transmisión de señales [7]. Algunos sistemas emplean relés programables, PLCs o incluso sistemas embebidos o informáticos para el control del proceso de fundición. Es indispensable para este proceso el uso de sensores [8], sean estos de temperatura, presión, nivel, caudal y demás variables que pueden considerarse; además. Para el control de dispositivos que regulan el paso de fluidos de combustión, se hace necesario en muchos casos, un actuador que varíe el comportamiento de acuerdo con la información proporcionada por el sensor y partiendo de un valor deseado (Set Point).

Teniendo en cuenta el valor deseado y el valor actual de la variable de control se establece el error, el cual es el valor que ingresará al controlador y este mediante cálculos matemáticos establece la señal de salida que controlará el actuador [9]. El controlador es un sistema microprocesador que realiza operaciones matemáticas para definir el valor que deberá compensar el actuador para llegar al valor deseado de la variable, existen varias formas de compensar, los cuales se llaman estrategias de control, entre ellas se tiene controladores ON/OFF, PID, Cascada, Feedforward, SMC, DSMC etc. [10-12].

El controlador ON/OFF es un controlador todo o nada en cual es muy simple de aplicar y trabaja en un rango, alrededor del punto de operación es decir, se pone en ON hasta alcanzar el valor del rango que está sobre el punto de operación, para acto seguido apagarse (OFF), sin embargo si la variable alcanza el valor menor del rango el controlador se volverá a encender; para sí mantener el valor siempre entre dentro de este rango; este tipo de controladores es muy usado para sistemas en los cuales no se requiere un valor exacto de la variable de salida, además es usado para procesos lentos con son los de calefacción u hornos, pues son sistemas lentos que conservan el calor, se

pueden manejar en rangos sin problema, además de que no necesitan manejar exactitud en la variable; adicionalmente otra ventaja de este tipo de control es no necesita un sistema procesado con alta capacidad de procesamiento pues consume una cantidad de recursos informáticos al ser implementado.

Los controladores de tipo PID, son los más distribuidos en la industria cuando se desea que la variable de control oscile de forma muy cercana al Set Point, pero para esto se debe tener un elemento final de control tipo proporcional, lo cual implica un costo adicional, pero con este elemento se llegará con exactitud y de forma eficiente al punto de operación deseado, puesto que si se tiene elementos de tipo todo o nada, este controlador no presentará la eficiencia que se requiere pues la salida de un PID es un valor proporcional al error, el cual irá disminuyendo conforme se aproxime al valor deseado.

Los controladores cascada, se basan en dos lazo de control embebidos, es decir uno dentro del otro, siendo el lazo interno la variable más rápida y el lazo externo la variable más lenta y la que es de interés para el proceso, este tipo de controladores se aplican cuando se quiere controlar una variable de tal forma que si existiese una perturbación fuerte dentro del sistema, la variable principal no se vea afectada en absoluto; sin embargo al ser dos o más controladores, uno dentro de otro, se necesitan igual número de sensores, para captar la variable a controlar de cada lazo, lo cual implica un costo mayor. Los controladores Feedforward, se aplican cuando podemos medir una perturbación dentro del sistema a fin de subsanarla y que la variable de interés no se vea afectada, pero para aplicarlo al igual que en el caso anterior se necesita otro sensor adicional al de la variable de interés. El costo de la aplicación de estos dos tipos de controladores está justificado cuando el proceso en general se ve mayoritariamente afectado por un pequeño cambio en la variable a controlar.

Los controladores SMC, MPC, GPC, LQR y DSMC, forman parte de una serie de controladores denominados robustos o modernos, los cuales si bien tiene una respuesta muy eficiente en varios entornos e incluso no solo funcionan en un rango alrededor el punto de equilibrio como los PID, Cascada y Feedforward; implican una carga computacional muy alta, se basan en modelos complejos, además de que sintonizarlos es una tarea muy extenuante; por lo cual a nivel industrial son muy poco usados e incluso algunos aún solo se siguen manejando de forma académica.

II. DESARROLLO

El presente desarrollo, toma en cuenta el aspecto de diseño de control, el diseño electrónico y el diagrama de flujo de funcionamiento requerido para el control sistema, como punto de partida se ocupó el equipo ya existente en un laboratorio de Ingeniería Mecánica, que posee un quemador a gas de marca Weishaupt y un horno de crisol

El horno de la figura 2, funcionaba de manera manual y requería de un tiempo considerable de espera para que se enfrié el quemador y apagar el sistema. Esto producía pérdida de tiempo para el operario y un uso ineficiente del equipo ya que no se conocía la temperatura del horno. Por tanto, se presentó la necesidad de incorporar un sistema de control automático para el encendido y apagado. Además, era indispensable visualizar la temperatura en el proceso. La figura 2 presenta el horno a intervenir, junto con sus componentes.



Fig. 2 Esquema de los componentes del horno crisol

A falta de un sensor de temperatura y de una interfaz hombre máquina, se incorporó dos termocuplas tipo K, para la medición de este parámetro en un rango entre 21°- 750°C, cuyo valor superior corresponde a un punto

por sobre la temperatura de fusión del aluminio (660°). Además, se implementó una pantalla LOGO TDE para la monitorización del proceso y se le proporcionó una señal digital para su control, con el empleo de un PLC LOGO de marca SIEMENS.

A. Diseño de Sistema de control

Se propone realizar un sistema de control ON/OFF porque el proceso de fundición con quemador a gas no necesita rapidez en la etapa de calentamiento. Se necesita mantener la temperatura del horno en la etapa de permanencia, donde se produce el cambio de estado del aluminio de sólido a líquido. En la figura 3. se muestra un diagrama de bloques del control lazo cerrado del proceso de fundición.

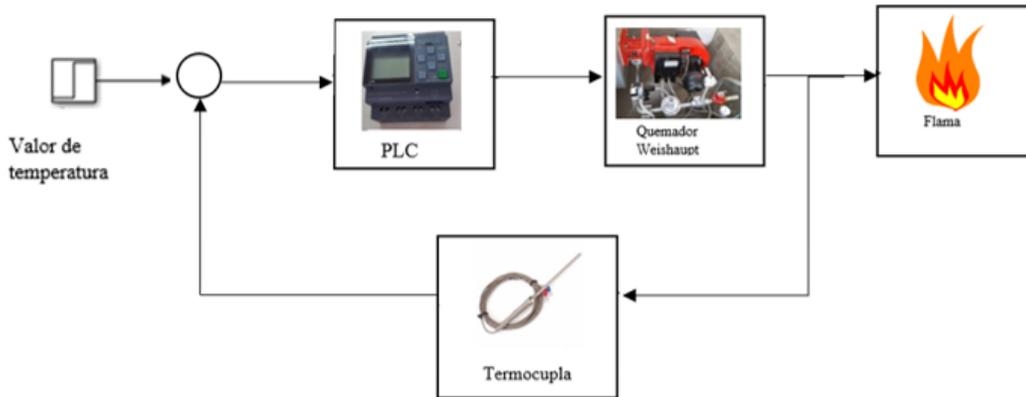


Fig. 3 Diagrama del sistema de control propuesto.

B. Diseño Electrónico

El diseño electrónico de control se utilizó un PLC LOGO, pantalla Logo LTDE, módulo de adquisición analógico, fuente de alimentación LOGO, termocupas tipo K y 2 botones de accionamiento.

En el módulo analógico se utilizaron las direcciones: IW0.0, IW1.1, en el PLC LOGO se utilizarán las salidas: Q0.0, Q0.1, Q0.2, Q0.3 y las entradas I0, I0.1. En la figura 4 se presenta el diagrama eléctrico de conexión donde intervienen todos los componentes.

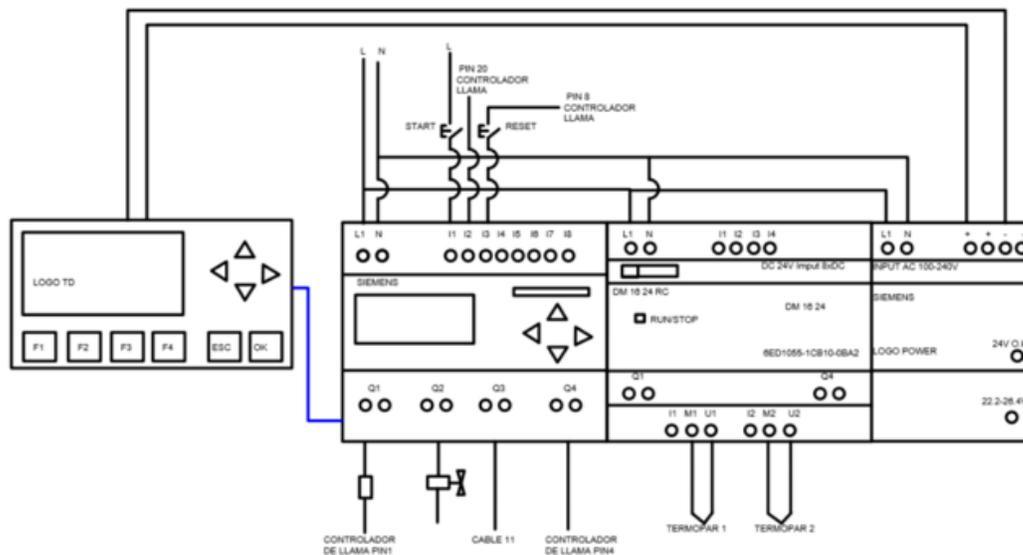


Fig. 4 Diagrama eléctrico de control

La termocupla tipo K al ser expuesta al calor del horno de crisol, presentará una variación de voltaje en el orden de los microvoltios, que no puede ser registrada por el controlador de manera directa por esta razón, se acondiciona la señal de la termocupla aumentando la ganancia de la salida en 1000% y obtener un valor de voltaje en el orden de los milivoltios.

En la figura 5. se muestra el diseño del circuito de acondicionador de la señal obtenida por la termocupla.

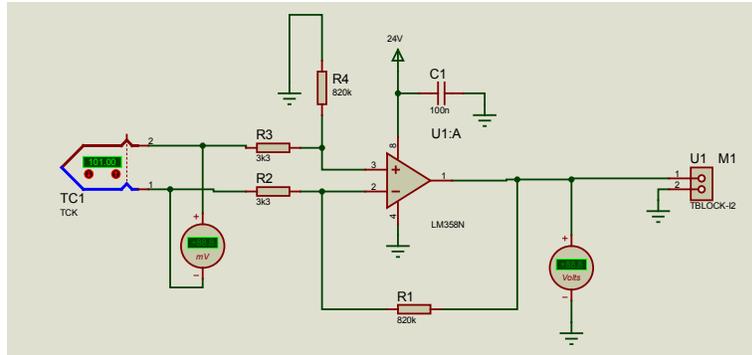


Fig. 5 Simulación del circuito de acondicionamiento.

C. Diagrama de flujo del sistema de control propuesto

El proceso inicia cuando el usuario ingresa el valor de temperatura llamado consigna, posteriormente esta señal pasa a un controlador lógico programable el cual activa al quemador y produce una llama la cual incrementará la temperatura del horno para fundir el aluminio, las dos termocuplas ubicadas en el horno van a medir la temperatura. Este dato es comparado con el valor de consigna ingresado por el usuario, de esta manera se obtiene el error que será entregado al controlador para realizar la activación o desactivación de los actuadores. En la siguiente figura 6. se muestra diseño del algoritmo en diagrama de flujo a ser implementado.

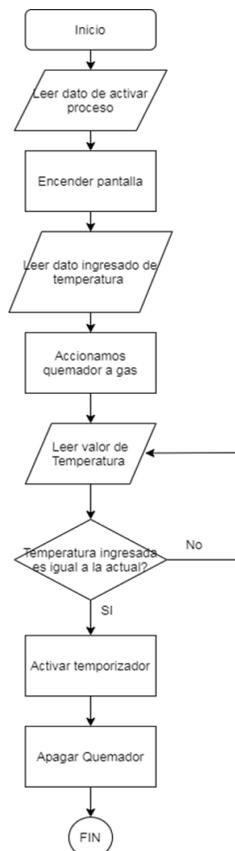


Fig. 6. Algoritmo de funcionamiento

III.METODOLOGÍA

Primeramente se realizó una caracterización de laboratorio de mecánica identificando todos los componentes como se muestra en la figura 7, después se analizó el sistema de control a implementar, se seleccionó el equipamiento que cumpla con las necesidades.



Fig. 7. Laboratorio de fundición, Ingeniería Mecánica.

En la siguiente etapa se diseñó el circuito eléctrico de control utilizando el paquete informático Proteus y se realizó la programación del PLC LOGO en el software LOGO Soft Comfort V8. Para finalmente implementar el circuito de control como se muestra en la figura 8.

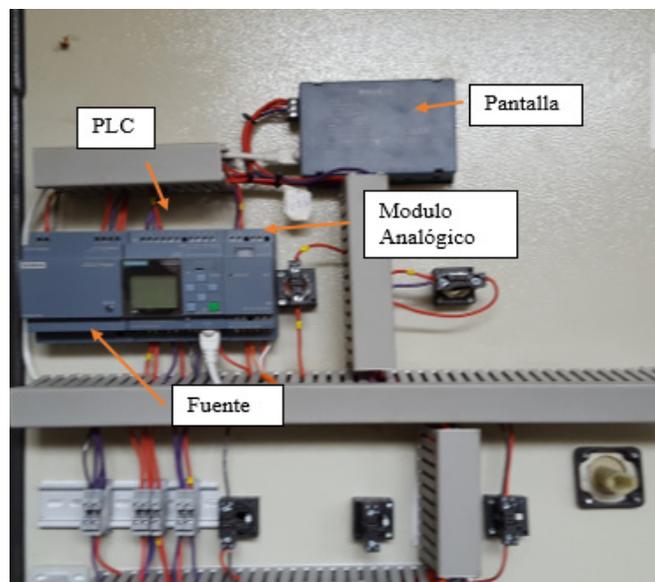


Fig. 8. Laboratorio de fundición, Ingeniería Mecánica.

IV.RESULTADOS

Una vez realizada la programación del PLC e la implementación del diseño electrónico se visualiza en la figura 9, la pantalla principal del sistema HMI donde el usuario ingresa el valor de temperatura deseada en grados centígrados. La temperatura se setea en un rango de 201° hasta 1000°C. Para incrementar la temperatura se debe presionar la tecla ESC y la flecha de la derecha, para disminuir la temperatura se debe presión la tecla ESC y la flecha de abajo y para iniciar el proceso de fundición se debe presionar la tecla F1.



Fig. 9. Monitoreo de temperatura en tiempo real

Después de iniciar el proceso de fundición, la temperatura del horno se incrementará hasta el valor establecido. En la figura 10. se muestra la pantalla de monitorización donde se indican los valores en barras de la temperatura en tiempo real obtenida por la termocupla, si se desea detener el proceso se debe presionar la tecla F2.

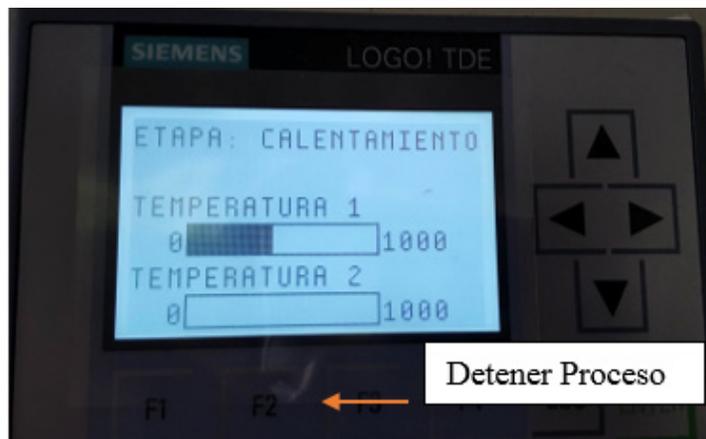


Fig. 10 Monitoreo de temperatura en tiempo real

Si en el proceso de fundición existiera alguna falla en los actuadores o sensores, el controlador detendrá el proceso y se visualizará en la pantalla “error de conexiones” como se muestra en la figura 11, lo que indica al usuario que debe revisar las conexiones.

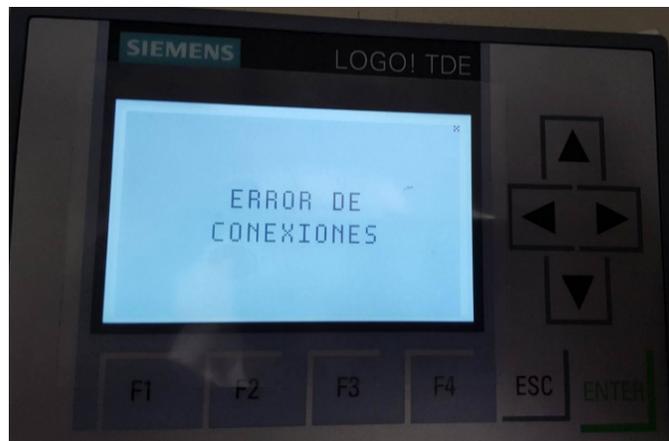


Fig. 11 Alarma por error en conexiones

Después de finalizar la implementación del sistema de control se fundió el aluminio a una temperatura de 750°C en 1 hora 05 min, además, el horno descendió a 200°C para su apagado automático del quemador en un tiempo de 3 horas 30 min. Se observó que el color de llama producida por la mezcla es azul, en la figura 12 se muestra la gráfica temperatura del horno vs tiempo de la prueba realizada.

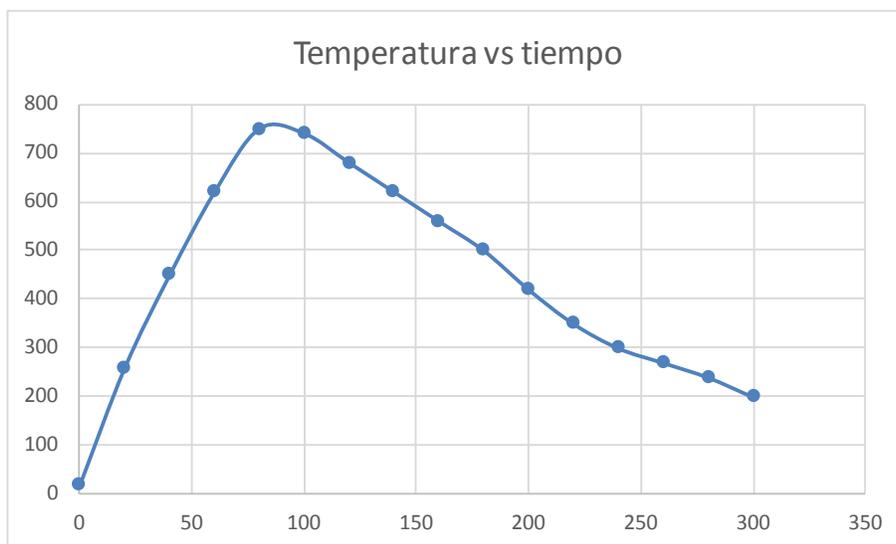


Figura 12.. temperatura vs tiempo

Posterior a las pruebas de funcionamiento se muestra en la figura 13. el horno del laboratorio de Mecánica fundiendo aluminio correctamente.



Fig. 13 temperatura vs tiempo

V.CONCLUSIONES

- La implementación del sistema automático fue exitosa debido a que controló el accionamiento y desactivación del quemador a gas en función a la temperatura seteada por el usuario, lo que conlleva un mejor uso del proceso.
- Gracias al circuito de acondicionamiento implementado para la obtención de los valores de las termocuplas tipo K se pudo realizar la programación para el control del sistema y permitió visualizar en la pantalla LOGO el valor de la temperatura del horno.
- La implementación del sistema de control y la interfaz hombre maquina permitió que el operario del horno monitoree de manera más eficiente y amigable los valores de temperatura.
- En la etapa enfriamiento del horno el operario debía esperar que la temperatura desciende a 200°C. para apagar el quemador a gas, con la implementación del control automático se independizó al usuario de estar pendiente del proceso.

VI. APÉNDICE

Los apéndices, si son necesarios, aparecen antes del reconocimiento.

VII. RECONOCIMIENTO

Use el título singular aun cuando usted tiene muchos reconocimientos. Evite las expresiones como “Uno de nosotros (S.B.A.) gustaría agradecer...” En cambio, escriba “F. A. agradecimientos del autor...” reconocimientos a patrocinador y de apoyo financieros se ponen en la nota a pie de página de la primera página sin numerar.

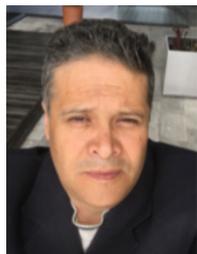
REFERENCIAS

- [1] M. Jami, E. Suntaxi, C. Torres., “Diseño y construcción de un horno crisol para fundición de aluminio con una capacidad de 15 kg/h a una temperatura de 800 °C utilizando GLP,” Quito: Universidad Politécnica Salesiana, 2014.
- [2] V. Rodas., “Diseño e Implementación de un Sistema de Control Automático para seis hornos. Quito: Escuela Politécnica Nacional”, 2015.
- [3] G. Earnshaw., (2008), Química de los elementos (Chemistry of the Elements). [Online], Available: <http://www.lenntech.es/periodica/elementos/al.htm>.
- [4] G. Nabertherm., (2016). Fundición. Obtenido de Conceptos alternativos de hornos de fundición. [Online], Available: http://www.nabertherm.es/produkte/details/es/giesserei_schmelz-und-warmhalteofen.
- [5] Catálogo, S/N, Weishaupt., Producto: Instalacion sobre quemadores compactos, España.
- [6] D. Bedoya, “Diseño de un contrastador de temperatura para termómetros de termocuplas tipo K,” Pontifice Universidad Católica del Perú, 2014.
- [7] P. González y R. Noriega, “Diseño e Implementación de un Módulo Didáctico para Control de Nivel, Temperatura y Caudal mediante la red de Comunicación de Campo DeviceNet”, Sangolquí, Ecuador, may 2012.
- [8] A. Creus, Instrumentación industrial, 8a ed. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., 2011.
- [9] C. Smith, A. Corripio, Principles and Practice of Automatic Control, 3a ed. Estados Unidos de América, New York: Wiley, 2005.
- [10] D. Seborg, D. Mellichamp, T. Edgar, F. Doyle, Process Dynamics and Control, 4a ed. Estados Unidos de América: Wiley, 2016.
- [11] J. Tapia, A. Rodas, O. Camacho., “Comparación de dos enfoques para la enseñanza en Control de Procesos: Simulación versus Implementación,” Revista Risti, vol. 23, pp. 206-219, 2019.
- [12] N.D. Tapia., (2014). Transferencia de calor, [Online], Available <http://www.monografias.com/trabajos15/transf-calor/transf-calor.shtml>

RESUMEN CURRICULAR



Josué Quiroga, Ingeniero electrónico de la Escuela Politécnica del Ejército, apasionado por la investigación y desarrollo de equipos especiales, con amplia experiencia en las áreas de telecomunicaciones e inmótica, asesor de la empresa Electronic Solutions & Services.



Alfredo Coba, Ingeniero electrónico de la Escuela Politécnica del Ejército, apasionado por la investigación y desarrollo de equipos especiales, con amplia experiencia en las áreas de telecomunicaciones e inmótica, asesor de la empresa Electronic Solutions & Services.



Evelyn Flores, Estudiante de Ingeniería en Redes y Telecomunicaciones de la Universidad de las Américas, especialista en optimización de sistemas neumáticos y diseño e instalación de redes de aire comprimido a nivel industrial. Quito Ecuador



Jeysson Tapia, Ingeniero en Electrónica y Control de la Escuela Politécnica Nacional, apasionado por la tecnología, la automatización y más aún por la instrumentación biomédica, con experiencia en instrumentación, control y manejo de sensores. Quito – Ecuador.

Contraste de la frecuencia de salida del hogar ante la pandemia por COVID-19

Egas Andrea¹, Santander Carmen Elena², Salazar Marcelo³ y Grijalva Alejandro⁴
{andrea.egas.lopez¹, carmen.santander², marcelo.salazar.roldan³, alejandro.grijalva⁴}@udla.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-2472-9958>¹, <https://orcid.org/0000-0002-5001-3817>²,
<https://orcid.org/0000-0003-3673-1326>³, <https://orcid.org/0000-0001-8447-9802>⁴
Universidad de las Américas

Quito-Ecuador

Recibido (13/07/20), Aceptado (28/07/20)

Resumen: En el siguiente estudio se evalúa un panorama con respecto al comportamiento sociológico en un preámbulo tanto antes durante y después de esta crisis social que se está viviendo debido a la pandemia de hoy en día. Por ello para sustentar dicha investigación se realizó un censo en el cuál, mediante el uso de herramientas estadísticas, se pudo realizar una comparación entre un antes y un durante de la pandemia, lo cual facilitaría intrínsecamente a la predicción de una denominada post pandemia. En este texto se pretende detallar el proceso y forma de la encuesta, al igual que los resultados obtenidos de la misma. Se proveen, además, posibles explicaciones para estos resultados, guiándose por las restricciones de salud nacionales como posibles razones para el cambio de comportamiento actual.

Palabras Clave: Coronavirus, Pandemia, Frecuencia de salida.

Contrast of the frequency of departure from the home in the face of the COVID-19 pandemic

Abstract: The following study contrasts the social behavior before, during and after the forced social isolation due to the pandemic. With the use of statistical tools, a census was made to compare the habits of a population and their changes, with the objective of identifying patterns for a prediction of future events after the health crisis. This text details the methodology, process, and results of the census and several possible explanations to these outcomes, considering the national health measures and regulations as reasons to the change in social behavior.

Keywords: Coronavirus, Pandemic, Output frequency.



I. INTRODUCCIÓN

Actualmente estamos pasando por una pandemia la cual ha afectado a todo el mundo. Esta enfermedad logró fragilizar la mayoría de los países en el mundo en todo sentido, ya que las personas hoy en día tienen un comportamiento diferente cuando tienen contacto con la sociedad. Para poder regresar a la normalidad, primero se tendrá que encontrar la cura a este virus mortal, lo importante es que las personas se queden en casa para tratar de evitar el contagio. Esta cuarenta que hemos pasado, nos ha llevado a buscar nuevas formas de vivir, como, por ejemplo: jugar en familia, arreglar cosas que siempre postergamos, hacer ejercicio, ha unido a familias que estaban separadas y con todo esto llegar a tener una buena convivencia. Nuestro estudio tiene el objetivo de ver cómo la gente ha cambiado sus hábitos antes y después de la pandemia, ya que hoy en día la gente ya respeta las filas, el espacio personal, más cuidados higiénicos, en fin, existe mucha más educación que antes. Toda acción conlleva a una reacción, esto hace lógico que la situación actual de salud este condicionada a posibles irregularidades en la conservación del ambiente, en la forma de alimentación, en las condiciones de vida, entre otras.

Para empezar, podemos ver muchos cambios en el comportamiento general de las personas; no solo entre familia, sino también en todo tipo de relación social. Una de las ventajas que existe en esta pandemia es que la tecnología ha ayudado a estar en contacto con nuestros seres queridos, las visitas que eran frecuentes se han cambiado a llamadas virtuales; no solo hablando de la familia sino también de esas amistades que uno está acostumbrado a ver todos los días. Esta situación ayudó a que uno se pueda dar cuenta de las verdaderas amistades que uno tiene.

Por otro lado, hay personas que tuvieron varios problemas al quedarse dentro de casa con los miembros de su familia ya que estos no están acostumbrados a tener una convivencia frecuente con los mismos, como por ejemplo aprender a hacer los quehaceres de la casa, ayudar a cocinar, que cada uno ordene como debe su cuarto, entre otros quehaceres que una persona no lo hacía antes.

Se evaluó la confiabilidad de este estudio mediante el Alfa de Cronbach, la cual obtuvo un índice del 0.88, garantizando la certeza de las preguntas y sus resultados.

Este artículo está compuesto por cinco secciones, introducción que es la primera, la que nos describe el problema a tratar. Desarrollo, donde se detallan los aspectos teóricos y argumentos que sustentan nuestra investigación. Se describe la metodología utilizada para el estudio y la obtención de los datos necesarios. Por último, se muestran los resultados del análisis de datos y las conclusiones que estos generan.

II. DESARROLLO

Se puede observar claramente que ningún país en el mundo está preparado para este tipo de amenazas lo afirma Stefanoni [1]. Al hablar de la terminología pandemia, se hace referencia a una enfermedad de carácter epidemiológico el cual, posee la facultad de extenderse alrededor de la mayoría de las naciones del globo terráqueo, es decir, afecta a sus individuos de forma directa [4]. Esto puede tener una repercusión en términos exponenciales en las interacciones humanas, debido a que genera una amenaza tanto económica como física. Esta emergencia médica orilló a la humanidad a modificar las costumbres y tradiciones de la convivencia cotidiana, ya que el contacto físico entre individuos incrementa la probabilidad de contagio entre las personas como una cadena o red de distribución epidemiológica. Por ello, se debe precautelar la integridad de la sociedad mediante el confinamiento de las personas y limitarse a realizar actividades exteriores en lo mayor posible. De esta manera se logrará vencer o por lo menos encapsular esta tragedia mundial lo cual afecta a cada una de las naciones como a las personas tanto física, económica como socialmente.

Existen diferentes teorías con respecto a la creación como también de la propagación de este virus, las cuales aún no se pueden validar en su totalidad. Lo que se puede afirmar hasta la actualidad es su presunta propagación, la cual se estima que se efectuó a finales del año 2019 en la República China específicamente en la ciudad de Wuhan. La notificación de este virus se realizó el día 31 de diciembre del 2019 por medio de la Organización Mundial De la Salud (OMS), el cuál fue llamado genéricamente como COVID-19 por su caracterización científica como “CoV” y el año de su presunta aparición. El COVID-19 o mejor conocido como “Coronavirus” hace referencia a una extensa familia de virus los cuáles tienen una amplia gama de afecciones empezando desde un resfriado hasta caracteres más complejos que provocan la muerte de los individuos contagiados. Por ello su detección tiene un gran nivel de dificultad debido a que según su cepa puede generar diferentes tipos de reacciones de carácter respiratorio. Es decir, al hablar de las cepas básicamente se hace referencia al tipo de síndrome o afección por síntomas que el paciente muestra. Existen dos tipos de cepas hasta la actualidad y cada una de ellas tiene sus subdivisiones. Una de ellas es el “MERS-CoV” el cuál se sitúa generalmente en Oriente medio por otro lado nos encontramos con otra cepa la cuál

es denominada como “SRAS-Cov” cuya situación tiene una dimensión más amplia alrededor de las naciones [2].

Con esta nueva normalidad debemos regirnos a grandes cambios, cada país tuvo su manera de enfrentar esta situación con rigurosas medidas de prevención a las que todos los ciudadanos tuvimos que adaptarnos y con esto lograr reducir la tasa de contagios. Lo que se analizó fue la frecuencia con la cual las personas salían de sus casas y sus motivos para ello. Las preguntas de nuestra investigación que nos generaron mayor interés fueron:

- Centros comerciales: Son lugares bastante concurridos por su variedad de tiendas y la utilidad que estas presentan al público además del ocio.

- Hospitales: Lugar que utilizamos para curar cualquier enfermedad o recibir una asistencia médica por alguna emergencia

- Visita a familia: Es bastante común que una familia no viva en un mismo hogar, lo cual hace que el visitar a un familiar, amigo o ser querido sea una actividad bastante frecuente y una razón común para salir de casa.

- Gimnasio: Establecimiento el cual nos facilita el entrenamiento y bienestar de nuestra salud, fomentando las conglomeraciones de gente y el contacto físico.

- Viajar a otras ciudades o países: La frecuencia con la que uno sale del país o ciudad, puede verse altamente afectada por las restricciones del país o ciudad de destino.

- Nivel de protección: Impedimento de que el virus se propague con mayor facilidad.

Los puntos desarrollados anteriormente fueron en los que se basaron las preguntas del estudio, pues se consideran lugares de mucha concurrencia que aumentan la frecuencia con la que la gente decide salir de casa. En la actualidad, salir de casa puede ser considerado hasta una necesidad, para trabajar, socializar, comprar, reabastecerse, estudiar, entre otros.

María Báguena [3] afirma que a lo largo de la historia han existido varias pandemias por diversas enfermedades como: la peste negra, la gripe española, la colera, peste bubónica, u otras; en estas pandemias pasadas, la información de la gente era bastante limitado por lo cual primaba el miedo y descontrol social. Ahora es mucho más sencillo comunicar a la gente las medidas correctas de prevención, teniendo como la más importante el distanciamiento social. Por lo cual se entiende que debería haber una disminución en la frecuencia con la que salía la gente y sus hábitos sociales.

III.METODOLOGÍA

En este estudio, se utilizó como metodología una encuesta de veintisiete preguntas que tenían un rango de respuesta del uno al cinco, siendo uno muy poco frecuente y cinco con mucha frecuencia. La encuesta pretendía ver la diferencia entre los hábitos actuales en contraste con los hábitos antes de la pandemia, por lo cual las veintisiete preguntas se dividen en catorce preguntas para el antes y trece preguntas para el después. Esto se lo realizó y tabuló de forma virtual mediante la aplicación de Google Forms.

La encuesta estuvo dirigida 20-60 años y todos de nacionalidad ecuatoriana que están bajo las mismas restricciones gubernamentales.

La forma de validación de las preguntas en la encuesta fue mediante el coeficiente del alfa de Cronbach; obteniendo un valor de 0.88, lo cual indica que las preguntas son estadísticamente validas y sus resultados son certeros. La siguiente formula pertenece al coeficiente de evaluación utilizado:

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^K \sigma^2_{Yi}}{\sigma^2_X} \right) \quad (1)$$

IV.RESULTADOS

Del estudio realizado se pudieron obtener los siguientes resultados:

Tabla I. Frecuencia de salida y su motivo

Preguntas	Respuesta promedio	
	ANTES	DESPUES
Al supermercado	3	2
Centros Comerciales	4	1
Hospitales	2	1
Visita a la familia	4	1
Ir a un lugar de entretenimiento	3	1
Lugar de belleza	3	2
Gimnasio	3	1
Parque	3	1
Deporte al aire libre	3	2
Viajar a otra ciudad o país	3	2
Salida de miembros del hogar	4	2
Nivel de protección	3	4
Farmacias	3	2

La Tabla I muestra las respuestas promedio de cada pregunta clasificándolas en su antes de la pandemia y su después para una sencilla comparación visual. La información de la tabla se interpreta de la siguiente manera: el texto del lado derecho indica un lugar a la que una persona puede salir y el número en su fila indica su frecuencia, evaluada del 1 al 5, de salir de casa por dicha razón antes y después de las medidas sanitarias de la pandemia. Cabe destacar dos excepciones: el enunciado de 'Nivel de protección' referencia a el cuidado y protección personal que una persona usaba al salir de casa, evaluada del 1 al 5; 'Salida de miembros del hogar' indica la frecuencia con la que los miembros del hogar salen de casa.

Como se puede observar, la respuesta promedio correspondiente al tiempo del antes de la pandemia, lleva números mayores a los que corresponden al tiempo de después de la pandemia por coronavirus. Esto quiere decir, que antes la gente tenía una mayor frecuencia al salir por los motivos mencionados en la Tabla I. Los resultados son bastante lógicos, pues antes de la emergencia sanitaria no había restricción alguna para la interacción social. El hecho de que después de la pandemia se instalasen restricciones gubernamentales, limitados horarios de salida, la necesidad de salvoconductos para salir, entre otras prohibiciones y controles limita de forma radical el comportamiento humano, lo que explica perfectamente los resultados obtenidos y su disminución notable en la frecuencia promedio de salida.

Cabe recalcar, que la única pregunta que aumento su índice del antes al después es la del nivel de protección. En esta pregunta se consultaba acerca del nivel de protección personal que uno utilizaba al momento de salir. Esta pregunta era la única cuyo valor de frecuencia se esperaba que aumentara, pues es bastante lógico que la gente en pandemia tenga una mayor preocupación por su protección e higiene al momento de salir. Esto a consecuencia de toda la información que se ha dado a la población acerca de la importancia y obligación del cuidado personal para evitar ser un punto de contagio.

V.CONCLUSIONES

La vida en general tanto nacional como internacional ha dado una vuelta de 360 grados, al cambiar las costumbres que se tenían. El uso de mascarilla como así también la restricción de movilidad son dos de los aspectos más importantes a los cuáles se ha expuesta la sociedad. Dicho esto, se subdividen diferentes restricciones a las cuales nos exponemos hoy en día lo que hablando en términos se está convirtiendo en una necesidad.

Como se mencionó anteriormente con los resultados obtenidos gracias a la aplicación de la estadística podemos identificar puntos críticos e importantes en este análisis, se ha podido comprobar que existe una disminución total con las actividades habituales las que se tenían antes de la pandemia. Sin embargo, al analizar minuciosamente los resultados en la gráfica podemos ver que existe una anomalía ideológica con respecto al flujo de personas hacia farmacias. Ya que se supone y se asume que la mayoría de las personas, evitan acudir a sitios de alta probabilidad

de consumo masivo, lo cual, nos dirigiría tanto a hospitales como farmacias. Sin embargo, al parecer las personas constantemente están acudiendo por ello.

Otro parámetro el cuál es muy relevante estudiarlo y se relaciona directamente con lo anteriormente expuesto y generaría una justificación. Es el uso e implementación de protección personal para combatir esta pandemia. Por ello, asumimos que existe flujo de personas en farmacias debido al constante abastecimiento de estos insumos.

Al hablar de la constante importancia que se está dando por la sociedad, se puede asumir y dictaminar una hipótesis, de que se va a generar un cambio de ideología en temas tanto de limpieza como salubridad en los seres humanos. Lo cual, nos daría un indicador que se va a modificar positivamente las culturas y tradiciones de nuestro país con respecto al aseo e higiene en las personas.

Nuestra sociedad está teniendo un cambio radical positivamente ya que se va a valorar y respetar más el entorno en el que se convive para que se pueda prevenir cualquier tipo de desastre en la humanidad.

REFERENCIAS

- [1] P. Byass, «Eco-epidemiological assessment of the COVID-19 epidemic in China, January-February 2020,» Web Of Science, vol. 13, n° 1, 2020.
- [2] P. Stefanoni, «Brasil: pandemia, guerra cultural y precariedad,» Nueva Sociedad, pp. 49-59, 2020.
- [3] M. J. Báguena Cervellera, «La pandemia de COVID-19 a la luz de la historia de la medicina,» Investigación y Ciencia, 2020.
- [4] A. Levy, «La pandemia de COVID-19 podría ayudar a resolver una gran incógnita climática,» Investigación y Ciencia, 2020.
- [5] T. Marcel Ariel, «Relaciones en tiempos de pandemia: COVID-19 y bienestar animal, ambiental y humano,» Revista Facultad Nacional De Agronomía Medellín, vol. 2, 2020.
- [6] F. Manrique-Abril, «Modelo SIR de la pandemia de Covid-19 en Colombia/SIR model of the COVID-19 pandemic in Colombia,» Revista De Salud Pública, vol. 22, pp. 1-6, 2020.
- [7] D. Arango-Londoño, «Predicciones de un modelo SEIR para casos de COVID-19 en Cali, Colombia/Predictions of a SEIR model for COVID-19 cases in Cali-Colombia,» Revista De Salud Pública, vol. 22, n° 2, pp. 1-9, 2020.
- [8] J. Gonzales-Castillo, «Pandemia de la COVID-19 y las Políticas de Salud Pública en el Perú: marzo-mayo 2020/ COVID-19 pandemic and Public Health Policies in Peru: March-May 2020,» Revista De Salud Pública, vol. 22, n° 2, pp. 1-9, 2020.
- [9] A. Valenzuela-Cazés y L. Becerra-Ostos, «Práctica clínica, ámbito laboral y riesgos de la fisioterapia ante el COVID-19/Clinical practice, work and risks of physical therapy in the face of COVID-19,» Revista De Salud Pública, vol. 22, n° 2, pp. 1-4, 2020.
- [10] P. Montes-Alarcón y A. Campo-Arias, «Los médicos generales y la salud mental en la pandemia por COVID-19,» Duazary, vol. 17, n° 3, pp. 4-6, 2020.

RESUMEN CURRICULAR



Marcelo Nicolás Salazar Roldán, ecuatoriano nacido el 03 de diciembre de 1999, en la ciudad de Quito – Ecuador. Actualmente se encuentra desempeñando sus labores profesionales en el área de producción en la empresa Dimabru Cia. Ltda. Estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad de las Américas. Entre sus principios están el respeto, transparencia, empatía y puntualidad



Carmen Santander, Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad de las Américas. Nacida el 29 de febrero del año 2000 en Quito, Ecuador. Le gustan muchos deportes y esto le ayuda a la concentración para su carrera, se considera una persona sincera ya que siempre habla con la verdad



Andrea Micaela Egas López, Estudiante de Ingeniería Industrial de la Universidad de las Américas. Nacida el 7 de marzo del año 2000 en Quito, Ecuador. Le gusta realizar deporte con su familia, y también realizar manualidades que sean de concentración



Alejandro Sebastián Grijalva Mora, estudiante de Ingeniería Industrial en la Universidad de las Américas. Nacido el 5 mayo del año 2000 en Quito, Ecuador. Aficionado por las ciencias exactas como las matemáticas y la física

Desinfección mediante el uso de luz UV-C germicida en diferentes medios como estrategia preventiva ante la COVID-19

Correa Melissa¹, Mera Sabrina², Guacho Fabián³, Villarreal Elio⁴, Valencia Sebastián⁵

melissa.correa.osorio@gmail.com¹, sabrymera@hotmail.com², marguscasti@gmail.com³, criomed2015@gmail.com⁴, sebasvalen90@gmail.com⁵

<https://orcid.org/0000-0002-1022-2833>¹, <https://orcid.org/0000-0002-5173-1490>²,

<https://orcid.org/0000-0001-6700-3546>³, <https://orcid.org/0000-0001-5789-8366>⁴,

<https://orcid.org/0000-0002-1508-2542>⁵

¹Universidad de las Américas, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Ingeniería en Biotecnología.

²Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química.

³FG Asesoría&Servicios, Ingeniería, Calidad, Seguridad y Ambiente

⁴Empresa CRIOEVA S.A.

⁵Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Ingeniería Mecánica

Quito-Ecuador

Recibido (13/07/20), Aceptado (28/07/20)

Resumen: En este trabajo se presentan criterios que permiten estimar parámetros de desinfección mediante el uso de luz ultravioleta UV-C de onda corta, en agua, aire y superficies. Se indican métodos para evaluar la dosificación en función de la potencia de la lámpara empleada. Este tipo de estrategia permiten resultados de hasta 99.9% de desinfección, inactivando diferentes tipos de microorganismos. Estas referencias sirven de base para el diseño de dispositivos de utilidad en la presente emergencia por COVID-19, cuyo origen, al ser viral, es susceptible al mismo método de desinfección debido al proceso de dimerización del ADN, donde el daño producido en la estructura celular, afecta la capacidad de reproducción y de funcionalidad.

Palabras Clave: Luz UV-C o germicida, desinfección UV, dimerización del ADN.

Disinfection through the use of germicidal UV-C light in different media as a preventive strategy against COVID-19

Abstract: In this work, criteria are presented that allow the estimation of disinfection parameters through the use of short wave UV-C light, in water, air and surfaces. Methods to evaluate the dosage as a function of the lamp power used are presented. This type of strategy allows results of up to 99.9% disinfection, inactivating different types of microorganisms. These references serve as a basis for the design of devices useful in the present emergency by COVID-19, whose origin, being viral, is susceptible to the same method of disinfection due to the process of DNA dimerization, where the damage produced in the cellular structure, affects the capacity of reproduction and functionality.

Keywords: UV-C or germicidal light, disinfection with UV light, dimerization of ADN.



I. INTRODUCCIÓN

La luz UV-C germicida (GUV) es altamente eficiente para evitar el crecimiento microbiano y logra la desinfección de la gran mayoría de superficies. La radiación UV-C en su rango de longitud de onda corta de 250 ± 10 nanómetros (nm), es letal para bacterias, virus, protozoos, hongos, levaduras y algas [1]. El efecto de la UV-C implica daño sobre la estructura de ADN de cualquier microorganismo que este en un rango aproximado, por lo tanto, la distancia de la luz germicida es un factor clave para garantizar la inactivación microbiana [2]. La efectividad de la luz UV-C varía según la superficie en que se trabaje, se debe considerar diferente longitud de onda para agua, aire y superficies [3]. En cuanto a las superficies, se debe tomar en cuenta el material con que está elaborada el área, según este dato el tiempo de radiación puede aumentar o disminuir ± 5 minutos [4].

La efectividad germicida es proporcional a la dosis de exposición, la cual esta expresada en milijulios por centímetro cuadrado (mJ/cm^2). Es el producto de la tasa de dosis (irradiancia, miliwatts por centímetro cuadrado mW/cm^2 o wats por metro cuadrado W/m^2) y tiempo (de 1 microsegundos a varias horas) [5]. Existe una relación no lineal entre la exposición a los rayos UV-C y la eficacia germicida. Es decir, si una determinada exposición a los rayos UV inactiva al menos el 90% de una población bacteriana, duplicar el tiempo o la intensidad de la exposición puede inactivar el 90% del 10% de microorganismos restantes, para una eficacia germicida general del 99% [6]. Del mismo modo, una disminución del 50% en la dosis o el tiempo de exposición disminuyen la eficacia germicida solo del 99% al 90% [5, 6]. La humedad puede reducir la efectividad de la radiación UV germicida. Existe una dosis de referencia para lograr una supervivencia del 37%. Sin embargo, en la práctica, una dosis de GUV de interés es de 3 o 4 muertes por log, que corresponde a una inactivación del 99.9% o 99.99%, respectivamente [7].

A. Desinfección en medios líquidos

Los sistemas empleados para realizar desinfección en medios líquidos, difieren en diseño de los modelos empleados para superficies o aire. La irradiación en el agua se produce dentro de los 15 cm, por lo cual, se requiere niveles de potencia UV más altos. Además, se necesitan lámparas UV con características específicas, como el empaquetamiento y cantidad de lámparas requeridas [8].

La dosis de UV para agua, es diez veces más alta que la requerida para la desinfección del aire, los microorganismos que suelen ser de interés para inactivarse del agua, difieren considerablemente de los que se encuentran en el aire, por lo tanto, solo se debe considerar rangos de UV de referencia cuando el agente microbiano se encuentra tanto en el agua como en el aire o en la superficie [9].

La desinfección en medios líquidos con el método de luz UV-C ha sido aplicada principalmente en el tratamiento de aguas residuales, para su uso como agua potable. Entre las ventajas de esta técnica destaca que es altamente segura y confiable, además de no genera subproductos dañinos o tóxicos [10].

Este tipo de desinfección, al ser una técnica tan implementada en aguas residuales, constantemente se busca estrategias para mejorar su capacidad. Este es el caso de un proceso híbrido entre UV-C y microfiltración con el fin de eliminar diferentes tipos de patógenos. Los resultados recopilados de este estudio, reflejaron que entre el 96-99% de los microorganismos fueron inactivados únicamente por la acción UV-C. Por otra parte, se logró establecer que al implementar una membrana porosa y la luz UV-C, en el proceso de microfiltración favorece notoriamente la eficiencia de la filtración de agua residual [11].

Por otra parte, es importante destacar que el agua, al estar en contacto con algún tipo de superficie también puede representar contaminación microbiana. Por tal motivo, en la figura I se muestra la tasa de radiación UV, tanto para agua como para superficie de algunos de los microorganismos que se encuentran comúnmente.

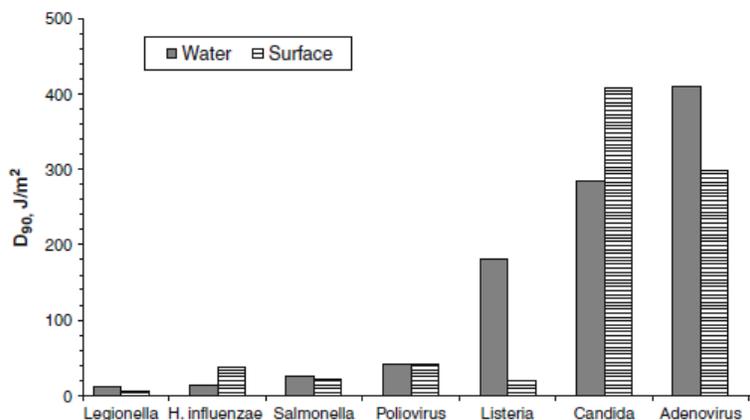


Fig. 1. Susceptibilidad de diferentes tipos de microorganismos

En la figura I se puede notar la dosis de UV en J/m² requerida por diferentes microorganismos tanto en agua como en superficies. Se puede notar como se requiere mayor dosis para el agua que para la superficie. Además, es importante enfatizar que los microorganismos suelen ser más vulnerables en el agua, ya que pueden tener cierto grado de protección inherente. En forma general, la susceptibilidad de los microorganismos a los rayos UV puede ser mayor o menor que en el agua. Sin embargo, se puede usar las constantes de velocidad a base de agua para predecir la desinfección en la superficie [12].

B. Desinfección en superficies

La Organización Panamericana de la salud, indica que las superficies sólidas, al ser uno de los principales focos de infección, estrategias basadas en bioluminiscencia resultan ideales para reducir el riesgo de contagio de cualquier posible microorganismo dañino. Esto se debe a que la intensidad luminosa es proporcional a la cantidad de materia orgánica y de bacterias encontrada en la superficie [13].

Las superficies, sin importar de qué tipo o ambiente procedan, suelen ser una fuente de microbios aerotrasportados, los cuales a menudo son contaminantes de las superficies. Esta característica hace que los microorganismos que están presentes en el aire también lo están en la superficie y se encuentran aún más presentes en la industria alimenticia y de la salud [14].

La desinfección de superficies indica, que los parámetros principales a considerar son la distancia de exposición de la luz a la superficie y el tiempo de fluorescencia. Una distancia menor o igual a ocho pies es una distancia adecuada para un 99.9% de desinfección, considerando un tiempo de funcionamiento de aproximadamente 30 minutos [15]. Cabe destacar que la tasa de inactivación de microorganismos en las superficies, puede tener una ligera variación según el tipo de superficie. Es decir, el efecto de la desinfección en las superficies siempre será potente, sin embargo, el rango puede variar. Este es un campo abierto para la investigación, ya que no se registran datos de este tipo de información [16].

Es común implementar este tipo de estrategias de desinfección en el hogar, entornos públicos y centros médicos. Este es el caso del inodoro inteligente eSOS, cuyo sistema irradia la luz de forma automática para ayudar a la limpieza y eliminación de cualquier tipo de microorganismo que pueda estar presente en el inodoro. El sistema únicamente implementa una luz potente que llega a las áreas necesarias. Los resultados más eficientes se presentaron usando la lámpara a una distancia de 167 cm para la irradiación e implementando una dosis entre 1.88 y 2.74 mW. Estas características reflejaron una limpieza más efectiva y la reducción potencial de riesgos para la salud pública [17].

C. Desinfección de aire

Los patógenos y alérgenos transportados por aire representan una importante amenaza para la salud. El uso de la luz ultravioleta para la desinfección de aire es muy diferente a los datos conocidos para la desinfección del agua. No obstante, los microorganismos presentes en el aire si se relacionan con los de las superficies por la transferencia entre ambientes. Hasta el momento, se conoce que en sistemas con agua existe una atenuación de la radiación UV,

por lo que la dosificación para desinfección requiere niveles 10 veces más altos de lo que se necesita para desinfección del aire. Lo que hace que los parámetros de desinfección de aire, sea experimental y un tema de importante estudio y parametrización para futuras aplicaciones, ya que es difícil estimar la eficiencia de esta técnica en un ambiente no controlado [18-19].

D. Parámetros de desinfección UVC.

Las lámparas de vapor de mercurio de cuarzo de baja presión, producen una luz de longitud de onda de 254nm de alta intensidad, obtenidas al hacer pasar una descarga eléctrica por el vapor de mercurio. Estas lámparas poseen un rango de eficiencia entre 70 – 110 lm/w. Generan en promedio un 31% de su potencia de entrada en potencia útil germicida [20].

Las lámparas más usadas de baja presión de vapor de mercurio, tienen una longitud de onda de 253.7 nm. Por lo tanto, la banda de UV-C es la más apropiada para la eliminación de microbios. La banda de UV de vacío (UV-V), específicamente con una longitud de onda de 185 nm, es apropiada para la producción de ozono (O). Por otra parte, las lámparas de luz ultravioleta y las fluorescentes son similares. Por lo tanto, la luz ultravioleta es producida como resultado del flujo de corriente a través del vapor de mercurio entre los electrodos de la lámpara. Las lámparas de baja presión de mercurio, producen la mayoría de los rayos con longitud de 253.7 nm. Esta longitud es muy próxima a la longitud de 260 a 265 nm, la más eficiente para erradicar microbios [21]. A continuación se describen algunos de los parámetros más relevantes que se deben tomar en cuenta frente esta estrategia de desinfección.

La dosis UV es la cantidad de energía necesaria para inactivar un microorganismo, por la emisión de luz UV-C. El termino dosis se utiliza para describir la capacidad total de energía absorbida por un microorganismo, para eliminar e inhabilitar su reproducción. Por tanto, la dosis es el producto de intensidad de radiación por el tiempo de exposición, y como tal, permite calcular la capacidad de tratamiento ultravioleta de cualquier sistema [22]. La dosis de inactivación para los microorganismos difiere del medio en el que se encuentran, por lo que será un valor distinto si fuese en agua, superficie o aire.

En cuanto a las bacterias y otros tipos de organismos los datos de dosis de inactivación varían, como se indica en la tabla I [3].

TABLA I. dosis de inactivación de diferentes grupos microorganismos

MICROORGANISMO	MÍNIMA RANGO mJ/cm ²	DOSIS 99,9%	MÁXIMA RANGO mJ/cm ²	DOSIS 99,9%
ESPORAS	<6		370	
BACTERIAS	1.5		39	
PROTOZOARIO	<1		132	
VIRUS	5		246	
ALGAS y OTROS	>60		720	

En la tabla I se reflejan los valores aproximados según el grupo de microorganismo con que se esté trabajando.

La intensidad de radiación de la fuente de luz dependerá de su forma geométrica y de la distancia de emisión de las ondas de luz. Es la potencia radiante total (ϕ) desde todas las direcciones incidente, en un elemento de área infinitesimal a una distancia radial (r), desde una fuente puntual en un medio no absorbente. Este parámetro está muy ligado a la potencia de la fuente de luz germicida, sus especificaciones técnicas que en el dispositivo permitan determinar la radiación efectiva que se produce [14].

El mecanismo de desinfección por luz UV-C, se efectúa por una reacción de fotosensibilidad del microorganismo ante la radiación de onda corta, en donde su ADN es afectado, logrando de esta manera la inactivación. La reacción de inactivación ocurre debido a un mecanismo de dimerización del ADN (Figura 2). Los tratamientos con irradiación UV-C, inactivan los microorganismos principalmente debido a la inducción de la formación de dímeros de pirimidina, que alteran las hélices de ADN y los bloques de replicación de las células microbianas, que destruyen la capacidad de reproducción y otras funciones de la célula. El mecanismo de daño biológico es consistente con la absorbancia de la luz ultravioleta por el ADN, que alcanza su máximo en la banda UV-C alrededor de 260

nm. Mientras que la luz en la banda UV de vacío (por debajo de 200 nm) es absorbida por el ADN. Suele ser biológicamente insignificantes debido a su fuerte absorbancia en la atmósfera. La resistencia de los microorganismos a los tratamientos UV-C está determinada principalmente por su habilidad para reparar el ADN dañado [5].

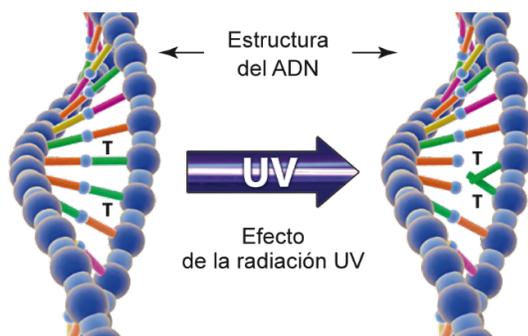


Fig. 2. Dimerización del ADN, como efecto de la incidencia de luz UV-C

Se conoce que la emisión de luz UV-C sobre los organismos vivos dependiendo de su estructura puede atacar el ADN de las células, por lo que se recomienda su uso seguro en objetos o superficies inertes con el objetivo de inactivar de ellos los microorganismos. Según el informe del Comité de Fotobiología del IES en respuesta a la pandemia COVID-19, con respecto a la exposición de humanos a la luz UV-C, se indica que las emisiones de la lámpara UV-C pueden representar un peligro para la seguridad, la salud en el lugar de trabajo, los ojos y la piel, si las lámparas se usan o se instalan de forma incorrecta. Sin embargo, estas lámparas se pueden usar de manera segura, si los trabajadores están informados sobre los peligros y siguen las precauciones apropiadas. El GUUV de la habitación superior se ha utilizado de manera segura para prevenir la transmisión aérea durante al menos 70 años. Se sabe mucho sobre los límites de exposición humana de la irradiación UV (UV-C) de 254 nm. En comparación con los rayos UV-A y UV-B de la luz solar, la capa muerta externa (estrato córneo) y la piel externa (epidermis externa) absorben casi por completo la radiación UV-C, con una penetración muy limitada en las capas celulares más profundas de la piel cuando es nueva [16].

II. DESARROLLO

A. Criterios para evaluación de desinfección

Algunos criterios a tomar en cuenta durante el proceso de desinfección son: Determinación de dosis de inactivación, Determinación de la intensidad de la lámpara, Determinación del tiempo de exposición para desinfección.

En una recopilación sobre estudios de dosis efectivas para inactivar coronavirus, se muestra el valor límite superior aproximadamente de 10,6 mJ/cm² o 106 J/m², para alcanzar un 90% de desinfección. La dosis que se considerará para la eliminación de virus y bacterias serán los rangos máximos y se toma un valor de referencia de 246 mJ/cm² o 2460 J/m², con esta dosis se conseguirán una desinfección del 99,9% por emisión de luz UV-C [16].

Para la determinación de la intensidad de la lámpara se usa la fórmula de irradiación de una fuente de luz, en unidades de potencia (watts) por cm², luego se transforma a unidades de mW/cm² para el uso de las dosificaciones recomendadas (1).

$$I = \frac{P}{A} \quad (1)$$

La ecuación 1 representa la intensidad de irradiación UV de la lámpara en unidades de (w/cm²), P es la potencia de la lámpara UV en unidad de (w), A es el área de irradiación de la fuente de luz, en este caso el área lateral de un cilindro en unidad de superficie (cm²).

La determinación del tiempo de exposición se encuentra representada en (2), donde:

$$\text{Dosis} = \text{Intensidad} \times \text{tiempo} \quad (2)$$

Con esta ecuación podemos determinar el tiempo, en base a la Dosis referencial y la intensidad de la lámpara, de la siguiente manera (3):

$$t = \frac{D}{I} \quad (3)$$

En donde, t es el tiempo de exposición a la luz en unidad de tiempo (s), D es la dosis requerida en unidades (J/m²), I es la intensidad de la lámpara (w/m²). En la ecuación 3 el valor de tiempo (t), es considerando la intensidad de la lámpara en los puntos de emisión de luz directa, en toda el área lateral de la lámpara [17].

III.METODOLOGÍA

En el presente trabajo, se ha realizado una búsqueda bibliográfica exhaustiva, en donde se han considerado datos sobre la dosis requerida para la inactivación de diferentes microorganismos, los cuales pueden estar presentes en agua, aire y superficies. Cada uno de estos datos se tomaron en cuenta en base a un mecanismo de desinfección usando luz UV-C. Además, estos parámetros se razonaron como potencial frente a la pandemia actual de COVID-19.

Esta información fue recopilada a partir de dos libros especializados en desinfección UV, más de 20 artículos científicos e información expuesta por la Organización Panamericana de la salud sobre la luz UV y su impacto como mecanismo de desinfección.

IV.RESULTADOS

Según la información recopilada, la estrategia de desinfección por UV, es sumamente efectiva para erradicar casi hasta el 99,9% de microorganismos y además por el efecto de dimerización que puede ocasionar la dimerización en los virus, estos métodos son una alternativa adecuada frente a la pandemia actual para la desinfección de sistemas sanitarios, áreas públicas e inclusive el aire, aunque este último no cuenta con el suficiente respaldo científico. Por lo tanto esta información hizo evidente como se puede desinfectar de forma casi segura agua y superficies.

V.CONCLUSIONES

La caracterización de parámetros de desinfección de una lámpara germicida dependerá de su potencia y forma geométrica.

El uso adecuado en tiempos y dosis de emisión de luz UV-C depende de los valores referenciales para eliminación del 99.9% de virus y bacterias.

Los tiempos de funcionamiento de las lámparas de mercurio que se calculan en estos documentos son los mínimos requeridos para la emisión de luz directa a la fuente y forma de la lámpara.

Los tiempos de dosis se relacionan con la irradiancia de la fuente la cual depende de la distancia de emisión de luz a la superficie u objeto, y es directamente proporcional a la distancia.

La irradiancia o intensidad de la luz UV-C es inversamente proporcional a la distancia de la superficie reflejada.

La desinfección con luz UV-C es segura solamente para objetos y superficies inertes.

Si se somete al ser humano a la desinfección por luz UV-C respetando su máxima exposición permitida de 60 J/m², no se logrará alcanzar una desinfección de virus y bacterias, por lo que no se recomienda su uso en las personas.

REFERENCIAS

[1]R. Wallace, M. Ouellette and J. Jean, "Effect of UV-C light or hydrogen peroxide wipes on the inactivation of methicillin resistant *Staphylococcus aureus*, *Clostridium difficile* spores and norovirus surrogate", Journal of

Applied Microbiology, vol. 127, no. 2, pp. 586-597, 2019.

[2] J. Vargas, "Efecto de la radiación gamma sobre las características físico - químicas, sensoriales y microbiológicas en paprika en polvo (*Capsicum annum* L.)", Revista ECIPeru, pp. 68-71, 2019.

[3] M. ngeles García, P. Fernández, "Luz ultravioleta e inmunidad", Piel, vol. 21, no. 8, pp. 367-368, 2016.

[4] W. Pachuau, R. Tiwari, "(Invited) Deep Ultraviolet Light Emitting Diodes: Physics, Performance, and Applications", ECS Meeting Abstracts, 2014.

[5] W. Kowalski, Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook, 5th ed. Berlin: Springer Berlin, 2014, pp. 1-13.

[6] W. Kowalski, Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook, 5th ed. Berlin: Springer Berlin, 2014, pp. 17-47.

[7] "Germicidal Ultraviolet (GUV)", Media.ies.org, 2020. [Online]. Available: <https://media.ies.org/docs/standards/IES%20CR-2-20-V1a-20200507.pdf>. [Accessed: 16- Jun- 2020].

[8] J. Bolton and C. Cotton, The ultraviolet disinfection handbook, 3rd ed. Denver, Colo.: American Water Works Association, 2008, pp. 13-33.

[9] W. Kowalski, Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook, 5th ed. Berlin: Springer Berlin, 2014, pp. 8-9.

[10] P. Aguirre, J. García, R. Mujeriego Sahuquillo, "Desinfección con cloro y luz UV en un proceso convencional de regeneración de agua", Ingeniería del agua, vol. 11, no. 1, p. 75, 2004.

[11] Rodríguez-Chueca, S. Mesones, J. Marugán, "Hybrid UV-C/microfiltration process in membrane photoreactor for wastewater disinfection", Environmental Science and Pollution Research, vol. 26, no. 36, pp. 36080-36087, 2018.

[12] W. Hijnen and G. Medema, "Inactivation of viruses, bacteria, spores and protozoa by ultraviolet irradiation in drinking water practice: a review", Water Supply, vol. 5, no. 5, pp. 93-99, 2005.

[13] J. Sanchez, "OPS/OMS | Establecimiento: mantenimiento, limpieza y desinfección", Pan American Health Organization / World Health Organization, 2020. [Online]. Available: https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=10822:2015-establecimiento-mantenimiento-limpieza-desinfeccion&Itemid=42210&lang=es. [Accessed: 08- Jul- 2020].

[14] D. Chitnis, G. Katara, N. Hemvani, S. Chitnis, V. Chitnis, "Surface disinfection by exposure to germicidal UV light", Indian Journal of Medical Microbiology, vol. 26, no. 3, p. 241, 2008.

[15] W. Kowalski, Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook, 5th ed. Berlin: Springer Berlin, 2014, pp. 10.

[16] K. Shirbandi, S. Barghandan, O. Mobinfar, F. Rahim, "Inactivation of Coronavirus with Ultraviolet Irradiation: What? How? Why?", SSRN Electronic Journal, 2020.

[17] F. Zakaria, "Effectiveness of UV-C light irradiation on disinfection of an eSOS® smart toilet evaluated in a temporary settlement in the Philippines", International Journal of Environmental Health Research, vol. 26, no. 5-6, pp. 536-553, 2016. Available: 10.1080/09603123.2016.1217313 [Accessed 01 July 2020].

[18] J. Envall, P. Karha, E. Ikonen, "Calibration of broadband ultraviolet detectors by measurement of spectral irradiance responsivity", Review of Scientific Instruments, vol. 77, no. 6, p. 063110, 2006.

[19] A.H. Malayeri, M. Mohseni, B. Cairns, J.R. Bolton., "Fluence (UV Dose) Required to Achieve Incremental Log Inactivation of Bacteria, Protozoa, Viruses and Algae," Department of Chemical and Biological Engineering, University of British Columbia, 2006.

[20] Gilbert H. Reiling, "Characteristics of Mercury Vapor–Metallic Iodide Arc Lamps," J. Opt. Soc. Am. 54, 532-540, 2014.

[21] M. Guerrero., "Efecto del uso combinado de la radiación UV-C y atmósfera modificada en el tiempo de vida útil de uvilla orgánica (*Physalis peruviana*) sin capuchón". Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería [Disertación Grado Ingeniero de Alimentos], pp. 78. 2013.

[22] E. Ponce., "Diseño de un tren de potabilización para una planta generadora de agua embotellada," Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla., Puebla, México, 2005.

RESUMEN CURRICULAR



Melissa Correa, Ingeniera en Biotecnología de la Universidad de las Américas en Quito-Ecuador. Con reconocimientos de primer lugar en el primer foro de CEBIO, congreso internacional de Biotecnología UDLA y final continental Solacyt 2020 en México. Desarrollo de proyectos en Biorreactores de inmersión temporal y fotobiorreactores presentados a nivel internacional.



Sebastián Valencia, Ingeniero Mecánico de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Especialista Superior en Gerencia Integrada de Calidad de la Universidad Andina Simón Bolívar. Actualmente Responsable del Departamento de Ingeniería Biomédica del Hospital de Especialidades Eugenio Espejo de Quito – Ecuador, con 4 años de experiencia tanto como técnico y responsable en departamentos de equipamiento biomédico de hospitales públicos en el Ecuador.



Sabrina Mera, Ingeniera Química de la Universidad Central del Ecuador. Consultora Ambiental y técnica externa. Desarrollo de proyecto en Energías Renovables en cuanto a la optimización de procesos de centrifugación para separar Biomasa proveniente de microalgas en el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables INER.



Fabián Guacho, Ingeniero Mecánico de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; Magister en Calidad, Seguridad y Ambiente de la Universidad Central del Ecuador, Especialista en Administración de Proyectos del Tecnológico de Monterrey, con 23 años de experiencia laboral diferentes ámbitos de la industria de manufactura, construcción, hidrocarburos y 10 años en Docencia para 4to nivel en temas de Calidad, Higiene Industrial, Gestión en varias universidades del país; Consultor empresarial.



Elio Villarreal, Ingeniero Industrial, Se desempeña en Investigación, Desarrollo y producción de equipos médicos, accesorios de Criocirugía y Crioterapia. Su ámbito de investigación lo ha aplicado en la Criocirugía y Crioterapia. Es autor del libro “Criogenia, Criocirugía y Crioterapia”. Ha producido patentes como aporte al ámbito médico.

