

TECNOCIENCIA SUPERIOR



INSTITUTO
TECNOLÓGICO SUPERIOR DE
RIOVERDE

Rioverde, S.L.P. México Año 4, No. 2, Enero-Julio 2022 ISSN: En trámite.



Ciencias, Humanidades y Tecnologías.

Plataforma de difusión científica Tecnológicamente Superior.



MEJOR
EDUCACIÓN
SUPERIOR

Comités Interinstitucionales
para la Evaluación de la Educación Superior



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



MISIÓN

Lograr la formación integral de los alumnos a través de un compromiso de calidad, responsabilidad y valores mediante la operación y mejora de los procesos del sistema de calidad.



Directorio Editorial

Comité Editorial

Dra. Mónica Amador García
Dr. José Trinidad Gutiérrez Mena
Dr. Juan Manuel Izar Landeta
Dr. Miguel Ángel Silva Flores
Ing. Fernando Mendoza González
Dr. José Adrián Nájera Saldaña

M.E. Erika Livier Mercado Velázquez
Coordinadora Académica de Coordinación de Lenguas
Extranjeras del ITS RV

Dr. Alejandro Medina Santiago
Investigador del Departamento de Ciencias
Computacionales, del Instituto Nacional de Astrofísica,
Óptica y Electrónica (INAOE)

Editor Asociado

Comité de Arbitraje en este número

Mtra. Sonia Guadalupe Castillo Gutiérrez
Tecnológico Nacional de México/ ITS de Rioverde

Dr. José Trinidad Gutiérrez Mena
Tecnológico Nacional de México/ ITS de Rioverde

Dr. Juan Manuel Izar Landeta
Tecnológico Nacional de México/ ITS de Rioverde

Dr. José Adrián Nájera Saldaña
Tecnológico Nacional de México/ ITS de Rioverde



Portada No. 8 Revista TECNOCENCIA SUPERIOR

TECNOCENCIA SUPERIOR, Año 4, No. 2, Enero-Junio 2022, es una publicación semestral editada por el Instituto Tecnológico Superior de Rioverde, SLP (ITSRV) por el Área de Investigación, Carretera Rioverde-San Ciró Km. 4.5, Col. María del Rosario, CP 79610, Rioverde, SLP, México. Tel: 01 487 87 2 03 80, www.itsrv.mx, revistatecnosup@gmail.com, Editor responsable: Dra. Mónica Amador García. Reservas de Derecho de Uso Exclusivo No. 04-2019-121611322400-102. ISSN: En trámite. Responsable de la última actualización de este número Dr. José Trinidad Gutiérrez Mena, Carretera Rioverde-San Ciró Km. 4.5, Col. María del Rosario, CP 79610, Tel: 01 487 87 2 03 80, fecha de la última modificación 05 de agosto de 2022.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Queda estrictamente prohibida la reproducción total, o parcial, de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del ITS RV.

El objetivo fundamental es divulgar el conocimiento generado a través del quehacer académico (docencia e investigación) del personal del ITS RV, así como del TecNM y de otras instituciones, tanto nacionales como extranjeras. Resaltando la publicación de artículos de investigación inéditos y arbitrados, y en menor medida reportes de proyectos técnicos, así como notas de divulgación científica en las áreas de Humanidades, Ciencias y Tecnologías.

Revista de divulgación TECNOCENCIA SUPERIOR

Web: www.rioverde.tecnm.mx E-mail: revistatecnosup@gmail.com Teléfono: 01 487 87 2 03 80

Directorio

Lic. José Ricardo Gallardo Cardona
Gobernador del Estado de SLP

Mtro. Ramón Jiménez López
Director Tecnológico Nacional de México

Mtro. Juan Manuel Chávez Sáenz
Director de Tecnológicos Descentralizados

Lic. Juan Carlos Torres Cedillo
Secretario de Educación de SLP

Lic. Juan Antonio Alvarado Martínez
Director de Educación Media Superior y Superior

Arq. Marco Polo Padrón Ordaz
Director General del Tecnológico Nacional de México/
ITS de Rioverde

C.P. Lorena Reyna Gama
Subdirectora de Planeación

Mtra. Esmeralda de la Cruz Sierra
Encargada de Subdirección Académica

Dra. Mónica Amador García
Coordinadora del Área de Investigación
Tecnológico Nacional de México/ ITS de Rioverde

Dr. José Trinidad Gutiérrez Mena
Docente Investigador
Tecnológico Nacional de México/ ITS de Rioverde

Dr. Juan Manuel Izar Landeta
Docente Investigador
Tecnológico Nacional de México/ ITS de Rioverde

Ing. Fernando Mendoza González
Docente Investigador
Tecnológico Nacional de México/ ITS de Rioverde

Dr. José Adrián Nájera Saldaña
Docente Investigador
Tecnológico Nacional de México/ ITS de Rioverde

Dr. Miguel Ángel Silva Flores
Docente Investigador
Tecnológico Nacional de México/ ITS de Rioverde
Área de Investigación

Mensaje del Director



Estimada comunidad estudiantil hemos logrado avances en distintos rubros: educación, investigación, actividades culturales y deportivas; de igual manera continuamos trabajando en la generación de gestiones para aumentar la mejora en la calidad educativa y formación integral, muestra de lo anterior se ve reflejado en la mayor participación estudiantil en distintas áreas, en distintos proyectos que permiten mejorar diferentes condiciones, tanto ambientales como laborales y de calidad de vida.

Y a toda nuestra respetada sociedad, les reitero el compromiso que tenemos como institución educativa en beneficio de nuestra comunidad, a través de la formación de profesionistas íntegros y capaces en sus áreas de formación.

Estamos ciertos que para lograrlo se requiere la ampliación de infraestructura, de generación de oportunidades, de nuevos vínculos, tanto nacionales como internacionales, de personal docente y administrativo actualizado y capacitado; es por ello que la labor en estos aspectos avanza, permitiendo incrementar e incentivar el crecimiento profesional y docente. Porque... **TODAS Y TODOS SOMOS TEC!!!**

El trabajo continua y seguimos fortaleciéndonos.

Atentamente:

Arq. Marco Polo Padrón Ordaz
Director General Tecnológico Nacional de México/
Campus Rioverde

Gracias

Índice

- 1. Filtros Ópticos Basados en Interferencia Multimodal para el Desarrollo de Láseres de Fibra Óptica en la Región de las 2 μ m-----1**
M. V. Hernández-Arriaga, A. Camarillo-Avilés, R. López-Estopier, M. Bello-Jiménez, M. Durán-Sánchez, B. Ibarra-Escamilla, And M. V. Andrés
- 2. Actividad enzimática β -galactosidasa en diferentes estados de maduración de papaya Maradol, mediante cromatografía en capa fina-----6**
J. Jesús Iniestra González, Juan Pablo Mojica Sánchez, Wendolin Angélica Castañeda Tapia
- 3. La calidad del servicio brindada a los clientes de una Empresa Hotelera en Rioverde, S.L.P-----10**
Zárate Camacho Lizbeth Angélica, Cruz Díaz Imelda, Méndez Martínez Sofía Cristina, Sánchez Martínez María Cruz
- 4. Proyecto control de compuerta automatizada para aprovechamiento eficiente del agua pluvial -----14**
Karla Paola Martínez Cano, Jaime Eliyak Torres Sanromán, Víctor Manuel Vicencio Martínez, Yurivia Torres Meraz
- 5. El papel del ser humano y sus conocimientos en la Industria 5.0-----18**
María Elena Zamora Gómez, Vicente Rodríguez González, Jasiel Reyes Hernández, Perla del Refugio Escamilla Martínez
- 6. El estrés laboral y el Síndrome de Burnout en los trabajadores de una Dependencia Gubernamental en el Municipio de Rioverde, San Luis Potosí-23**
Lizbeth Angélica Zárate Camacho, Rubí Calvillo Torres, Diana Hernández Ariciaga, Everardo Morales Hurtado, Blanca Guadalupe Ramírez Martínez



Portada y contraportada

En portada y contraportada Estudiantes y Edificios de ITS RV.

Diseño de portada y contraportada: Difusión Institucional del Instituto Tecnológico Superior de Rioverde, SLP

Filtros Ópticos basados en Interferencia Multimodal para el desarrollo de Láseres de Fibra Óptica en la Región de las 2 μm

Optical Filters Based on Multimodal Interference for the Development of Fiber Optic Lasers Operating Around 2 μm Region

M. V. Hernández-Arriaga,^{1*} A. Camarillo-Avilés,¹ R. López-Estopier,^{1,2} M. Bello-Jiménez¹, M. Durán-Sánchez,³ B. Ibarra-Escamilla,³ and M. V. Andrés⁴

Resumen- Este trabajo muestra un estudio experimental para la fabricación de filtros ópticos con características particulares que pueden ser aprovechadas para la implementación de láseres multi-emisión y conmutables en la región espectral de los 2000 nm. El estudio hace una comparación entre dos filtros basados en la interferencia multimodal que ocurre en una fibra sin núcleo. El primer caso es el filtro no-taper MMI el cual está hecho de un segmento de 43 mm de longitud y 125 μm de diámetro de fibra sin núcleo empalmada entre fibra monomodo estándar, su caracterización demuestra resonancias sobre la región de las 2 μm y un comportamiento lineal debido a curvaturas inducidas. El segundo caso es el filtro taper MMI en el cual es utilizado un trozo de 18 mm de fibra sin núcleo previamente estrechada a un diámetro de 80 μm el cual es empalmado a dos fibras estrechadas monomodo estándar. Su análisis demuestra mejoras en las pérdidas de inserción sobre la longitud de onda de operación de los 2000 nm. Estos dispositivos han demostrado alta repetibilidad, fabricación accesible, robustez y tamaño compacto, las cuales son prestaciones ideales para su uso como filtros espectrales en arquitecturas láser.

Palabras clave- Filtro MMI, fibra taper, láser de tulio.

Abstract- This work presents an experimental study for the fabrication of optical filters with particular characteristics that can be used for the implementation of multi-wavelength and switchable fiber lasers operating around 2000 nm. A comparison between two optical filters based on multimodal interference effect presented in coreless fiber is discussed. The first case is the non-taper MMI filter, this device is made with a segment of 43 mm in length and 125 μm in diameter of coreless fiber spliced in between two standard monomode fibers, its characterization showed resonances around 2 μm region and a lineal behavior due to the induced curvature. The second case is the taper MMI filter, in which a segment of 18 mm in length and 80 μm in diameter is spliced in between two previously tapered single monomode fibers. The taper MMI filter showed an improvement in the insertion losses operating around the 2000 nm wavelength. These devices exhibited high repeatability, ease of fabrication, robustness, and compact size which are ideal features for the uses as spectral filters in laser architectures.

Keywords- Filtro MMI, fibra taper, láser de tulio.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los láseres todo-fibra que utilizan Fibra Óptica Dopada con Tulio (TDFL) como elemento amplificador están siendo ampliamente estudiados tanto en régimen continuo como en régimen pulsado. Una de sus principales características es su emisión en longitudes de onda cercanas a los 2000 nm. La radiación en esta ventana espectral abre una amplia gama de interesantes aplicaciones. Algunos ejemplos de aplicaciones están relacionados al desarrollo de fuentes de supercontinuo [1-3],

intervenciones quirúrgicas [4-7], sensado [8,9], telecomunicaciones [10,11], láseres de alta potencia [12-14], entre otras. En los últimos años han destacado importantes estudios sobre láseres todo-fibra que operan en el régimen continuo y pulsado alrededor de los 2000 nm [15-18]. Estos esquemas han logrado destacar diferentes cualidades como un ancho de línea fino, alta estabilidad, bajas pérdidas, arreglos simples y robustos, y controles de conmutación y sintonización precisos, [19-24]. Sin embargo, para que una cavidad óptica basada en fibras dopadas con tulio logre una emisión por arriba de los 2000 nm y que muestre alta estabilidad y líneas láser de calidad aun es un reto importante. Una opción atractiva para lograr estas emisiones es el uso de filtros espectrales, los cuales disminuyen o eliminan las resonancias por debajo de la longitud de onda deseada y a su vez liberan la banda de emisión buscada.

En este sentido, algunos investigadores se han dedicado al análisis y diseño de filtros ópticos espectrales enfocados para su implementación en TDFL. Muestras de estas aproximaciones están basadas en, rejillas de Bragg [25-28], filtros acusto-ópticos [16], fibras que mantienen la polarización [28,30], fibras de cristal fotónico [19], Interferencia Multimodal (MMI) [31-35], fibras estrechadas (tapers) [36,37], entre otros. Aunque existen casos relevantes del uso de filtros espectrales basados en MMI y fibras estrechadas, solo muy pocas investigaciones han sido propuestas utilizando una técnica conjunta entre estos dos tipos de dispositivos, especialmente tratándose de su implementación en TDFL para emisión sobre los 2000 nm.

En este trabajo, realizamos el análisis de dos filtros basados en el efecto MMI; por un lado, para el filtro no-taper MMI utilizamos un segmento de fibra sin núcleo (COF) de aproximadamente 43 mm de largo y 125 μm de diámetro empalmado entre dos segmentos de fibra monomodo (SMF) para formar una estructura SMF-COF-SMF. Por otro lado, para el filtro taper MMI utilizamos la técnica de fusión y estiramiento para reducir el diámetro de un segmento de COF hasta 80 μm , así como también para reducir el diámetro de una fibra SMF hasta 80 μm . Al taper fabricado de SMF se le extrajeron las zonas de transición y en la parte intermedia se empalmó un segmento del taper COF de 80 μm de diámetro y 18 mm de largo aproximadamente, al final se obtuvo una estructura SMF-TCOF-SMF. Con la caracterización de estos filtros se hizo una comparativa entre sus prestaciones, principalmente se analizó su respuesta espectral de salida y sus pérdidas de inserción. Realizando una comparación con los resultados que pueden ser encontrados en la literatura, nuestros filtros han demostrado ventajas como sencillez, robustez y repetibilidad, de tal forma que estos dispositivos pueden ser altamente confiables para su implementación en arquitecturas de TDFL sintonizables y conmutables.

II. FABRICACIÓN DE FILTROS MMI

a) **El filtro no-taper MMI**

Este filtro está compuesto de una pequeña sección de fibra COF (Thorlabs, FG125A) empalmado entre dos fibras SMF, como se observa en la Fig. 1. El funcionamiento de una COF es similar al de una fibra multimodo con perfil de índice escalonario en donde el índice de refracción exterior es menor que el del cilindro de sílice, en este caso como el filtro está suspendido, el índice de refracción exterior es el del aire. El principio de operación se basa en el efecto de la auto-imagen causada por el fenómeno de la MMI a lo largo de la COF. De esta forma, existe una excitación e interferencia de los modos de mayor orden la cual depende directamente del diámetro y longitud de la pieza de COF. Una aproximación teórica de los Picos de Resonancia (PR) como una función entre el diámetro y la longitud del filtro no-taper MMI puede tener la siguiente forma [38]:

$$\lambda_0 = (p n_{MMF} D_{MMF}^2) / L, \text{ con } p = 0, 1, 2, \dots$$

donde n_{MMF} , D_{MMF} y L son el índice de refracción, diámetro y longitud de la COF, respectivamente, mientras que p será el número de la auto-imagen. Entonces, para diseños precisos es necesario tener un control efectivo de la longitud del segmento de COF utilizada. El número de la auto-imagen en la que se presentan menores pérdidas de inserción es en $p=4$ [39], motivo por el cual nuestro filtro fue diseñado para operar en este valor.

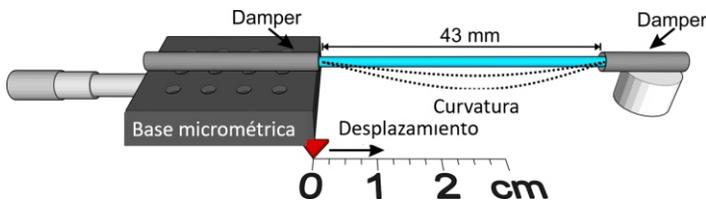


Fig. 1. Estructura y montaje del filtro óptico MMI estándar

Esta estructura está compuesta de un segmento de COF de 43 mm de longitud la cual es empalmada entre dos secciones de fibra SMF-28. Una punta de la fibra SMF-28 es colocada sobre una montura micrométrica la cual posee una resolución de 0.01 mm y 25.4 mm de rango máximo de desplazamiento, mientras que el otro extremo de la fibra se fija sobre una base de aluminio con la finalidad de que el filtro este suspendido en aire. El arreglo permite un control sencillo sobre el doblez o curvatura que el filtro puede presentar cuando la estación de traslación micrométrica es manipulada, tal como se observa en la Fig. 1.

b) **El filtro taper MMI**

En la Fig. 2 se puede observar una descripción esquemática de la estructura del filtro taper MMI. En la fabricación de este dispositivo, primeramente, una fibra SMF-28 fue reducida en su cintura hasta alcanzar un diámetro de 80 μm para posteriormente realizar un corte transversal justo en medio de la cintura, como resultado se obtuvieron dos puntas de fibra estrechada. Posteriormente, un segmento previamente estrechado de COF también a 80 μm fue empalmado y fusionado con los dos extremos de fibra taper SMF-28 descritos anteriormente. Es importante señalar que el proceso de estrechado de la fibra fue llevado a cabo

mediante la técnica estándar de fusión y estiramiento [40], en la cual una flama oscilante compuesta de una mezcla de gas butano y oxígeno de alta pureza realiza un barrido sobre la fibra para fabricar fibras estrechadas con geometría biconica. Finalmente, la estructura del filtro óptico taper MMI incluye dos regiones de transición de fibra SMF-28 en los extremos de la estructura las cuales exhiben un perfil extendido de transición con caída exponencial a nivel milimétrico. El segmento de COF estrechado tiene una longitud de 18 mm y mantiene un diámetro uniforme de 80 μm . De manera similar al caso del filtro no-taper MMI, la longitud de la COF es crucial para la estimación de los PR de la respuesta.

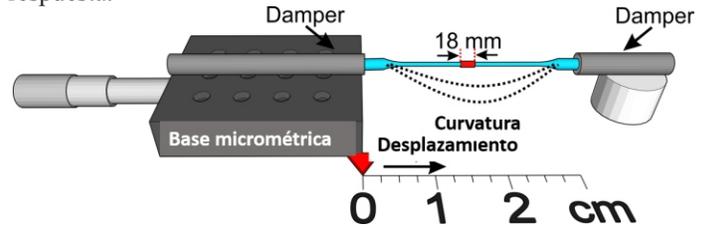


Fig. 2. Estructura y montaje del filtro óptico taper MMI

El éxito en la fabricación del filtro óptico taper MMI se debe a una precisa alineación entre los elementos que componen dicho filtro, en este caso dos regiones de transición de fibra estándar y un pequeño segmento central de COF. Esta alineación a nivel micrométrico es posible gracias al uso de una moderna empalmadora de fusión por arco eléctrico Fujikura FSM 100P, cuyo sistema de cámaras y motores a paso permite la alineación de diferentes diámetros en de fibras ópticas, este instrumento puede observarse en la Fig. 3.

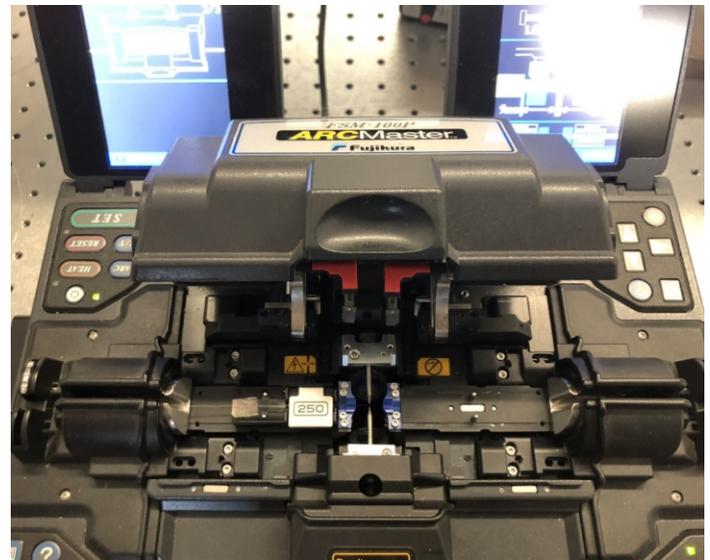


Fig. 3. Empalmadora de precisión Fujikura FSM-100P

III. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIÓN

El montaje experimental para la caracterización de los filtros puede observarse en la Fig. 4. El arreglo consta de una fuente de luz Supercontinuo (SC) de fibra óptica, la cual tiene un espectro amplio de operación desde 1860 a 2200 nm [3]. El SC es conectado a un acoplador de fibra óptica 25/75; la salida A es utilizada para monitorear la estabilidad del SC, mientras que la salida del 75 % es

empalmada a un aislador con el fin de forzar propagación unidireccional. Posteriormente, la salida del aislador es empalmada al filtro MMI (no-taper o taper) y finalmente la salida del filtro óptico es monitoreada mediante un analizador de espectros ópticos (OSA, Yokogawa AQ6375) que posee una resolución de 50 pm. La transmitancia del filtro fue estimada como la razón entre los espectros de salida y, de entrada.

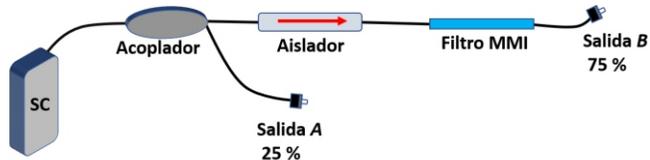


Fig. 4. Arreglo óptico para la caracterización de los filtros MMI

La presentación de los resultados obtenidos de la caracterización de los dispositivos, así como su análisis, será descrita de manera independiente, como a continuación se observa.

a) Caracterización del filtro no-taper MMI

Retomando el esquema mostrado en la Fig. 1 podemos observar el funcionamiento de la estación de traslación que produce curvaturas en el filtro. Este tipo de perturbaciones modifican la respuesta de la salida en el espectro de transmisión. En este caso, presentamos la caracterización del filtro no-taper MMI en la Fig. 5 (a) cuyo espectro de salida corresponde a un desplazamiento horizontal de 1 mm de la estación de traslación micrométrica. En esta posición, se pudieron observar más de cinco PR en las cuales el mínimo valor para pérdidas de inserción fue alcanzado en la región de las 2 micras. El espectro de transmitancia muestra PR a 1960.5, 2007.8, 2032, 2078.2 y 2106.2 nm (los PR se marcaron con figuras de colores para indicar posición), respectivamente. Las pérdidas de inserción estimadas están en valores entre 17 y 7 dB. Para ampliar el comportamiento de la evolución de los PR a los que se les dio seguimiento en su trayectoria, se realizó una caracterización lineal sobre el rango de movimiento de la estación de traslación, i.e., a mayor desplazamiento mayor curvatura. La Fig. 5 (b) muestra la evolución de los PR en cuanto a desplazamiento lineal de la estación de traslación. Como se puede observar, los PR a los que se les sigue la trayectoria presentan un corrimiento hacia la derecha en función del incremento de la curvatura. Esta curvatura es realizada por desplazamientos de la estación de traslación desde 0 a 2.5mm en pasos de 0.05 mm.

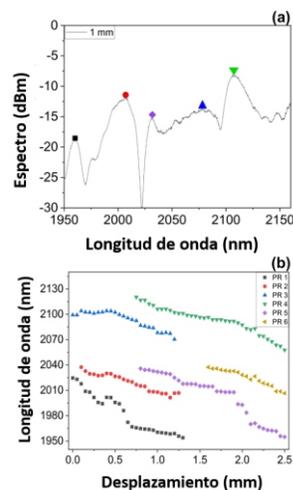


Fig. 5. a) Espectro de transmitancia para el filtro no-taper MMI para 1 mm de desplazamiento de la estación de traslación. b) Evolución del seguimiento de los PR en función del desplazamiento lineal de la estación de traslación

b) Caracterización del filtro taper MMI

Para este dispositivo, las pérdidas de inserción fueron sensiblemente menores en comparación con el filtro no-taper MMI, su estimación fue de 8.74 dB a 2000 nm. El espectro de transmisión del filtro fue medido de manera similar al presentado en el caso del filtro no-taper MMI, pero en este caso las mediciones del filtro fueron obtenidas a partir de su posición inicial, i.e., 0 mm, el espectro formado por este conjunto de mediciones puede ser observado en la Fig. 6. El espectro muestra seis PR con máxima transmisión dentro de la ventana espectral que oscila de 1850 a 2150 nm. Si lo comparamos con el caso del filtro no-taper MMI, esta estructura permite mejoras substanciales en términos de pérdidas de inserción, las cuales para el filtro taper MMI oscilan entre 9 y 3dB. Para este caso no existe una gráfica de la evolución del seguimiento de los PR puesto que su comportamiento no fue de manera lineal.

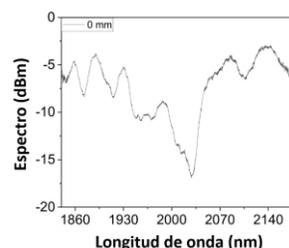


Fig. 6. Espectro de transmitancia para el filtro taper MMI para 0 mm de desplazamiento de la estación de traslación

IV. CONCLUSIONES

Se presenta la caracterización de dos dispositivos basados en el efecto MMI, por sus prestaciones queda demostrado que son estructuras ideales para el desarrollo de TDFL. El no-taper MMI presenta un comportamiento lineal mientras que el taper MMI presenta menos pérdidas de inserción. Ambos dispositivos pueden ser utilizados en láseres que operan en régimen continuo, pero es posible que el taper MMI pueda operar en régimen pulsado bajo condiciones especiales.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es financiado por CONACYT bajo el proyecto 217560 de “Ciencia de Frontera 2019”. M. V. Hernández Arriaga agradece a CONACYT por el apoyo 2269202.

REFERENCIAS

- [1] Michalska, M., Grzes, P., & Swiderski, J. (2018). “8.76 W mid-infrared supercontinuum generation in a thulium doped fiber amplifier”. *Optical Fiber Technology*, 43, 41-44.
- [2] Yang, L., Li, Y., Zhang, B., Wu, T., Zhao, Y., & Hou, J. (2019). “30-W supercontinuum generation based on ZBLAN fiber in an all-fiber configuration”. *Photonics Research*, 7(9), 1061-1065.
- [3] Camarillo-Avilés, A., López-Estopier, R., Pottiez, O., Durán-Sánchez, M., Ibarra-Escamilla, B., & Bello-Jiménez, M. (2021). “Supercontinuum source directly from noise-like pulse emission in a Tm-doped all-fiber laser with nonlinear polarization rotation”. *Results in Optics*, 2, 100040.
- [4] Fried, N. M. (2018). “Recent advances in infrared laser lithotripsy”. *Biomedical optics express*, 9(9), 4552-4568.
- [5] Pal, D., Chowdhury, S. D., Dhar, A., Saraf, S., Maiti, K., Pal, D. K., ... & Pal, A. (2019). “Ex vivo testing of air-cooled CW/modulated 30 W thulium fiber laser for lithotripsy”. *Applied optics*, 58(25), 6720-6724.
- [6] Fried, N. M., & Irby, P. B. (2018). “Advances in laser technology and fibre-optic delivery systems in lithotripsy”. *Nature Reviews Urology*, 15(9), 563-573.
- [7] Żywicka, B., Rybak, Z., Janeczek, M., Czerski, A., Bujok, J., Szymonowicz, M., & Świderski, J. (2020). “Comparison of A 1940 nm thulium-doped fiber laser and A 1470 nm Diode laser for cutting efficacy and hemostasis in A pig model of spleen surgery”. *Materials*, 13(5), 1167.
- [8] Ghosh, A., Roy, A. S., Chowdhury, S. D., Sen, R., & Pal, A. (2016). “All-fiber tunable ring laser source near 2 μm designed for CO₂ sensing”. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 235, 547-553.
- [9] Sardar, M. R., Faisal, M., & Ahmed, K. (2021). “Simple hollow Core photonic crystal Fiber for monitoring carbon dioxide gas with very high accuracy”. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 31, 100401.
- [10] Jin, Q., Yin, T., Tu, Z., Chen, D., Shi, Y., Dai, D., & Gao, S. (2019). “Performance evaluation of continuous-wave mid-infrared wavelength conversion in silicon waveguides”. *Applied optics*, 58(10), 2584-2588.
- [11] Gunning, F. G., Kavanagh, N., Russell, E., Sheehan, R., O’Callaghan, J., & Corbett, B. (2018). “Key enabling technologies for optical communications at 2000 nm”. *Applied optics*, 57(22), E64-E70.
- [12] Shin, J. S., Cha, Y. H., Chun, B. J., Jeong, D. Y., & Park, H. (2021). “200-W Continuous-wave Thulium-doped All-fiber Laser at 2050 nm”. *Current Optics and Photonics*, 5(3), 306-310.
- [13] Michalska, M., Grześ, P., & Swiderski, J. (2019). “High power, 100 W-class, thulium-doped all-fiber lasers”. *Photonics Letters of Poland*, 11(4), 109-111.
- [14] Burns, M. D., Shardlow, P. C., Barua, P., Jefferson-Brain, T. L., Sahu, J. K., & Clarkson, W. A. (2019). “47 W continuous-wave 1726 nm thulium fiber laser core-pumped by an erbium fiber laser”. *Optics letters*, 44(21), 5230-5233.
- [15] Ahmad, H., Samion, M. Z., Thambiratnam, K., & Yasin, M. (2019). “Widely tunable dual-wavelength thulium-doped fiber laser operating in 1.8-2.0 μm region”. *Optik*, 179, 76-81.
- [16] Escobar, E. H., Jiménez, M. B., Avilés, A. C., Estopier, R. L., Pottiez, O., Sánchez, M. D., & Andrés, M. V. (2019). “Experimental study of an in-fiber acousto-optic tunable bandpass filter for single-and dual-wavelength operation in a thulium-doped fiber laser”. *Optics express*, 27(26), 38602-38613.
- [17] Guo, Y., Yan, F., Feng, T., Qin, Q., Bai, Z., Li, T., & Zhou, H. (2022). “Wavelength-interval-switchable multi-wavelength thulium-doped fiber laser with a nonlinear dual-pass Mach-Zehnder interferometer filter in 2- μm -band”. *Optics & Laser Technology*, 145, 107470.
- [18] Guo, Y., Yan, F., Feng, T., Qin, Q., Zhang, L., Guan, B., & Suo, Y. (2020). “Stable multi-wavelength thulium-doped fiber laser with two cascaded single-mode-four-mode-single-mode fiber interferometers”. *IEEE Access*, 9, 1197-1204.
- [19] Soltanian, M. R. K., Ahmad, H., Khodaie, A., Amiri, I. S., Ismail, M. F., & Harun, S. W. (2015). “A stable dual-wavelength Thulium-doped fiber laser at 1.9 μm using photonic crystal fiber”. *Scientific reports*, 5(1), 1-8.
- [20] Wang, M., Huang, Y., Yu, L., Song, Z., Liang, D., & Ruan, S. (2018). “Multiwavelength thulium-doped fiber laser using a micro fiber-optic Fabry–Perot interferometer”. *IEEE Photonics Journal*, 10(4), 1-8.
- [21] Camarillo-Aviles, A., Jauregui-Vazquez, D., Estudillo-Ayala, J. M., Hernández-Escobar, E., Sierra-Hernández, J. M., Pottiez, O., & Bello-Jiménez, M. (2019). “Stable multi-wavelength thulium-doped all-fiber laser incorporating a multi-cavity Fabry–Perot filter”. *IEEE Photonics Journal*, 11(6), 1-7.
- [22] Qin, Q., Yan, F., Liu, Y., Guo, Y., Li, T., Guan, B., & Feng, T. (2021). “Stable, precisely controlled, and switchable thulium-doped fiber laser based on cascaded mode interference filters”. *Optics Express*, 29(7), 9786-9796.
- [23] Qin, Q., Yan, F., Liu, Y., Zhang, L., Guo, Y., Han, W., & Zhou, H. (2021). “Isolator-free unidirectional dual-wavelength thulium-doped fiber laser assisted by a two-mode fiber filter”. *Optics & Laser Technology*, 134, 106638.
- [24] Lau, K. Y., Abidin, N. Z., Cholan, N. A., Abas, A. F., Alresheedi, M. T., & Mahdi, M. A. (2019). “Dual-wavelength thulium/holmium-doped fiber laser generation in 2 μm region with high side-mode suppression ratio”. *Journal of Optics*, 21(4), 045701.
- [25] Zhang, L., Yan, F., Feng, T., Guo, Y., Qin, Q., Zhou, H., & Suo,

- Y. (2019). “Switchable multi-wavelength thulium-doped fiber laser employing a polarization-maintaining sampled fiber Bragg grating”. *IEEE Access*, 7, 155437-155445.
- [26] Theodosiou, A., Aubrecht, J., Kašák, I., Dousek, D., Komanec, M., & Kalli, K. (2021). “Femtosecond Laser Plane-by-Plane Inscribed Cavity Mirrors for Monolithic Fiber Lasers in Thulium-Doped Fiber”. *Sensors*, 21(6), 1928.
- [27] Zhang, L., Yan, F., Feng, T., Han, W., Bai, Y., Bai, Z., ... & Suo, Y. (2019). “Wavelength-tunable thulium-doped fiber laser with sampled fiber Bragg gratings”. *Optics & Laser Technology*, 120, 105707.
- [28] Durán-Sánchez, M., Álvarez-Tamayo, R. I., Posada-Ramírez, B., Ibarra-Escamilla, B., Kuzin, E. A., Cruz, J. L., & Andrés, M. V. (2017). “Tunable dual-wavelength thulium-doped fiber laser based on FBGs and a Hi-Bi FOLM”. *IEEE Photonics Technology Letters*, 29(21), 1820-1823.
- [29] W. He, L. Zhu, M. Dong, and F. Luo, “Tunable and switchable thulium-doped fiber laser utilizing Sagnac loops incorporating two-stage polarization maintaining fibers”. *Opt. Fiber Technol.* 29, 65–69, 2016.
- [30] S. Liu, F. Yan, F. Ting, L. Zhang, Z. Bai, W. Han, and H. Zhou, “Multi-wavelength thulium-doped fiber laser using a fiber-based Lyot filter”. *IEEE Photonics Technol. Lett.* 28(8), 864–867, 2016.
- [31] Guzman-Sepulveda, J. R., & Castillo-Guzman, A. A. (2021). “Wavelength Tuning of Multimode Interference Fiber Lasers: A Review”. *Advanced Photonics Research*, 2100051.
- [32] Ibarra-Escamilla, B., Bravo-Huerta, E., Durán-Sánchez, M., Álvarez-Tamayo, R. I., Posada-Ramírez, B., Prieto-Cortés, P., ... & Kuzin, E. A. (2018). “Dual-wavelength thulium-doped fiber laser with separate wavelengths selection based on a two mmi filters configuration”. *Laser Physics*, 28(9), 095107.
- [33] Fu, S., Shi, G., Sheng, Q., Shi, W., Zhu, X., Yao, J., & Peyghambarian, N. (2016). “Dual-wavelength fiber laser operating above 2 μm based on cascaded single-mode-multimode-single-mode fiber structures”. *Optics express*, 24(11), 11282-11289.
- [34] Zhang, P., Wang, T., Ma, W., Dong, K., & Jiang, H. (2015). “Tunable multiwavelength Tm-doped fiber laser based on the multimode interference effect”. *Applied optics*, 54(15), 4667-4671.
- [35] Ma, X., Chen, D., Shi, Q., Feng, G., & Yang, J. (2014). “Widely tunable thulium-doped fiber laser based on multimode interference with a large no-core fiber”. *Journal of Lightwave Technology*, 32(19), 3234-3238.
- [36] M. V. Hernández-Arriaga, M. Durán-Sánchez, B. Ibarra-Escamilla, R. I. Álvarez-Tamayo, H. Santiago Hernández, M. Bello-Jiménez, and E. A. Kuzin. (2017). “Tunable thulium-doped fiber laser based on an abrupt-tapered in-fiber interferometer”. *J. Opt.* 19(11), 115704.
- [37] M. F. Ismail, M. Dernaika, A. Khodaei, S. W. Harun, and H. Ahmad. (2015). “Tunable dual-wavelength thulium-doped fiber laser at 1.8 μm region using spatial-mode beating”. *J. Mod. Opt.* 62(11), 892–896.
- [38] Soldano, L. B., & Pennings, E. C. (1995). “Optical multi-mode interference devices based on self-imaging: principles and applications”. *Journal of lightwave technology*, 13(4), 615-627.
- [39] Castillo-Guzman, A., Antonio-Lopez, J. E., Selvas-Aguilar, R., May-Arrijoja, D. A., Estudillo-Ayala, J., & LiKamWa, P. (2010). “Widely tunable erbium-doped fiber laser based on multimode interference effect”. *Optics express*, 18(2), 591-597.
- [40] Birks, T. A., & Li, Y. W. (1992). “The shape of fiber tapers”. *Journal of Lightwave Technology*, 10(4), 432-438, <https://doi.org/10.1109/50.134196>.
- [41] Ma, L., Qi, Y., Kang, Z., Bai, Y., & Jian, S. (2014). “Tunable fiber laser based on the refractive index characteristic of MMI effects”. *Optics & Laser Technology*, 57, 96-99.

Actividad enzimática β -galactosidasa en diferentes estados de maduración de papaya Maradol, mediante cromatografía en capa fina

β -galactosidase enzymatic activity in different ripening states of Maradol papaya, using thin layer chromatography

J. Jesús Iniestra González, Juan Pablo Mojica Sánchez, Wendolin Angélica Castañeda Tapia

Departamento de Ingeniería en Industrias Alimentarias

Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Tamazula

Carretera Tamazula-Santa Rosa 329, C.P. 49650, Tamazula de Gordiano, Jalisco, México.

jesus.iniestra@tamazula.tecmm.edu.mx, juan.mojica@tamazula.tecmm.edu.mx, angee.went96@gmail.com

Resumen- La β -Galactosidasa es una glicosidasa que hidroliza compuestos O- y S-glicosilados por eliminación del residuo terminal no reductor β -D-galactosa, de los β -D-galactósidos. Debido a que no ha sido detectada actividad endo-galactanasa en plantas, la actividad enzimática que parece responsable de la degradación del β -galactano de la pared celular es la exo- β -D-galactosidasa. Se desarrolló la metodología empleando cromatografía en capa fina (TLC) para observar los productos generados por la hidrólisis provocada por la β -galactosidasa de frutos de papaya, en diferentes etapas de madurez (verde, 15% de color amarillo en piel y madura), y con esto asociar la acción de ésta enzima en el proceso de ablandamiento durante la maduración de frutos de papaya, con la posibilidad de ser un método rápido de apoyo en la decisión del momento de corte de frutos de papaya u otros frutos climatéricos. Se visualizó mejor la actividad enzimática en las cromatoplasmas, con las mismas concentraciones de proteínas, eluyendo las cromatoplasmas en 3 etapas y utilizando solución de revelado con etanol, ácido sulfúrico y orcinol.

Palabras clave- TLC, β -galactosidasa, Papaya.

Abstract- β -Galactosidase is a glycosidase that hydrolyzes O- and S-glycosylated compounds by elimination of the terminal non-reducing β -D-galactose residue from β -D-galactosides. Since endo-galactanase activity has not been detected in plants, the enzymatic activity that seems to be responsible for the degradation of β -galactan from the cell wall is exo- β -D-galactosidase. The methodology was developed using thin layer chromatography (TLC) to observe the products generated by the hydrolysis caused by β -galactosidase of papaya fruits, in different stages of ripeness (green, 15% yellow in skin and ripe), and with this associate the action of this enzyme in the softening process during the ripening of papaya fruits, with the possibility of being a rapid method of support in the decision of the moment of cutting papaya fruits or other climacteric fruits. The Enzymatic activity was better visualized in the chromatoplates, with the same protein concentrations, eluting the chromatoplates in 3 stages and using a developing solution with ethanol, sulfuric acid and orcinol.

Keywords- TLC, β -galactosidase, Papaya.

I. INTRODUCCIÓN

La papaya es un fruto de gran importancia económica debido a su gran producción principalmente en el centro y sur de América, además de la región tropical de Asia y África [1].

La maduración del fruto de papaya es un proceso complejo e irreversible con muchas modificaciones fisiológicas y bioquímicas que conducen a cambios en su color, sabor, aroma, textura y firmeza [2],[3],[4]. Los polisacáridos de la hemicelulosa están compuestos por glucomanos, galactoglucomanos,

galactomananos, xilanos y arabinoxilanos, formando con la celulosa y las pectinas una red resistente en la pared celular [5]. Esta red es degradada por enzimas hidrolíticas durante la maduración estimuladas por el etileno e involucra cambios estructurales, tales como la depolimerización y solubilización de pectinas, hemicelulosa y celulosa, causando finalmente el ablandamiento del fruto [4].

Se ha observado la actividad de algunas enzimas involucradas en el ablandamiento del fruto durante la maduración, siendo las más importantes la xilanas, poligalacturonasa y β -galactosidasa, sin embargo no se ha detectado el momento en que cada una de éstas inician su acción en el fruto de papaya, aun cuando ya se han realizado estudios al respecto, por esto se pretende generar un método utilizando cromatografía en capa fina e identificar la etapa de madurez en que la β -galactosidasa presenta su acción hidrolítica.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico

Se obtuvo el fruto de papaya de una parcela ubicada en la ciudad de Tamazula de Gordiano y se seleccionaron frutos verdes, semimaduros con 15% de color en piel y maduros al azar por su uniformidad en la maduración externa y sin daño mecánico.

Propiedades fisicoquímicas

Color: Se utilizó un colorímetro marca HunterLab, modelo LabScan XE, utilizando el software EasyMatch QC. Se realizaron por triplicado lecturas ecuatoriales externas en el fruto, teniendo un área circular de tres cm de diámetro, también se obtuvo el color interno del fruto, por triplicado.

pH: Fue determinado utilizando un pHmeter tipo lápiz, siguiendo las indicaciones del proveedor.

°Brix: Se utilizó un refractómetro de Abbe (2WAJ, marca Optika), colocándole una gota del jugo del fruto. La papaya fue partida en gajos y posteriormente se eliminó la parte superior e inferior para tomar la parte central. El fruto fue licuado y filtrado para obtener el jugo del fruto.

Firmeza: Se utilizó un penetrómetro digital (Chatillon DFGS-100, TCD-200, punta de 8 mm de diámetro), el cual mide la fuerza para insertar la punta a una profundidad de 1.5 cm a una velocidad de 5.2 mm s⁻¹.

Extracción de proteínas

Se llevó a cabo la extracción de las proteínas de papaya Maradol de acuerdo al método descrito en [6]. Este método consiste en la homogenización de 150 g de tejido de fruta con un litro de buffer de extracción (acetato de sodio 0.1 M, PVP-40 1% (p/v), cloruro de sodio 1 M, EDTA 13 mM, mercaptoetanol 10 mM, todo a pH 4.6) en una licuadora Blender por 10 minutos a 4°C. El extracto se centrifugó a 4°C a 11,000 rpm durante 10 minutos, recuperando el sobrenadante (proteínas) que después fue filtrado con gasa.

Este procedimiento se llevó a cabo con dos diferentes buffers (citrato de sodio y el otro con acetato de sodio) y con tres estados de madurez de la papaya.

Concentración de proteínas con microfiltro Amicon

Se decidió trabajar con el buffer de acetato, ya que con ese buffer los resultados fueron mejores en comparación al buffer de citrato de sodio. Se pusieron a centrifugar 4 tubos con 12 mL cada uno de solución buffer de acetato de sodio con papaya por 30 min a 6,000 rpm.

Se obtuvieron en total 35 mL de extracto proteico de papaya verde, 36 mL de extracto proteico de papaya semimadura 15% de color y 30 mL de extracto proteico de papaya madura.

Se centrifugó el extracto proteico utilizando tubos con microfiltro de marca Amicon Ultra 4 de hasta 100 kDa, a 6,000 rpm, durante 20 minutos en frío, de las cuales se colectaron 4 mL de cada proteína, ya que en [7] encontraron que la β -galactosidasa de papaya tiene un peso molecular de 80.99 kDa y en [8] aislaron isoformas de papaya Eksotica de 31,33 y 67 kDa.

Cuantificación de proteínas por el método de Bradford

Se realizó por el método de Bradford [9] para usar concentraciones iguales en la actividad enzimática.

Actividad enzimática β -galactosidasa para TLC

Se realizó la siguiente mezcla de reacción: Reactivo Cantidad (mL) Sustrato Lactosa 0.018 M 0.50 0.02 M acetato de sodio (pH 5) 1.4 Extracto proteico 0.1 Vol. total 2 El extracto proteico fue ajustado en volumen para colocar 40 μ g de proteína. Se retiraron 10 l, transcurridos los tiempos de 0, 15, 30, 60 minutos y 21 horas, los cuales se mantuvieron a una temperatura de 37°C. Los 10 l y se colocaron 5 minutos a baño María para detener la reacción. De cada muestra se cargaron 1 l en una cromatoplaca.

Cromatografía en capa fina

Inicialmente se utilizó una metodología propuesta en [10], la cual fue mejorada. Se utilizaron tres métodos:

Método 1:

Solución de elución: Metanol 30%, cloroformo 60%, ácido acético 5% y H₂O 5%. Solución de revelado: 0.2% de orcinol en ácido sulfúrico 1 M. La cromatoplaca fue asperjada y posteriormente calentada a 120 °C hasta que aparecieron manchas [10].

Método 2:

Solución de elución: Metanol 40%, cloroformo 30% y ácido acético 10% y H₂O 20%. Solución de revelado: Etanol con 15% de ácido sulfúrico y 0.5% de orcinol. Horneado: 120 °C.

Método 3:

Es una combinación del método uno y del dos. Solución de

elución: Metanol 30%, cloroformo 60%, ácido acético 5% y H₂O 5% [10]. Solución de revelado: Etanol con 15% de ácido sulfúrico y 0.5% de orcinol. Horneado: 120 °C.

Actividad enzimática mediante espectrofotometría

La actividad de la β -galactosidasa se realizó siguiendo el método de Ali et al. [11] con algunas modificaciones.

Mezcla de reacción: 750 L de sustrato (p-nitrofenol- β -D-galactopiranosido 2.66 mM en acetato de sodio 0.025 M pH 4.5) y 350 L de proteína. Se tomó una muestra con tiempo 0 antes de iniciar la reacción, después se incubaron a 37°C por 30 minutos y 1 hora (protegidas de la luz). La reacción se detuvo con la adición de 4.24 mL de carbonato de sodio 0.42 M.

Lectura de actividad enzimática: Se leyó la absorbancia en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 405 nm.

Como blanco se empleó 750 L de sustrato con 350 L de buffer A (acetato de sodio 0.025 M). Se construyó una curva de calibración empleando p-nitrofenil como estándar (1–30 g/mL).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades fisicoquímicas de las papayas

Los frutos de papaya en el transcurso de su maduración incrementaron su pH, °Brix y color externo de verde a naranja, mientras que la firmeza disminuía y el color interno cambiaba de blanco a naranja (ver Tabla I).

Tabla I. Características de los frutos de papaya, indicando el color en el sistema CIELAB, pH, °Brix y firmeza.

Fruto verde			
Promedios	L*	a*	b*
Color externo:	43.31	-11.52	27.58
Color interno:	80.58	-3.47	23.37
pH	5.5		
°Brix	4.0		
Firmeza	144 N		
Fruto con 15% de madurez en piel			
Color externo:	46.63	-7.98	34.30
Color interno:	62.44	25.04	46.82
pH	6.0		
°Brix	7.5		
Firmeza	105 N		
Fruto maduro			
Color externo:	55.52	15.40	43.20
Color interno:	48.49	21.14	17.03
pH	7.0		
°Brix	11.8		
Firmeza	14 N		

Detección de actividad β -galactosidasa mediante cromatografía en capa fina (TLC)

Las manchas que se observaron en la cromatoplaca con el método uno (ver Fig. 1) presentaban arrastre después de la elución, se podía notar ligeramente la presencia de lactosa, galactosa y glucosa, sin embargo, no se podía diferenciar bien a cuál correspondía.

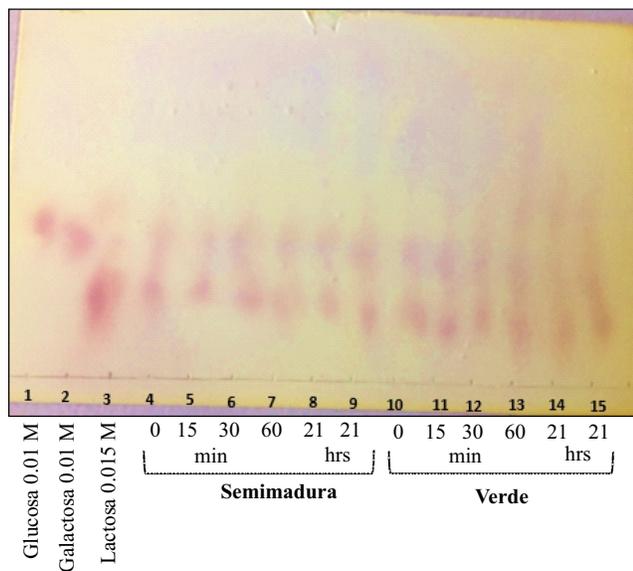


Fig. 1. Cromatoplaque de actividad β -galactosidasa con extracto proteico de papaya, usando el método de Gael Placier [10]. 9. Semimadura 21 horas directo en hielo, 15. Verde 21 horas directo en hielo.

Con el método dos, las manchas que se revelaron eran notables y se podía observar la presencia de la galactosa, así como la lactosa en los extractos con diferentes tiempos. La actividad va incrementando conforme el estado de madurez y al tiempo transcurrido (ver Fig. 2). En la actividad de proteínas de fruto verde la mancha era café, tendiendo a concentrarse en un punto, mientras que en madura eran dos manchas. La actividad en frutos con inicio de madurez también presentaron dos manchas, indicando el inicio mayor de actividad.

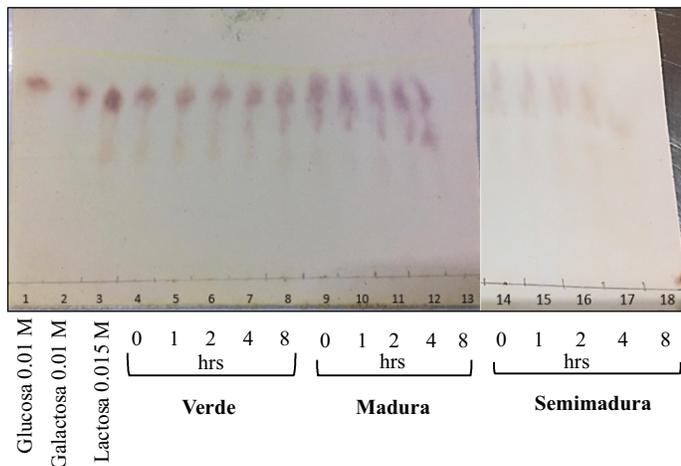


Fig. 2. Cromatoplaque de actividad β -galactosidasa con extracto proteico de papaya, usando el método 2.

De las proteínas totales obtenidas, fueron separadas las de hasta 100 kDa, las cuales fueron empleadas para probar los métodos 2 y 3 de cromatografía. Respecto al primero, se obtuvieron cromatoplaques muy bien eluidos (ver Fig. 3), sin embargo, no había separación de los productos de la actividad enzimática.

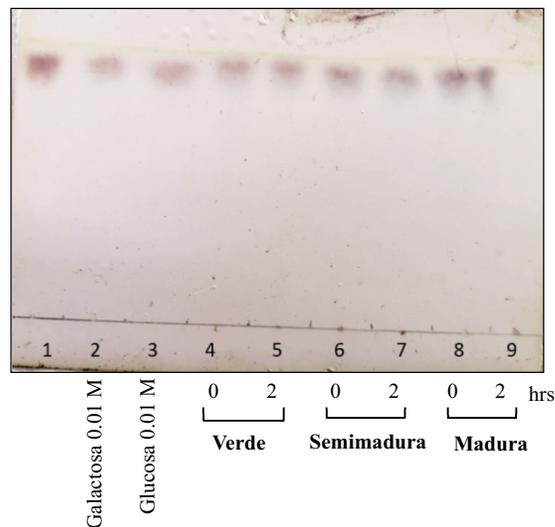


Fig. 3. Cromatoplaque de actividad β -galactosidasa con extracto proteico de hasta 100 kDa de papaya, usando el método 2.

Se volvió a repetir la cromatoplaque, pero esta vez se utilizaron las condiciones del método 3 propuesto, notándose claramente la separación de los productos de la actividad enzimática (glucosa y galactosa) (ver Fig. 4).

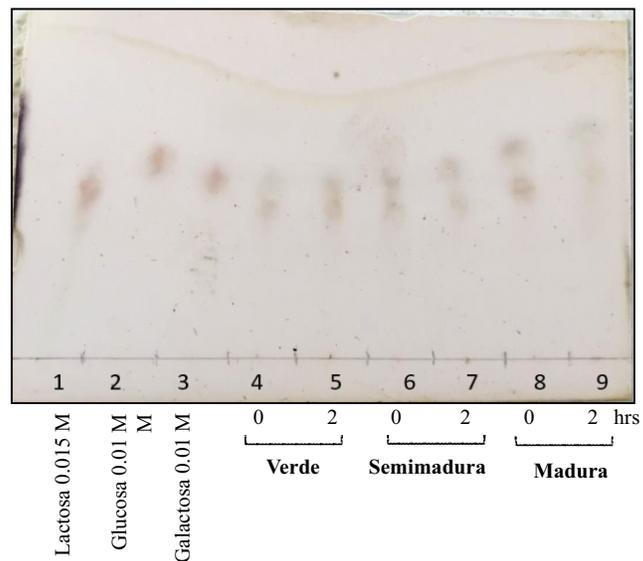


Fig. 4. Cromatoplaques de actividad β -galactosidasa con extracto proteico de hasta 100 kDa de papaya, usando el método 3.

La cromatoplaque presentó la separación donde se puede observar la lactosa, glucosa y galactosa cada una de manera tenue según su madurez y su tiempo de actividad. La β -galactosidasa de papaya semimadura y madura se observa con mayor actividad, ya que las manchas de color después de una hora son más intensas en la parte superior (a nivel de la galactosa).

Medición de la actividad β -galactosidasa mediante espectrofotometría

La curva de calibración ajustada utilizando proteínas de hasta 100 kDa conteniendo a la β -galactosidasa dio origen a la ecuación $y = 0.0035x + 0.0253$ ($R^2 = 0.9472$), a concentraciones de p-nitrofenol de 0 a 30 μg .

La cantidad de p-nitrofenol liberado ($\mu\text{g}/\text{min}$) por la β -galactosidasa de proteína de papaya fue mayor en el fruto verde seguida por el semimaduro y el maduro (0.4786, 0.1095 y 0.6523 respectivamente). Este resultado explica la necesidad de una alta concentración de la enzima para hidrolizar a los carbohidratos poliméricos del fruto verde y degradarlos en azúcares monoméricos, que originara el ablandamiento del fruto, junto con otras enzimas.

IV. CONCLUSIONES

Se visualizó mejor la actividad enzimática en las cromatoplacas, con las mismas concentraciones de proteínas, eluyendo en 3 etapas y utilizando solución de revelado con etanol, ácido sulfúrico y orcinol, en los tres estados de maduración de frutos de papaya Maradol. El uso del microfiltro Amicon Ultra 4 facilitó la determinación de la presencia de la β -galactosidasa.

AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico Nacional de México/ITJMMPYH y al Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP) por el apoyo en la realización del trabajo (Código/Número: ITJMMPH-PTC-008).

REFERENCIAS

- [1] Perez S, Ávila G, Coto O. (2015). "Avocado (Persea America Mill)". *Cultrop*. 36: 30-32.
- [2] Chen NJ, Paull RE. (2003). "Endoxylanase expressed during papaya fruit ripening: purification, cloning and characterization". *Functional Plant Biol* 30: 433-441.
- [3] Manenoi A, Paull RE. (2007). "Papaya fruit softening, endoxylanase gene expression, protein and activity". *Physiol Plant* 131: 470-480.
- [4] Sañudo-Barajas JA, Labavitch J, Greve C, Osuna-Enciso T, Muy-Rangel D, Siller-Cepeda J. (2009). "Cell wall disassembly during papaya softening: Role of ethylene in changes in composition, pectin-derived oligomers (PDOs) production and wall hydrolases". *Postharvest Biol Technol* 51: 158-167.
- [5] Brumell DA, Harpster MH. (2001). "Cell wall metabolism in fruit softening and quality and its manipulation in transgenic plants". *Plant Mol. Bio.* 47: 311-340.
- [6] Iniesta-González JJ. (2014). "Caracterización molecular de la endoxilanas involucrada en la maduración de frutos de papaya Maradol (*Carica papaya* L.) y aislamiento de su cDNA". Tesis de Doctorado. Universidad de Colima. Pp. 34
- [7] [Othman R.](#), [Choo T.S.](#), [Ali Z.M.](#), [Zainal Z.](#), [Lazan H.](#) (1998). "A full-length beta-galactosidase cDNA sequence from ripening papaya". *Plant Physiol.* 118:1102-1102.
- [8] [Zainon Mohd Ali](#), [Shu-Yih Ng](#), [Roohaida Othman](#), [Lee-Yin Goh](#), [Hamid Lazan](#). (2002). "Isolation, characterization and significance of papaya beta-galactanases to cell wall modification and fruit softening during ripening". *Physiologia Plantarum* 104(1): 105-115.
- [9] Bradford M. (1976). "A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of proteins utilizing the principle of protein-dye binding". *Anal. Biochem.* 72: 248-254.
- [10] Gael Placier, Hildegard Watzlawick, Claude Rabiller y Ralf Mattes. (2009). "Evolved β -Galactosidases from *Geobacillus stearothermophilus* with

- [11] Ali ZM, Ng SY, Othman R, Goh LY, Lazan H. (1998). "Isolation, characterization and significance of papaya β -galactanases to cell wall modification and fruit softening during ripening". *Physiol. Plant.* 104: 105-115.

La calidad del servicio brindada a los clientes de una Empresa Hotelera en Rioverde, S.L.P.

Service Quality offered to the Clients of a Hotel Company in Rioverde, S.L.P.

Zárate Camacho Lizbeth Angélica, Cruz Díaz Imelda, Méndez Martínez Sofia Cristina, Sánchez

Martínez María Cruz

Ingeniería en Gestión Empresarial

Tecnológico Nacional de México/ ITS de Rioverde.

Carretera Rioverde-San Ciro Km. 4.5. C.P. 79610.

lizbeth.zc@rioverde.tecnm.mx, imeelda25@gmail.com, sm9415115@gmail.com,

marisanchezmtz@gmail.com

Resumen- La calidad del servicio es el tema principal de la presente investigación, se realizó en el hotel Villas de San Miguel Media Luna en Rioverde, S.L.P.

El objetivo principal fue descubrir y analizar cuál es la percepción de la calidad del servicio de los clientes del hotel Villas de San Miguel Media Luna, Rioverde, S.L.P.

La población que se estudió fueron los clientes del hotel, se extrajo una muestra de 196 clientes con la que se analizaría su percepción de la calidad, la investigación es de tipo cuantitativa, descriptiva, explicativa, correlacional y transversal. El modelo que se utilizó fue SERVPERF (Service Performance) el cual emplea cinco dimensiones (tangibilidad, fiabilidad, capacidad de respuesta, seguridad y empatía). El cuestionario constó de 22 ítems el cual se evaluó con la escala de Likert con la puntuación máxima de 7 y la mínima de 1.

Los resultados que se obtuvieron fue que la dimensión de tangibilidad es la más deficiente, seguida de la dimensión de fiabilidad, la más fuerte estadísticamente fue la empatía. En conclusión, se determina que los clientes no perciben que el hotel tenga unas instalaciones que luzcan atractivas y que lo que es visible no da buen aspecto, aunque se encuentra en una escala de buena, esto aún es el más deficiente que el resto de las dimensiones. Y debido a que empatía fue la dimensión más fuerte significa que los clientes consideran que los empleados les brindan un servicio amable y considerado tomando en cuenta la situación de cada uno de los clientes.

Palabras clave- Calidad del servicio, tangibilidad, fiabilidad, capacidad de respuesta, empatía, percepción, clientes.

Abstract- Service Quality is the main theme of this investigation, it was carried out at the Hotel Villas de San Miguel Media Luna in Rioverde, S.L.P.

The main objective was to discover and analyze what is the perception of the service quality of the customers of the Hotel Villas de San Miguel Media Luna, Rioverde, S.L.P.

The studied population were the hotel customers, a sample of 196 customers was extracted with which their perception of quality would be analyzed, the research is quantitative, descriptive, explanatory, correlational and transversal. The model used was SERVPERF (Service Performance) which uses five dimensions (tangibility, reliability, responsiveness, security and empathy). The questionnaire consisted of 22 items which were evaluated with the Likert scale with the maximum score of 7 and the minimum of 1.

The results obtained were that the tangibility dimension is the most deficient, followed by the reliability dimension, the strongest statistically was empathy. In conclusion, it is determined that customers do not perceive that the hotel has facilities that look attractive and that what is visible does not look good, although it is on a good scale, this is still more deficient than the rest of the dimensions. And because empathy was the strongest dimension, it means that

customers believe that employees provide them with polite and considerate service with each customer's situation in mind.

Keywords- Service quality, tangibility, reliability, responsiveness, empathy, perception, customers.

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo la administración de los recursos humanos se vuelve indispensable para poder mejorar la experiencia del cliente en la empresa, de alguna manera la carencia de administración de recursos humanos puede reflejar conflictos y debilidades en la organización.

Se indica que "...la calidad del servicio que los trabajadores brindan a los usuarios no satisface sus expectativas y además genera que la cooperativa dé una mala imagen de los servicios que ofrece, ya que somos las personas quienes establecemos un clima adecuado o no dentro del ambiente en el que nos desenvolvemos, razón por la cual es necesario diagnosticar los elementos que debilitan las fortalezas internas, enfocado en el diagnóstico del clima organizacional" [1].

A partir del 2020 con la entrada de la pandemia de COVID-19 los hoteles del área de Rioverde se enfrentaron a una gran crisis, debido a la baja demanda, esto a su vez causada por el cierre de centros turísticos. Actualmente, y por otra parte las medidas y restricciones sanitarias que deben implementar causan dificultad en hoteles que no tiene suficientes recursos materiales y/o humanos, todo esto los lleva a brindar un servicio deficiente.

La mayoría de estas dificultades se han visto reflejadas en el área administrativa, pero los empleados no están alejados de estos hechos, ya que a través de sus representantes expresan que existe dificultad en desarrollar sus labores, cuando el clima laboral no es el óptimo. Al no existir un clima organizacional estable, el comportamiento organizacional se verá afectado de manera directa, las metas establecidas difícilmente se podrán cumplir, los resultados de las actividades no serán los óptimos, y al final dichas debilidades serán reflejadas en la calidad del servicio de los huéspedes.

Se indica que "Una de las debilidades u omisiones de las organizaciones, es el no considerar a los trabajadores (empleados), olvidando que ellos reflejan los valores, la calidad y el servicio que otorga la institución hacia los usuarios de los servicios..." [2].

El Hotel Villas de San Miguel Media Luna, Rioverde, S.L.P. está ubicado a un costado del Canal de la Media Luna 500 metros antes de llegar al parque turístico, debido a que se encuentra más

cerca del manantial es una de las mejores opciones para que los turistas que decidan hospedarse puedan disfrutar de las bellezas naturales que esta zona ofrece. Se decidió investigar el Hotel Villas de San Miguel Media Luna debido a la poca demanda de hospedaje y se pretende analizar si esta baja demanda es derivada de la deficiencia del servicio y atención al cliente.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En seguida se presentan los objetivos planteados en la presente investigación.

Objetivo general

Descubrir y analizar cuál es la percepción de la calidad del servicio de los clientes del hotel Villas de San Miguel Media Luna, Rioverde, S.L.P.

Objetivos específicos

- Conocer cuál es la percepción de los clientes sobre la calidad del servicio en el hotel Villas de San Miguel Media Luna, Rioverde, S.L.P.
- Descubrir cuál es la dimensión de la calidad más deficiente en el hotel Villas de San Miguel Media Luna, Rioverde, S.L.P.
- Descubrir cuál es la dimensión más fuerte de la calidad en el hotel Villas de San Miguel Media Luna, Rioverde, S.L.P.

Hipótesis

- H1a: La calidad del servicio que ofrece el hotel Villas de San Miguel Media Luna, Rioverde, S.L.P., es buena.
- H1o: La calidad del servicio que ofrece el hotel Villas de San Miguel Media Luna, Rioverde, S.L.P., no es buena.

Justificación

Dar un buen servicio es complicado, pero se puede lograr, existen muchas empresas que logran entregar un servicio de calidad y algunas otras que por más esfuerzos que hagan no logran entregar calidad en el servicio. Para un buen servicio se deben aprovechar los recursos con los que cuenta la organización para llegar a ser competentes, trabajar en equipo para lograr los objetivos comunes y no los objetivos individuales.

Se informa que "...el compromiso personal hacia su organización es crucial y decisivo sobre todo en la toma de decisiones, generando muchos beneficios tanto en lo personal, como en lo profesional y por consiguiente un gran aporte a la facultad" [2].

Por lo tanto, analizar las características sociodemográficas de los clientes nos ayudará a conocer las expectativas y percepción sobre la calidad del servicio y atención que se brinda a los huéspedes del hotel Villas de San Miguel Media Luna, Rioverde, S.L.P.

El trato y la atención al cliente resulta ser primordial en la calidad del servicio, ya que de esto depende la preferencia y lealtad de los clientes hacia este hotel.

La importancia de este estudio radica en analizar la percepción de los clientes sobre la calidad del servicio en el hotel Villas de San Miguel Media Luna, Rioverde, S.L.P. para así poder determinar posibles soluciones que mejoren la calidad y atención a los clientes, si es que así se requiere.

Esta investigación beneficiará no solo al hotel sino también a los futuros huéspedes, ya que con los resultados obtenidos en ella podrán tomarse decisiones de cambios que ayuden a mejorar la calidad del servicio, o implementar nuevas ideas que también generen satisfacción al cliente. El hotel, por otra parte, también será beneficiado económicamente, ya que al incrementar la calidad en el servicio será una opción ideal para los turistas. Además, los clientes recurrentes que quedan satisfechos con el servicio darán buenas referencias e influirán en la preferencia de clientes potenciales, para que conozcan y disfruten las instalaciones y servicios que ofrece el hotel Villas de San Miguel Media Luna, Rioverde, S.L.P.

III. MARCO TEÓRICO

Las teorías que sustentan este estudio son la teoría general de sistemas, ésta tiene un enfoque interdisciplinario, lo que quiere decir que es aplicable a cualquier sistema, tanto natural o artificial [3], también está la teoría del control total de la calidad que es un sistema que trata de que los productos alcancen mayor calidad, también está la teoría de Joseph Juran que en si busca mejorar la calidad desde una perspectiva de ingresos y costos, así también se encuentra la teoría de los dos factores de Herzberg que dice que los trabajadores necesitan de dos factores que son la higiene y motivación para desempeñarse correctamente en la organización. También se utilizará un método de análisis de calidad del servicio y éste será el Service Performance (SERVPERF) que "debe su nombre a la exclusiva atención que presta a la valoración del desempeño (SERVice PERFORMANCE) para la medida de la calidad de servicio" (gestión) [4].

Westreicher, [5] indica que "Un bien tangible es todo aquel que tenga forma física, es decir, puede ser percibido y ocupa un espacio". Demuner, [6] define capacidad de respuesta como acción tomada en base al conocimiento adquirido y a las habilidades desarrolladas que potencian a la organización para comprender y actuar efectivamente. Kleine, [7] comenta que "Una definición habitual de fiabilidad relaciona a ésta con la disminución de las averías en los equipos. Por mejorar la fiabilidad se entiende tener la capacidad de identificar los problemas y reparar los equipos antes de que el departamento de operaciones advierta que hay algo que no funciona". Según Québec, [8] la seguridad es un estado en el cual los peligros y las condiciones que pueden provocar daños de tipo físico, psicológico o material son controlados para preservar la salud y el bienestar de los individuos y de la comunidad. Y, por último, empatía se define, [9] como "una comunicación emotiva de una persona hacia otra que en la vida diaria es ajena a ella, habitualmente demuestra que puede conectarse y responder de una manera adecuada a los menesteres del otro, como parte de las habilidades sociales".

IV. METODOLOGÍA

La presente investigación es de tipo cuantitativo, descriptiva, explicativa, correlacional y transversal. La población que se estudia en la investigación son los clientes del hotel Villas de San Miguel Media Luna, de dicha población se extrajo una muestra con la fórmula, presentada en la Ec. 1, para poblaciones infinitas:

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{e^2} \quad (1)$$

Ec. 1

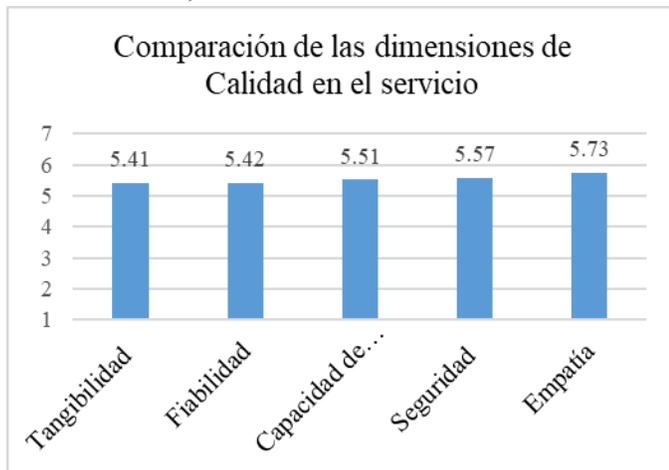
La muestra obtenida fue de 196 clientes del hotel Villas de San Miguel Media Luna.

El muestro es de tipo no probabilístico y por conveniencia, [10] es una técnica de muestreo no probabilística donde las muestras de la población se seleccionan solo porque están convenientemente disponibles para el investigador. Estas muestras se seleccionan solo porque son fáciles de reclutar y porque el investigador no consideró seleccionar una muestra que represente a toda la población, entonces el muestreo será no probabilístico y por conveniencia.

Una vez analizados las diferentes técnicas de recolección se eligió la encuesta debido a que recoge de manera individual la opinión de los clientes de la empresa y como instrumentos de medición se usó SERVPERF, [11] “la escala SERVPERF, produce como resultado un puntaje o calificación acumulada de la calidad general de un servicio”. La encuesta está conformada por 22 ítems relacionado con las dimensiones: tangibilidad, fiabilidad, empatía, capacidad de respuesta, seguridad y las variables sociodemográficas: sexo, edad, estado civil, puesto de trabajo, escolaridad y lugar de procedencia y la escala de Likert utilizando 1 como mínimo y 7 como valor máximo, esto para evaluar la percepción de los clientes.

V. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A continuación, se indican los resultados obtenidos.



En la Gráfica 1 se muestran la comparación de los resultados que se obtuvieron en las 5 diferentes dimensiones, esto para poder observar cuál es la dimensión más fuerte y cuál es la dimensión más deficiente.

VI. DISCUSIÓN

A diferencia de la investigación realizada por Wendy Raquel Flores Cano, Janett de los Ángeles Rosales Mercado y Luis Edgardo Cruz Ortiz la dimensión más fuerte en clínica universitaria de UNAN-Managua en Nicaragua fue tangibilidad lo

que quiere decir que tiene unas instalaciones cómodas y que a los clientes les parecen atractivas. Mientras que en la presente investigación la tangibilidad fue la dimensión más baja de las 5 dimensiones analizadas, debido a que el hotel Villas de San Miguel Media Luna, no luce muy atractivo a los turistas.

Otra investigación con la que se puede comparar los resultados es la realizada por Maldonado, Canto y Pereyra en [12], la cual aplicó el modelo SERVQUAL y obtuvo que la dimensión menos fuerte fue la empatía de acuerdo a las brechas obtenidas de perspectivas y expectativas, esto se contrapone a lo que en la presente investigación se obtuvo, ya que en el hotel Villas de San Miguel Media Luna empatía fue la dimensión más fuerte y más consistente.

A semejanza de la investigación que realizó Pedraza, Lavín y Bernal, [13] en Tamaulipas la dimensión más fuerte y dominante fue la empatía, demostrando que la atención por parte de los empleados es buena o muy buena. Esto quiere decir que la empresa en donde se aplicó la investigación y el hotel Villas de San Miguel Media Luna dan una buena capacitación a los empleados para que se desarrollen de manera correcta con los clientes.

VII. CONCLUSIONES

En conclusión, la percepción de la calidad del servicio en el hotel Villas de San Miguel Media Luna, Rioverde, S.L.P. se considera entre buena y muy buena, ya que estadísticamente se obtuvo un promedio de 5.53, el cual está exactamente a la mitad de estas dos escalas. Si bien no es muy buena puede llegar a mejorar de manera que los clientes tengan hasta una percepción de excelencia.

Las cinco dimensiones utilizadas en esta investigación (tangibilidad, fiabilidad, capacidad de respuesta, empatía y seguridad) fueron evaluadas con el instrumento Service Performance, de esta manera se pudo determinar que la dimensión más deficiente fue tangibilidad (5.41), realmente la diferencia con la segunda dimensión que es fiabilidad deficiente (5.42) no es más que de 1 centésima, ya que estas se encuentran en el rango de bueno con ligera tendencia a mejorar. Al ser tangibilidad la dimensión más baja en promedio, se determina que los clientes no perciben que el hotel tenga unas instalaciones que luzcan atractivas y que lo que es visible no da buen aspecto, aunque se encuentra en una escala de buena, esto aún es el más deficiente que el resto de las dimensiones.

Por otro lado, la dimensión más fuerte o alta al momento de la evaluación de la calidad del servicio es empatía (5.73), lo que significa que los clientes consideran que los empleados les brindan un servicio amable y tomando en cuenta la situación de cada uno de los clientes.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Hotel Villas de San Miguel Media Luna por permitirnos realizar este estudio en la empresa, y además apoyarnos con los datos que requeríamos para completarlo.

REFERENCIAS

[1] G. Luzón. (2012). “Como influye el clima organizacional en la productividad de los trabajadores de las sucursales de la Cooperativa de Ahorro y Crédito “Luz del Valle””. Quito, Ecuador.

[2] J. A. Zans, (2016). “Clima Organizacional y su incidencia en el desempeño laboral de los trabajadores administrativos y docentes de la Facultad Regional

Multidisciplinaria de Matagalpa, UNAN – Managua en el período 2016”. Managua, Nicaragua.

[3] O. Johansen. “Introducción a la Teoría General De Sistemas”. LIMUSA Grupo Noriega Editores.

[4] A. C. D. y. Gestión. “SERVPERF, una alternativa al SERVQUAL”. [En línea]. Available: <https://www.aiteco.com/servperf-una-alternativa-al-servqual/>. [Último acceso: 23 octubre 2021].

[5] G. Westreicher. “Economipedia”. 29 Abril 2020. [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/bien-tangible.html>.

[6] O. U. B. y. M. A. I. C. María Del Rosario Demuner. (2018). “Capacidad de respuesta y capacidad de absorción. Estudio de empresas manufactureras en México.

[7] B. Kleine. (2009). “¿Qué es fiabilidad? El cambio del paradigma de fiabilidad”. Revista ABB, p. 35.

[8] Québec. “Definición del concepto de seguridad”. 17 Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://www.inspq.qc.ca/es/centro-collaborador-oms-de-quebec-para-la-promocion-de-la-seguridad-y-prevencion-de-traumatismos/definicion-del-concepto-de-seguridad>.

[9] C. C. Campos. (2017). “Empatía Y Habilidades Sociales”. Quetzaltenango.

[10] M. d. C. Salgado. (2019). “Muestra probabilística y no probabilística”.

[11] P. E. F. V. D. S. H. W. y. J. P. Yenire Barreto. (2011). “Modelo SERVPERF Calidad en la Gestión de Servicios”.

[12] A. M. C. E. y. A. P. C. Marbella Maldonado. (2018). “Calidad en el servicio en micronegocios del sector artesanal de madera en una comisaría de Mérida, México”. Mérida.

[13] J. L. y. I. B. Norma Pedraza. (2014). “Evaluación de la calidad del servicio en la administración pública en México: Estudio multicaso en el sector salud” Tamaulipas, México.

Proyecto control de compuerta automatizada para aprovechamiento eficiente del agua pluvial

Automated gate control project for efficient use of rainwater

Karla Paola Martínez Cano, Jaime Eliyak Torres Sanromán, Víctor Manuel Vicencio Martínez, Yurivia Torres Meraz

División de Ingeniería en Sistemas Computacionales
Tecnológico Nacional de México/ITS de Rioverde

Carretera Rioverde-San Ciro km 4.5. Col. María del Rosario. C.P. 79610, Rioverde, SLP.
119224023@rioverde.tecnm.mx, 118224009@rioverde.tecnm.mx, victor.vm@rioverde.tecnm.mx,
yurivia.tm@rioverde.tecnm.mx.

Resumen- En el presente trabajo se presenta la realización de un proyecto de captación de agua de lluvia implementando automatización. Se aplicó una investigación de campo con la cual se identificaron las características y requerimientos necesarios para implementarse en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Rioverde (ITSRV).

Se trabajó en colaboración con alumnos de 4° y 6° semestre pertenecientes a la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Los resultados que arrojó la investigación fue el diseño preliminar del prototipo y maquetado del proyecto.

Palabras clave- Automatización, Captación, Pluvial, Sensores.

Abstract- This paper presents the realization of a rainwater harvesting project implementing automation. A field investigation was applied in which the characteristics and requirements necessary to be implemented in the facilities of The Instituto Tecnológico Superior de Rioverde (ITSRV by its Spanish initials) were identified.

We worked in collaboration with 4th and 6th semester students of Computer Systems Engineering career.

The results of the investigation were the preliminary design of the prototype and layout of the project.

Keywords- Automation, Catchment, Pluvial, Sensors.

I. INTRODUCCIÓN

Una de las soluciones para hacer frente a la escasez de agua es el aprovechamiento eficiente del agua de lluvia, tradición milenaria que se practica desde hace 5000 años. A lo largo de distintas épocas, culturas en todo el mundo desarrollaron métodos para recoger y utilizar el recurso pluvial, sin embargo, con el progreso de los sistemas de distribución entubada, estas prácticas se fueron abandonando [1].

Ahora ante el reto que supone el aumento de la población y la escasez del suministro, tanto en las zonas urbanas como rurales, la captación de agua de lluvia y nuevos sistemas para su correcta gestión, vuelven a verse como una solución para ahorrar y aumentar las reservas de agua [2].

Es por ello que tanto docentes como alumnos de Ingeniería en Sistemas computacionales, decidieron crear una propuesta de solución a esta problemática implementando sensores y actuadores para automatizar la compuerta que permitirá la captación de agua de lluvia.

El presente trabajo está dividido en las siguientes secciones: en la sección 2 se explican las actividades realizadas, las cuales son: observación, medición, análisis y prototipado.

La propuesta de solución se presenta en la sección 3; y posteriormente, se plantean las conclusiones.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una investigación de campo para poder determinar las particularidades y elementos necesarios para llevar a cabo el proyecto.

Las actividades realizadas dentro del análisis en la investigación de campo, se encuentran las siguientes:

A. Observación

En esta primera actividad se realizó un recorrido por las instalaciones del ITSRV. Derivado de este recorrido se determinó el lugar adecuado como muestra, siendo uno de los comedores ubicados al lateral izquierdo del Edificio C, debido a que no hay una toma de agua próxima a ellos y aunado a que se encuentra cerca un área amplia para que el recurso captado pueda ser aprovechado. La Fig. 1 muestra el lugar elegido.



Fig. 1. Lugar seleccionado para la implementación del proyecto
Fuente: Elaboración propia

Mediante observación se determinó el punto crucial para colocar el dispositivo que permitirá automatizar la compuerta. El punto seleccionado es adecuado, ya que protege el dispositivo de las inclemencias del tiempo, esto puede observarse en la Fig. 2, de igual manera se eligió el sitio y la forma en la que se colocarán canaletas para la captación del agua.



Fig. 2 Sitio de ubicación del dispositivo
Fuente: Elaboración propia

B. Medición

Después de seleccionar el sitio ideal, se procedió a tomar las medidas necesarias del comedor. Esto para determinar las características de las canaletas y elementos a utilizar.

También se tomó medida de la altura del tubo que llevará el agua hasta el contenedor, tomándose en cuenta que el contenedor se encontrará bajo tierra, por lo que se deben considerar las medidas del suelo hacia el fondo, hasta el lugar en el que se encuentre el contenedor. La Tabla I muestra el listado de estas medidas.

Tabla I. Listado de medidas

ELEMENTO	CANTIDAD	MEDIDA
Tubo de PVC	2	4.6 m
Tubo de PVC	2	3.10 m
Tubo de PVC	1	6 m
Cable	1	45 m
Malla	2	4.6 m
Malla	2	3.10 m
Tinaco	1	600 ml

Fuente: Elaboración propia

C. Análisis para el dispositivo

Para la creación del dispositivo se analizaron distintos componentes, entre los que destaca el sensor de lluvia, existen diferentes sensores como los descritos a continuación:

- **Pluviómetro.** Medidor de precipitación líquida que transforma la cantidad de lluvia en pulsos eléctricos, correspondiendo generalmente cada pulso a 0.1 o 0.2 mm de precipitación. Se pueden encontrar e diferentes volúmenes. [3]
- **Sensores de detección de lluvia.** No miden la cantidad de agua como los pluviómetros, sino que detectan la presencia o no de lluvia. Las gotas de lluvia serán las responsables de cerrar el circuito electrónico que lleva el sensor para dar la señal correspondiente. También se

puede utilizar para detectar la presencia de condensación. Este circuito es el que se utilizó para el proyecto [3].

Otro de los componentes importantes es el Arduino Uno, que es una tarjeta electrónica digital y además es un lenguaje de programación basado en C++ que es “open-source”, en español se traduce como de “uso-libre”. Su Hardware está construido por un microcontrolador de la familia AVR y es una de las tarjetas electrónicas más usadas para crear prototipos [4].

Las características de Arduino Uno son las descritas en la Tabla II.

Tabla II. Características de Arduino Uno

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Velocidad	16 Mhz
14 pines	Entrada/salida digital
6 canales	Entrada analógica
1 puerto	UART
1 puerto	I2C
1 puerto	SPI
1 procesador	ATmega328p de 8 bits
Memoria flash	32 KB
RAM	2 KB
EPROM	1 KB
Voltaje	5 Volts

Fuente: Elaboración propia

D. Diseño de Prototipos

Ya con las medidas necesarias y elegidos los componentes para el dispositivo, se procedió a elaborar el diseño. En este aspecto se desarrollaron dos prototipos. El primero en relación a la instalación de los elementos para la captación de agua, el cual se muestra en la Fig. 3 y el segundo para el diseño del dispositivo.



Fig. 3 Instalación de elementos

Para el caso del dispositivo se emplearon los componentes descritos en la Tabla III y en la Tabla IV, este diseño se muestra en la Fig. 4

Tabla III. Componentes del dispositivo

ARTÍCULO	CANTIDAD
Cable de protoboard	1
Cables tipo Dupont	10
Sensor de lluvia	1
Micro servo-motor	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV. Componentes del dispositivo

ARTÍCULO	CANTIDAD
Arduino-UNO	1
Resistencias	6
Leds	2
Transistor	3
Protoboard	2

Fuente: Elaboración propia



Fig. 5 Maqueta

Fuente: Elaboración propia

En la Fig. 6 puede observarse el prototipo del dispositivo que permitirá la automatización de la compuerta.

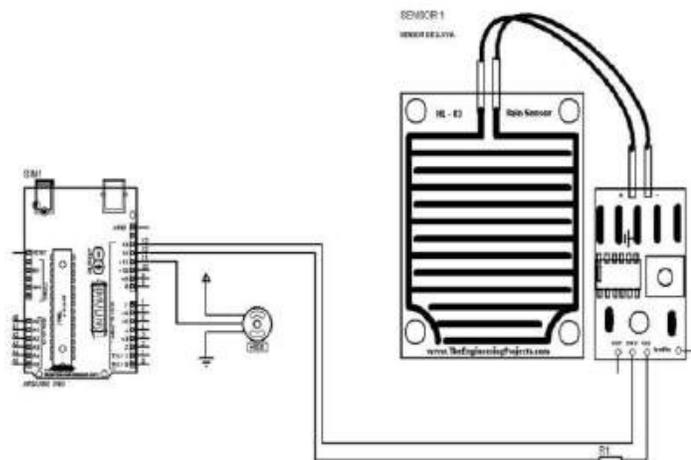


Fig. 4 Diseño del dispositivo de captación de agua de lluvia. Fuente: Elaboración propia

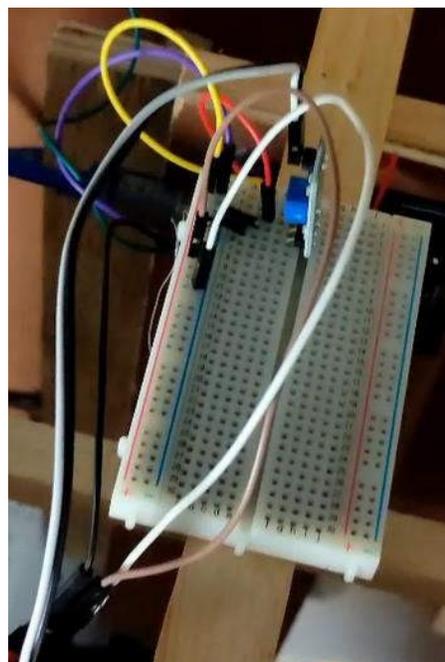


Fig. 6 Dispositivo

Fuente: Elaboración propia

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez realizado el análisis preliminar y elaborado el diseño de acuerdo a las características planteadas, se obtuvieron los siguientes prototipos.

El prototipo mostrado en la Fig. 5, muestra la estructura que estará colocada en el comedor, las canaletas que se observan en la maqueta captarán el agua de lluvia, éstas están protegidas por una malla que evitará que caigan elementos de tamaño considerable, y que puedan correr a través de la misma obstruyendo el paso del agua.

El agua bajará a través del tubo y caerá dentro del tinaco que se encontrará bajo tierra.

Para el funcionamiento del dispositivo se utilizó el programa Arduino para la programación de los componentes, la Fig. 7 plasma el código generado.

En este código se declaran las variables de uso, se inicializan los pines que leerán y escribirán los datos, después se hace lectura del sensor de humedad y de nivel. Si ambos sensores no leen actividad, el servomotor de la tapa se mantendrá cerrado, en caso contrario el servomotor se activará y se cerrará la compuerta de entrada al contenedor.



```

sketch_dec02a Arduino 1.8.15
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

sketch_dec02a $
#include <Servo.h>

Servo servoM;

bool senLluvia;
bool senNivel;

void setup() {
  servoM.attach(3);
}

void loop() {
  senNivel = digitalRead(6);
  senLluvia = digitalRead(5);

  if (senLluvia == LOW && senNivel == LOW){
    delay (5000);
    servoM.write(0);
  }else{
    servoM.write(90);
  }
}

```

Fig. 7 Programa del Arduino
Fuente: Elaboración propia

Los sensores actúan en relación de las condiciones que se le programen enviando señales a la compuerta para abrirla o cerrarla, detectan el nivel de agua del contenedor, si está llena la compuerta se cierra.

El sensor de humedad abrirá la compuerta si detecta que está lloviendo y si el contenedor tiene espacio.

IV. CONCLUSIONES

Cada día aumenta el número de personas en el planeta. Todas demandamos el consumo de agua, en tiempos actuales, en donde impera la escasez de la misma, es por ello que resulta de suma importancia tomar acciones que permitan el poder captar y retener este recurso.

Este proyecto es una propuesta interesante que busca obtener el aprovechamiento del agua de lluvia. Al poder contenerla y evitar su desaprovecho, se garantiza que en tiempos de sequía se cuente con un reservorio que ayudará en esta muestra al riego de las plantas que se encuentran cerca del área de ubicación.

El implementar sensores y actuadores beneficia en que se pueden optimizar los recursos materiales, tecnológicos y humanos, de igual manera se tiene una mayor efectividad en la gestión del riesgo, ya que no es necesario que una persona esté pendiente de abrir o cerrar la compuerta durante la lluvia, puesto que esto se realiza de forma automática.

Este proyecto constituye la primera fase que corresponde a la captación. La distribución y óptima gestión del agua se tratarán en una fase posterior.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los alumnos de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales pertenecientes a los semestres 4° y 6°, por su importante colaboración en la elaboración del presente proyecto.

REFERENCIAS

- [1] D. Lozano. (2019). “Esquema general de intervención para diseño del sistema de recolección de aguas lluvias en una planta de producción ubicada en Cundinamarca”, pp. 1.
- [2] Hidro Pluviales. (2017). “Captación de agua lluvia en el mundo”. Online <https://hidropluviales.com/2018/07/05/captacion-agua-de-lluvia-2/#:~:text=Es%20la%20pr%C3%A1ctica%20de%20recolectar,agua%20de%20forma%20m%C3%A1s%20inteligente.>
- [3] A. Perdígones, M.A Muñoz, J. Nolasco, I. Peralta, V. Pascual. (2004). “Sensores para el control climático en invernadero”. Revista Horticultura. pp. 49. Online http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rh179/44_49.pdf
- [4] R. Estrada. (2021) “¿Qué es Arduino?”. HETPRO Herramientas Tecnológicas Profesionales. Online: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/que-es-arduino/#:~:text=Un%20Arduino%20es%20una%20tarjeta,aplicaciones%20en%20un%20micro%20controlador.>

El papel del ser humano y sus conocimientos en la Industria 5.0

The role of human being and their knowledge in Industry 5.0

Maria Elena Zamora Gamez, Vicente Rodríguez González, Jasiel Reyes Hernández, Perla del Refugio Escamilla Martínez
Departamento Ingeniería Industrial
Tecnológico Nacional de México /ITS de Rioverde
Carretera Rioverde –San Ciro km 4.5. Col Maria del Rosario C.P. 79610 Rioverde, S.L.P.
marielena88@outlook.es, vicrg221@gmail.com, rjasiel718@gmail.com, perla.esmtz@hotmail.com

Resumen- Los estudios acerca de la introducción de robots a la industria muestran cómo el personal se ve renuente a la aceptación de éstos, pues tienen el estigma que éstos los removerán de sus tareas, entre otros pensamientos. Sin embargo, con el desarrollo de esta nueva industria se observa cómo ha cambiado el vínculo entre humano y robot.

La presente es una investigación documental con corte cualitativo interpretativo que pretende describir el papel del ser humano en la industria 5.0 y su relación con los robots, detallando las actividades que lleva a cabo en esta industria y cuáles son las ventajas de ésta con respecto a la industria 4.0. Se utilizó para esta la declaración PRISMA como guía para la revisión sistemática de la literatura documentando el proceso heurístico que se siguió para conformar el corpus de la investigación.

Se encontró que la colaboración humano-robot ha mejorado considerablemente en la quinta revolución industrial con respecto a la cuarta, pues mientras ésta se había centrado en la eficiencia de los robots, el aumento de la producción y el desarrollo de nuevas tecnologías la industria 5.0 centra su proceso en el ser humano y la importancia que este tiene en los procesos industriales. La investigación sobre el rol del ser humano en la naciente industria 5.0 resulta de gran ayuda pues muestra: actividades reales de los robots en colaboración con el ser humano y como para el éxito de estas tareas es indispensable hombre y robot colaborando día a día.

Palabras clave- Industria 5.0, I5.0, quinta revolución industrial, robots colaborativos, robótica, ciberseguridad, papel del humano, conocimientos, habilidades, seguridad informática, cobots, humanos.

Abstract- Studies about the introduction of robots to the industry show how the staff is reluctant to accept them, since they have the stigma that they will remove them from their tasks among other things. However, with the development of this new industry, it is observed how the link between human and robot has changed.

This is a documentary research with a qualitative interpretive nature that aims to describe the role of the human being in industry 5.0 and its relationship with robots, detailing the activities carried out in this industry and what are its advantages with respect to the industry 4.0. For this, the PRISMA statement was used as a guide for the systematic review of the literature, documenting the heuristic process that was followed to form the research corpus.

It was found that human-robot collaboration has improved considerably in the fifth industrial revolution compared to the fourth, since while the latter had focused on the efficiency of robots, the increase in production and the development of new technologies, industry 5.0 focuses its process in the human being and the importance that this has in industrial processes. Research on the role

of the human being in the emerging industry 5.0 is of great help as it shows: real activities of the robots in collaboration with the human being and how, for the success of these tasks, man and robot are essential collaborating every day.

Keywords- Industry 5.0, I5.0, fifth industrial revolution, collaborative robots, robotics, cybersecurity, human role, knowledge, skills, computer security, cobots, humans.

I. INTRODUCCIÓN

La Industria 5.0 es la siguiente revolución industrial [1], actualmente la cuarta revolución se encuentra en curso con el presente estado del arte se pretende una mejor comprensión del tema mencionado. La Industria 5.0 es aquella habilidad tecnológica que busca aliar a las capacidades artificiales de los robots y mejorarlos de acuerdo al manejo de los humanos, pues esta unión genera resultados rápidos, eficaces y concretos.

El objetivo de esta investigación es identificar el concepto de la Industria 5.0 sus características, evolución y elementos principales para explicar el papel del ser humano en esta nueva etapa de la industria y las actividades que éste lleva a cabo, así como identificar el concepto de cobot (robots colaborativos) y sus características, del mismo modo se busca conocer el grado de eficiencia y ventajas en la industria, además de conocer los diferentes tipos de cobots. Identificar las definiciones de las nuevas tecnologías de la Industria 5.0, su clasificación y los retos que presentan para su aplicación en la industria.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente es una investigación documental con corte cualitativo interpretativo que pretende describir el papel del ser humano en la Industria 5.0 y su relación con los robots, detallando las actividades que lleva a cabo en esta industria y cuáles son las ventajas de ésta con respecto a la Industria 4.0.

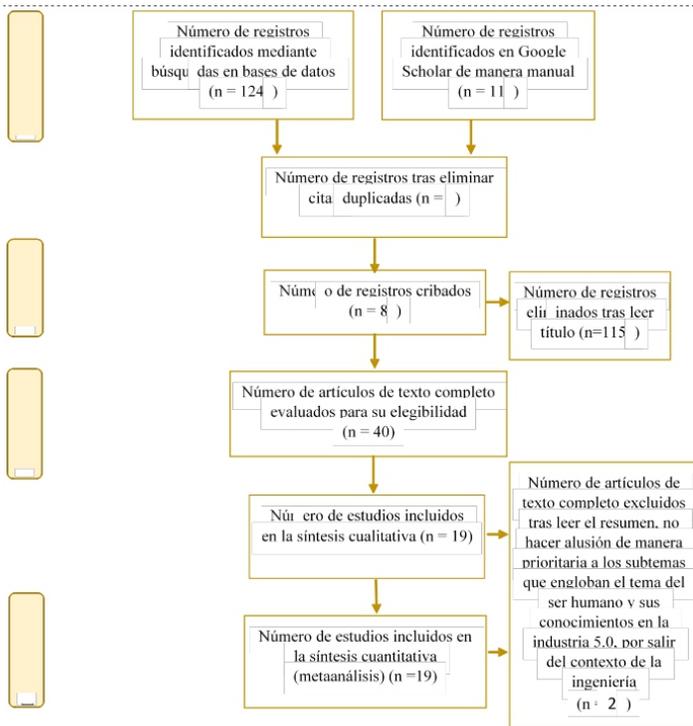


Fig. 1. Diagrama de flujo PRISMA en cuatro niveles [2].

Se utilizó para esta la declaración PRISMA como guía para la revisión sistemática de la literatura, documentando el proceso heurístico que se siguió para conformar el corpus de la investigación, su diagrama de flujo se observa en la Fig. 1. En la declaración PRISMA se comenzó con la identificación de mil doscientos cuarenta y cuatro, estos artículos continuaron con un proceso de cribado como resultado final se obtuvo un total de ochenta y cinco artículos, después se siguió con el criterio de idoneidad para terminar con un total de cuarenta artículos por último se realizó una exclusión según la utilidad de los artículos para ser utilizados solo diecinueve en la investigación.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Actividades del ser humano en la Industria 5.0

1) Antecedentes de la interacción del ser humano en anteriores revoluciones industriales

El mundo está en constante evolución, el ser humano ha sido responsable de diferentes cambios, algunos de ellos enfocados en la industrialización, esto permitió llegar a un punto de evolución tecnológica sin precedentes, el saber y la curiosidad de llegar más lejos ha permitido al ser humano abrir nuevas puertas y pulir las que encuentra convenientes, pero para esto tuvieron que pasar una gran cantidad de años nada fáciles que el ser humano supo superar [3].

Las diferentes revoluciones industriales han aportado diferentes características que han ayudado a las sociedades

Tabla I ACTIVIDADES DEL SER HUMANO EN LA INDUSTRIA 5.0

Antecedentes de la interacción del ser humano con las máquinas	Relación humano-robot
La cuarta revolución industrial, que es el proceso que anteriormente estuvo en auge, consiguió o facilitó la unión de capacidades y habilidades de la tecnología, dando así creación a súper computadoras e inteligencia autónoma, solo que la participación de hombre se empezó a hacer menos significativa y cada vez se comenzó a necesitar personal con conocimientos en estas nuevas tecnologías.	La Industria 5.0 está compuesta de diferentes características una de ellas es la presencia del humano y la interacción con los robots y máquinas en diferentes actividades, manejo y procesamiento de sustancias peligrosas o en su caso máquinas, análisis de material biológico entre otras, generando resultados que arrojan eficiencia, calidad y validez.
Anteriormente a la quinta revolución se comenzó a procesar datos usando algoritmos y tecnología muy actualizada dando lugar al aprendizaje por computadora, todo esto creado por humanos para que trabajen de manera más autónoma, dándole así a hombre un papel cada vez menos frecuente en las actividades industriales.	La quinta revolución industrial es pocas palabras busca la forma equitativa de la calidad de vida de todas las personas de forma sustentable, con base en el dominio y el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación y colaboración dando así una relación muy estrecha y lograr tener una industria eficiente y completa.
La globalización como se conoce actualmente y la deslocalización de la producción a bajo costo, así como la implementación de tecnología artificial, dieron lugar a una forma distinta de interacción entre los seres humanos y las máquinas, siendo su comunicación más escasa especialmente en los procesos de producción.	Esta nueva industria, permitirá la potenciación del uso de robots colaborativos (cobots) en una perspectiva que posibilite agregar valor a la producción por parte del operario humano y la personalización masiva de clientes.
La interconectividad de las distintas áreas y máquinas que comprenden cualquier entorno, convirtiendo a esta en una unidad de alguna manera inteligente, provocando que el hombre comience a analizar las nuevas tecnologías y estar capacitados cada vez más.	La nueva revolución está centrada en hacer un esfuerzo para prepararse para una interacción más cercana con la tecnología de robots, y en poder cambiar la educación tradicional por aspectos tecnológicos de última generación, análisis analítico y también creativo.

Fuente: Elaboración propia

progresar, las últimas dos han permitido un giro total a la automatización y a la forma en cómo se relaciona el ser humano con la tecnología, por ello es importante destacar su importancia, en especial la Industria 4.0, esta industria la estamos viviendo actualmente, ante nuestros ojos se plasman tecnologías y automatizaciones sin precedentes, el Big Data y los procesos inteligentes han facilitado al ser humano ser más eficiente y más productivo en las distintas áreas donde es aplicable, el Internet de las Cosas es otra característica destacable, ya que permite obtener información de diferentes tipos que hace un par de años se nos hacía complicado obtener [4]. Un resumen de actividades se puede apreciar en la Tabla I.

Una desventaja que encontramos en la última industrialización 4.0 es el cómo la tecnología ha logrado su autonomía y el ser humano se las ha visto difícil para interactuar con tecnologías difíciles y que necesitan preparación y conocimiento de éstas para poder conseguir tal vez puestos importantes o trabajos en donde están implementados estos sistemas, esto ha causado mucho pánico y miedo en las sociedades con los taboos relacionados con el poco empleo que se generará para el personal humano en empresas grandes que han adquirido sistemas de tecnología de último momento, la preparación era un tema de interés que ha provocado un análisis concreto para eliminar rumores falsos.

La creatividad humana es producto de procesos cognitivos y

reflexivos basados en la observación y la experiencia que requiere conocimientos, motivación y acción que se manifiesta vía intuición, improvisación, invención y talento [5], englobando todo lo anterior podemos decir que la Industria 4.0 fue un cambio total que beneficio a la industrialización pero que perjudico en su parte al personal humano, ahora se habla de una industrialización 5.0, la cual está enfocada principalmente en valer más por el ser humano y su interacción con estas tecnologías.

2) *Relación humano- tecnología en Industria 5.0*

La Industria 5.0 nos presenta un concepto distinto a otras revoluciones industriales, este sistema está enfocado no completamente al mejoramiento de las maquinarias, tecnologías y Big Data, sino que se centra en el ser humano, no se limita solamente a lo que es la industrialización, se quiere aplicar en la sociedad en general para que todos sean parte de la interacción con la nuevas tecnologías y con esto facilitar tareas de la vida cotidiana, países como Alemania, China y Japón tienen a su disposición tecnologías de punta que les ayudará en un futuro no muy lejano a formar una “ Sociedad Súper Inteligente”, que permite a los ciudadanos tener un acceso sin precedentes de información así como tecnologías que les puede facilitar de manera considerable la vida de las personas [4].

Uno de los conceptos alemanes de “Sociedad Súper Inteligente” es tener seis campos centrados en el sistema, la economía enfocada a la inversión por parte de los países, la energía sostenible, enfocada al cuidado del medio ambiente y su conservación, después tenemos un entorno innovador del trabajo, centrado en el mejoramiento y optimización de las áreas de trabajo, otro aspecto es la vida sana, donde las personas se enfocan principalmente en la alimentación y en la actividad física, la movilidad inteligente y la seguridad civil son los últimos dos aspectos que forman esta sociedad perfecta tan anhelada [3].

Una de las cuestiones originadas por este tipo de implementación en la sociedad es la respuesta por parte de las personas hacia este tipo de convivencia, es importante mencionar que en países primermundistas las personas se adaptan fácilmente a estilos de vida cada vez más apegados a la tecnología, y se obtiene una buena respuesta, en cambio, en países menos desarrollados no se ha podido decir lo mismo, ya que el ámbito económico limita a los gobiernos arraigarse a un estilo de vida enfocado más a redes digitales.

Un ejemplo que puede mostrar la respuesta que tendrán es la implementación de la tecnología 5G enfocada principalmente en la telefonía móvil, la cual muestra un gran potencial, ya que desde que fue implementada todo se ha vuelto muy rápido y tenemos un control sobresaliente dentro de la red [6].

B. Tecnologías de la Industria 5.0

1) *Definición*

Actualmente se vive la quinta revolución industrial [7], [8], para que esta sea posible se ha requerido de diversas tecnologías algunas nuevas mientras otras son el resultado de la evolución de sus antecesoras abriendo paso a una nueva era en la industria. El papel de estas tecnologías es fundamental para el funcionamiento correcto de esta revolución, las llamadas tecnologías habilitadoras se definen como un conjunto de tecnologías con enfoque sistemático que no solo buscan el crecimiento de la empresa sino también completar distintos logros en la sociedad siguiendo el camino a la transformación por ello se dice que tienen un propósito en común. [9].

Para las tecnologías de la industria 5.0 se les atribuyen diversas

definiciones incluso diversos nombres, esto se debe a que esta industria todavía se está desarrollando, una de las definiciones más aceptadas es la dada por Müller [10]. “conjunto de sistemas complejos que combinan tecnologías, como materiales inteligentes, con sensores integrados bioinspirados”. Para que se logre el propósito de estas tecnologías es necesario que estas trabajen en equipo pues operando por si solas sería casi imposible lograr su meta.

Después de analizar las distintas definiciones dadas a las tecnologías de la Industria 5.0 es posible obtener una definición propia, dado que la mayoría de los autores coinciden en el término de tecnologías habilitadoras la llamaremos de este modo, así mismo las múltiples definiciones también manejaban varias similitudes, estas tecnologías las definiremos como un conjunto de diversas tecnologías diferentes entre sí que cumplen un propósito solo trabajando conjuntamente, así mismo buscando cumplir con objetivos ambientales y sociales.

2) *Retos*

Las tecnologías habilitadoras de la Industria 5.0 enfrentan diversos retos para poder conseguir los objetivos que éstas se plantean. Müller [10] define los retos como “un sistema complejo a través de aspectos tecnológicos y organizacionales, factores políticos y públicos, y el Triple Resultado de la sustentabilidad (dimensiones económicas, ecológicas y sociales)”. Una vez revisada la literatura se encontró que la mayoría de los autores coinciden en que los retos que enfrentan estas tecnologías son seis: interdisciplinariedad, dimensión política, dimensión social, dimensión económica, escalabilidad e impacto ambiental; lo cual se muestra en la Fig. 2.



Fig. 2. Clasificación de los retos de las tecnologías habilitadoras de la industria 5.0.

Fuente: Elaboración propia

3) *Clasificación*

La Industria 5.0 emplea una amplia gama de tecnologías para su funcionamiento, sin embargo a veces no se tiene claro a

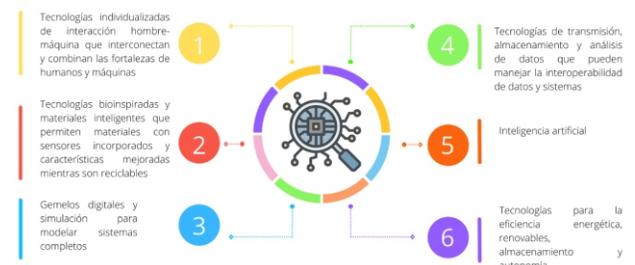


Fig. 3. Clasificación de las tecnologías habilitadoras de la Industria 5.0

Fuente: Elaboración propia

qué rama pertenecen o cuántas categorías de tecnologías existen, por ello para esta investigación fue un punto clave responder estas dudas recurrentes, donde a través de la revisión de diversos artículos se encontró la coincidencias que se consta de seis categorías de tecnologías las cuales son las siguientes: tecnologías individualizadas hombre-máquina, tecnologías bioinspiradas y materiales inteligentes, gemelos digitales y simulación, tecnologías de transmisión almacenamiento y análisis de datos, Inteligencia Artificial y tecnologías renovables para la eficiencia energética. Lo anterior se puede visualizar en la Fig. 3.

C. Robots colaborativos y robótica

1) Conceptos relevantes

Un robot colaborativo hace uso de Inteligencia Artificial que puede ser manipulado por el humano y permite producir de manera más personalizada, es muy diferente al robot tradicional, ya que este tiene tareas y procedimientos específicos en los que el contacto humano no puede intervenir. Por otro lado, la Robótica es un concepto muy resaltado en esta parte de la investigación, por tal motivo es necesario definirla: “la robótica es el conjunto de conocimientos teóricos y prácticos aplicados a la automatización de mecanismos articulados, con una determinada inteligencia permitiendo la realización de distintas tareas hechas por el ser humano y la aceleración de producción industrial” [11].

El uso de la Robótica, no es algo fácil que se pueda implementar en un sistema, es necesario primero que se hagan pruebas para permitir observar también si el aprovechamiento de ésta generará la productividad y calidad esperada. Algunos términos que están relacionados con la Robótica son la Inteligencia Artificial, ya que en conjunto pueden predecir y conocer el desempeño de los trabajadores o personas con respecto a las decisiones que pueda tomar en su trabajo.

Otro concepto importante que es necesario conocer es el de la Automatización, ya que ésta se conoce por la sustitución de una máquina en el puesto que antes era de un operario, es justo lo que busca evitar la Industria 5.0, asimismo ésta tiene la capacidad de generar grandes cambios, ventajas competitivas y rentabilidad. Un dato estadístico es que para 2030 se prevé un aumento hasta 47% en la automatización [12].

Por último, otro termino importante es la programación en la Robótica, éste se puede definir como un lenguaje diseñado formal que permite expresar los procesos en cierto lenguaje, para que las máquinas puedan leer esos procesos y ellos automáticamente cumplan las tareas específicas que se les han dado [11]. Un ejemplo muy sencillo de la Robótica es que, en un restaurante japonés, se empezó a utilizar robots que eran como los meseros y que éstos, aumentaron de una manera muy significativa la productividad en el restaurante, además de que podría estar laborando más tiempo del que podría trabajar una persona en un día [12].

2) Tipos de cobots y sus características

Y de la misma manera, durante cualquier subsección dentro de cada sección. Ahora los cobots (robots colaborativos) trabajan en colaboración con el humano, su propósito es que con la ayuda humana realiza tareas muy pesadas, exigentes y repetitivas, además de que aportan valor a la creatividad, aumentan la productividad, tienen la ventaja de ser innovadores, son capaces de resolver problemas rápidamente. Otras características es que garantizan seguridad, ya que hacen uso de sensores que no les

permite tener fallas ni accidentes, además de que puede ser utilizado para una cantidad de actividades muy amplia. La importancia de estas máquinas es que el trabajador no pierde el papel importante en el proceso de producción inteligente.

Un tipo de robot conocido como manipulador es el que como el mismo enunciado lo dice es manipulable en este caso se necesita darle ciertas instrucciones o programarlo para que haga cierto recorrido, se encarga de trasladar o rotar en volúmenes los objetos o herramientas que se le dispongan, además en la misma programación se le puede manipular para que haga otro tipo de actividades. Este tipo de robot puede ser manipulado por dos tipos de programación, ya sea la textual o la guiada, la guiada se refiere a cuando el programador directamente manipula la máquina o aporta energía para que se pueda mover, y la textual es a través de un software donde no se tiene contacto solo con la máquina, sino solo se le dan las instrucciones [11].

El robot colaborativo llamado YuMi es un robot que tiene la forma de un torso humano, tiene dos brazos y manos muy flexibles y fáciles de manipular, éste es fabricado por la empresa ABB Robotics, la programación que utiliza este robot es muy sencilla, además de que tiene la función para definirle una capacidad de fuerza con respecto al trabajo a realizar. Este robot está especializado para procesos donde se ensamble piezas pequeñas, un ejemplo es el ensamble de placas electrónicas, sus beneficios son que disminuye los tiempos de producción y que aumenta el rendimiento.

Otro robot colaborativo fabricado por la empresa KUKA es el llamado robot colaborativo LBR iiwa que tiene forma parecida a la de un brazo robótico, pero con estética muy futurista, éste ayuda a procesos como el paletizado, embalaje, carga y operaciones de montaje y manipulación de otras máquinas, entre otras funciones más. Por último, los ciborgs otro tipo de cobot que tendrá gran impacto y “darán empoderamiento al humano, ya que las máquinas harán las tareas peligrosas mientras él se dedica a hacer actividades que solo la razón humana entiende, rapidez y calidad al combinar lo mejor del humano y las máquinas” [3].

IV. CONCLUSIONES

Actualmente se vive un proceso de transición de la industria 4.0 a la 5.0, siendo la segunda una revolución que busca más énfasis en el personal humano, y no solo en el ámbito del desarrollo tecnológico como se experimenta en la Industria 4.0, además se busca que no solo se aplique en la industria, sino también a una sociedad súper inteligente relacionada con diversas tecnologías como lo son el Big Data, el Internet de las Cosas y la Inteligencia Artificial, haciendo más fácil la vida del ser humano. Otro punto importante de esta revolución industrial es su enfoque sustentable siendo éste un eje principal para esta industria.

Las tecnologías que han hecho posible la quinta revolución industrial reciben el nombre de tecnologías habilitadoras, coincidiendo en su mayoría los autores revisados en que existen seis categorías de estas tecnologías las cuales son las siguientes: tecnologías individualizadas hombre-máquina, tecnologías bioinspiradas, gemelos digitales y simulación, tecnologías de transmisión almacenamiento y análisis de datos, Inteligencia Artificial y tecnologías renovables para la eficiencia energética. Además, también se coincide en que existen seis ámbitos en cuando a los retos de estas tecnologías los cuales son interdisciplinariedad, dimensión política, dimensión social, dimensión económica, escalabilidad e impacto ambiental.

Como conclusión general, se puede decir que esta nueva

como eje central de la industria contando para ello con diversas tecnologías habilitadoras, así como afrontando numerosos retos. Otro elemento esencial de esta industria son los cobots o robots colaborativos que contribuyen al aumento de eficiencia y eficacia del ser humano en la industria pues realizan tareas peligrosas o repetitivas, de éstos se pueden distinguir varios tipos cada uno con características propias.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto Tecnológico Superior de Rioverde, al personal docente y académico por haber permitido el desarrollo de esta investigación y por la difusión dada.

REFERENCIAS

- [1] Maddikunta, P. K. R., Pan, Q. V., Prabadevi, B., Deepa, N., Dev, K., Gadekallu, T. R., y Liyanage, M. (2021). "Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications". *Journal of Industrial Information Integration*, 100257. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100257>
- [2] Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG; Prisma Group. (2009). "Preferred reporting items for systematic reviews and metaanalyses: the PRISMA statement". *PLoS Med* 2009; 6: e1000097.
- [3] Suazo Debernardi B. (2018). "La cultura digital". Instituto Tecnológico de Orizaba. Online <https://www.gestiopolis.com/wpcontent/uploads/2018/06/cultura-digital-blanca.pdf>
- [4] Arciniegas Londoño L. y Corzo Ussa G. D. (2020). "Contextualización de la cuarta revolución industrial, industria 4.0, industria 5.0 y tecnología 5g con el sector defensa y seguridad". *Revista científica en Ciencias Sociales e Interdisciplinaria*, 12(21), 245-258. <https://doi.org/10.47961/2145194X.225>
- [5] Riobamba, L. A. (2020). "Incidencia de la educación tecnológica en las desafiantes oportunidades de la industria 4.0 y 5.0". Repositorio Institucional UMNG. Universidad Militar Nueva Granada. 2020. <http://hdl.handle.net/10654/36724>
- [6] Renda, A., Pupillo, L., Fanni, R., y Polito, C. (2021). "The digital transformation". Centre for European Studies (CEPS). <https://hdl.handle.net/1814/73169>
- [7] Martínez I. (2019). "La quinta revolución industrial: Cómo la comercialización del espacio se convertirá en la mayor expansión industrial del siglo XXI". Ediciones Deusto. Online https://books.google.com.mx/books?id=TIgWdWAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false
- [8] Vidal M. (2019). "La era de la humanidad: Hacia la quinta revolución industrial". Planeta de libro. Primera Edición. Online https://books.google.com.mx/books?id=X4mlDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false
- [9] Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., y Wang, L. (2021). "Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception". *Journal of Manufacturing Systems*, 61, 530-535. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>
- [10] Müller, J. (2020). *Enabling Technologies for Industry 5.0: results of a workshop with Europe's technology leaders*, Publications Office, 2020. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/082634>
- [11] Ibarra Peñaranda M. L., Duque Suárez O. M. y Duque Suárez M. C. (2020). "Control cinemático de un robot guiado por las trayectorias de las extremidades superiores del humano". *South Florida Journal of Development*, 2(1), 871-889. Online <https://doi.org/10.46932/sfjdv2n1-064>
- [12] Banholzer, V. M. (2022). "From Industry 4.0 to „Society 5.0 and„ Industry 5.0 “: Value-and Mission-Oriented Policies”. *Technological and Social Innovations—Aspects of Systemic Transformation*. Online <https://doi.org/10.34646/thn/ohmdok-821>

El estrés laboral y el Síndrome de Burnout en los trabajadores de una Dependencia Gubernamental en el Municipio de Rioverde, San Luis Potosí

Work Stress and Burnout Syndrome of a Government Agency in the Municipality of Rioverde, San Luis Potosi

Lizbeth Angélica Zárate Camacho, Rubí Calvillo Torres, Diana Hernández Ariciaga, Everardo Morales Hurtado, Blanca Guadalupe Ramírez Martínez

Ingeniería en Gestión Empresarial
Tecnológico Nacional de México/ ITS de Rioverde.
Carretera Rioverde-San Ciro Km. 4.5. C.P. 79610.

lizbeth.zc@rioverde.tecnm.mx, rubicalvillotorres2001@gmail.com, hernandez9917@gmail.com, evermorhur01@gmail.com, blanca.ramirezm09@gmail.com

Resumen- El síndrome de Burnout generalmente se presenta en trabajadores que se encuentran en contacto directo con clientes o usuarios, pero también surge a raíz de la sobrecarga de trabajo que se les encomienda a los mismos.

El presente artículo tiene como objetivo determinar si existe Burnout en los trabajadores de una dependencia gubernamental perteneciente al municipio de Rioverde, San Luis Potosí en el primer semestre de actividades después del cambio de gobierno.

La metodología empleada es de carácter cuantitativo, ya que se pretendió analizar los datos recabados a través de la estadística de las variables que influyen en la determinación de Burnout en una muestra estratificada de 10 trabajadores. Se utilizó la escala de Likert con valores de 0 a 6 para medir los niveles de las variables que tienen influencia en dicho síndrome: cansancio emocional, despersonalización y realización personal.

Además, el Burnout está asociado al rendimiento que pueden alcanzar los trabajadores sin discriminar el sector al que pertenezcan las empresas.

Palabras clave- Burnout, cansancio emocional, despersonalización, realización personal

Abstract- Burnout syndrome generally occurs in employees who are in direct contact with customers or users, but it also arises as a result of the overload of work entrusted to them.

The objective of this article is to determine if burnout exists in employees of a government agency belonging to the municipality of Rioverde, San Luis Potosi in the first semester of activities after the change of government.

The methodology used is of a quantitative nature since it was intended to analyze the data collected through the statistics of the variables that influence the determination of burnout in a stratified sample of 10 workers. The Likert scale with values from 0 to 6 was used to measure the levels of the variables that have an influence on said syndrome: emotional exhaustion, depersonalization and personal fulfillment.

In addition, burnout is associated with the performance that employees can achieve without discriminating the sector to which the companies belong.

Keywords- Burnout, emotional exhaustion, depersonalization, personal fulfillment.

I. INTRODUCCIÓN

Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), la mitad de la población mundial representa la fuerza de trabajo que

yace en el continente americano, los cuales contribuyen al desarrollo económico de los países. Es por esta razón que las empresas deben de procurar tener condiciones saludables y seguras para los trabajadores, para de esta manera, lograr asegurar que el rendimiento y la productividad se incrementen.

Cuando las condiciones de trabajo son inseguras, o insatisfactorias, el rendimiento individual y colectivo de los trabajadores disminuye teniendo un impacto directo en la empresa u organización [1].

Con el paso del tiempo, las empresas han evidenciado que para lograr ser más productivas necesitan trabajadores eficientes que estén dispuestos a dar lo mejor de sí en las diferentes actividades encomendadas, por lo que para lograr eso es necesario que los mismos trabajadores gocen de comodidad, seguridad, un buen ambiente de trabajo, y especialmente que sientan que las empresas u organizaciones se preocupan por ellos.

Dicho en otras palabras, los trabajadores son de vital importancia para las organizaciones, así como el éxito de las medidas de control de riesgos que las rodean. El éxito de cualquier organización radica en crear un programa de salud ocupacional que sea lo suficientemente efectivo para brindar a los trabajadores la seguridad, protección y atención integral que necesitan para hacer su trabajo, trabajar y ser más productivos [2].

Por el contrario, cuando los trabajadores se sienten bajo una inmensa presión laboral, no tienen sentido de pertenencia hacia la empresa, no gozan de comodidad y seguridad, entre otros factores, en lugar de progresar a la par con la misma empresa, estos generan un declive tanto en la producción generada como en su salud.

Como consecuencia de dicha situación se propuso realizar un estudio, en donde el objetivo en general es determinar si existe Burnout en los trabajadores de una dependencia de gobierno de Rioverde, San Luis Potosí.

Las hipótesis planteadas son las siguientes:

- Ha: Los trabajadores del Departamento de Finanzas y Recursos Humanos del H. Ayuntamiento de Rioverde, S.L.P. presentan en su mayoría el síndrome de Burnout.
- Ho: Los trabajadores del Departamento de Finanzas y Recursos Humanos del H. Ayuntamiento de Rioverde, S.L.P. no presentan en su mayoría el síndrome de Burnout.

II. MARCO TEÓRICO

En seguida se incluye información de fundamento teórico.

Síndrome de Burnout

Existen numerosos artículos, referencias y estudios científicos citados en [3] que describen el concepto de "síndrome de agotamiento" como las respuestas al estrés emocional crónico caracterizado por agotamiento físico, aptitud mental y física, apatía y actitudes individualistas hacia las personas y sentido del valor, así como trastornos adaptativos crónicos, relacionados con las demandas psicosociales de trabajar directamente con personas y el afrontar un desequilibrio prolongado de necesidades y recursos, como lo menciona Mingote, citado en [3], o como forma de tensión, interpretados por cambios psicológicos y conductuales en las personas que experimentan estrés a medida que se encuentran frente a los efectos de una o más situaciones estresantes [3].

La definición de Burnout más comúnmente aceptada es la de C. Maslach, quien lo describió como una forma inadecuada de lidiar con el estrés crónico, caracterizada por cansancio emocional, despersonalización y realización personal. P. Gil-Monte lo define como: "Una respuesta de estrés relacionado con el trabajo a largo plazo, que incluye actitudes y sentimientos negativos sobre las personas con las que trabaja y su función laboral, y sentimientos de agotamiento" [4].

En 1982, la psicóloga Cristina Maslach, de la Universidad de Berkeley, California y el psicólogo Michael P. Leiter, de la Universidad de Acadia Scotia crearon el Maslach Burnout Inventory (MBI) que desde 1986 es el instrumento más importante en el diagnóstico de esta patología [4].

Cansancio emocional

El cansancio emocional es un estado de agotamiento mental. En este caso, no solo se habla de exceso de trabajo, sino de la carga que está asociada a asumir conflictos, responsabilidades o estímulos negativos de carácter cognitivo o emocional. Por lo tanto, no aparece de manera espontánea, sino que es un proceso lento y latente que finalmente conduce al colapso del afectado. Esta quiebra lo sume en un estado de parálisis, depresión profunda y, a veces, síntomas físicos. El cansancio emocional proviene de un desequilibrio entre lo que se da y lo que se recibe. Las personas con desgaste emocional se caracterizan por no tener límites en su dedicación, ya sea en el trabajo, en casa, en pareja o en cualquier otro ámbito.

El cansancio emocional se refiere a sentimientos de falta de recursos emocionales e incapacidad para dar a los demás. Es un componente esencial del "Burnout" y puede tener manifestaciones físicas y mentales [5].

Despersonalización

La despersonalización es un fenómeno psicológico, que a menudo se pasa por alto como un simple factor sintomático unidireccional que forma parte de un síndrome más complejo. En los últimos años, la investigación psiquiátrica y neurobiológica ha identificado varios componentes del declive de la personalidad, que se describen mejor como síndromes con correlatos funcionales de desconexión córtico-subcortical.

Éstos se basan en cuatro casos de trastorno primario de personalidad o comorbilidades con síntomas de ansiedad, depresión y consumo de sustancias [6].

Según Buendía en 1993 y citado en [5], la despersonalización es el desarrollo de actitudes negativas e insensibilidad hacia el

destinatario del servicio prestado.

Realización personal

La realización personal se puede entender como un sentimiento que incluye una gama de reacciones negativas hacia uno mismo y hacia el trabajo, generalmente depresión, baja moral, evitación de relaciones personales y profesionales, alta energía, baja productividad, incapacidad para resistir el estrés y baja autoestima [5].

El logro personal o autorrealización es la capacidad de realizar las propias motivaciones, esperanzas y aspiraciones a través del crecimiento personal. El término se refiere a esforzarse por alcanzar su máximo potencial, lograr el éxito y construir una vida feliz de la que pueda estar orgulloso [7].

III. MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación, se explica información de esta sección.

Tipo de investigación

La presente investigación se desarrolló a partir de una metodología de carácter cuantitativo, ya que el objetivo es recopilar datos que sean depurados por la estadística, para poder determinar si las variables que se tomaron en cuenta están causando un impacto de gran magnitud en los trabajadores y que sean motivo para el desarrollo de Burnout.

Muestra

La muestra estuvo conformada por 10 participantes, los cuales oscilan entre los 30 y 50 años aproximadamente, en donde en su mayoría predomina el género femenino con un 70%, mientras que el género masculino representa el 30% de la muestra encuestada.

Los puestos que desempeñan se muestran en la Tabla 1, en donde se pone de manifiesto que hay una mayor participación de los trabajadores como auxiliares administrativos.

Tabla 1. Distribución de puestos de los trabajadores

Etiquetas de fila	Frecuencia	Porcentaje
Jefe de personal	1	10%
Auxiliar administrativo	5	50%
Auxiliar contable	1	10%
Encargado de egresos	1	10%
Secretaria	2	20%
Total general	10	100%

Fuente: Elaboración propia

Instrumento

El cuestionario utilizado es el Maslach Burnout Inventory creado por la psicóloga Cristina Maslach, de la Universidad de Berkeley, y el psicólogo Michael P. Leiter, de la Universidad de Acadia Scotia. En él los participantes respondieron a 7 reactivos que tienen que ver con la parte sociodemográfica y 22 reactivos más que son los que miden las variables cansancio emocional, despersonalización y realización personal.

Para poder lograr la medición de las mencionadas variables se tomó en cuenta la escala de Likert que va de 0 (nunca) a 6 (todos los días).

Procedimiento

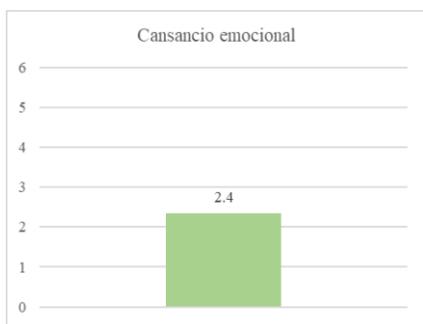
Para poder llevar a cabo la investigación primero se hizo una solicitud al Secretario de Transparencia, para poder conocer la cantidad de trabajadores que labora en la dependencia de gobierno. Una vez que se obtuvo la información se realizó otra solicitud, para poder realizar las encuestas en las que se pretendió recopilar la información necesaria para determinar si existe o no el síndrome de Burnout en los trabajadores.

En primer lugar, se recopilaron datos sociodemográficos de los participantes, para determinar si la edad puede resultar un factor determinante que incite el desarrollo de Burnout. Seguido de esto, los participantes respondieron los 22 reactivos restantes que miden las variables del constructo de investigación: cansancio emocional, despersonalización y realización personal.

Con los resultados obtenidos se realizó una base de datos en donde estos se procesaron para lograr determinar si existe Burnout en la dependencia o no.

Datos recopilados de cansancio emocional

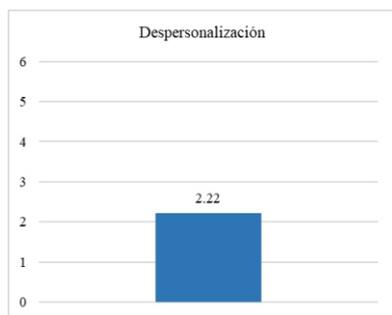
En la Gráfica 1, se puede observar que el nivel de cansancio es bajo, ya que si se compara esta información con la escala de Likert se puede ver que los resultados son menores a 2.5, por lo que se puede decir que esta variable se descarta en la determinación de la existencia de Burnout.



Gráfica 1. Nivel de cansancio emocional detectado
Fuente: Elaboración propia

Datos recopilados de la despersonalización

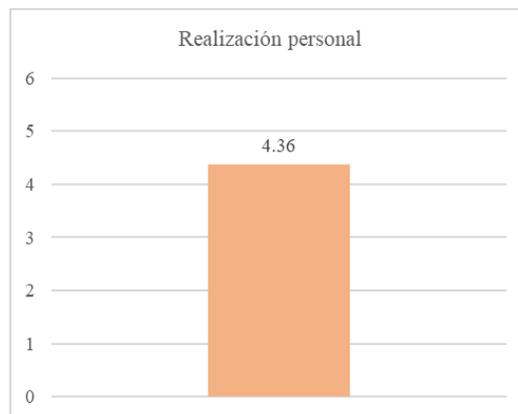
En la Gráfica 2 puede evidenciarse que la despersonalización se acerca a un nivel medio, por lo que comparando los resultados con la escala de Likert es notorio que al menos unas pocas veces al año los trabajadores sienten que son espectadores externos y que no tienen control sobre sus procesos mentales y/o del cuerpo.



Gráfica 2. Nivel de despersonalización
Fuente: elaboración propia

Realización personal

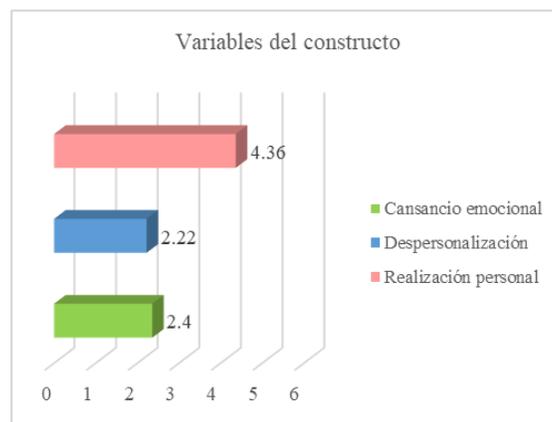
La Gráfica 3 muestra resultados muy buenos, ya que los datos obtenidos posicionan a los trabajadores en un nivel por encima del medio, lo cual demuestra que existe un sentimiento de crecimiento personal a través de motivaciones, ambiciones y esperanzas, sucedido varias veces al año.



Gráfica 3. Nivel de realización personal
Fuente: elaboración propia

Análisis de las variables del constructo

La Gráfica 4 muestra en conjunto los datos recabados de las variables que influyen en el desarrollo de Burnout. En ella se puede apreciar que la realización personal es la que tiene un nivel muy favorable en los trabajadores y que las otras dos variables al tener un nivel bajo, no representan indicios de burnout en los trabajadores que fueron encuestados.



Gráfica 4. Análisis de variables de constructo
Fuente: elaboración propia

IV.RESULTADOS

A través del estudio realizado se incide que existe evidencia estadística que demuestra que los trabajadores de la dependencia de gobierno del municipio de Rioverde, San Luis Potosí no presentan síndrome de Burnout, pero sí hay una ligera tendencia a padecer situaciones de estrés laboral, ya que se observó que pocas veces al año experimentan grados mínimos de cansancio

emocional y de despersonalización.

Respondiendo a los objetivos planteados al inicio de la investigación, se concluye que ninguna de las variables analizadas alcanza niveles que marcarían una mayor preocupación por influir en el burnout, pero no se descarta la posibilidad de que en el futuro pueda presentarse este padecimiento.

Resulta evidente que los trabajadores experimentan un sentimiento de crecimiento personal varias veces al año, lo que se puede considerar como un valor positivo, ya que eso los vuelve mucho más eficientes y productivos en sus actividades.

V.CONCLUSIONES

Con toda la información estadística adquirida a lo largo del proyecto de investigación se concluye que los trabajadores de la dependencia de gobierno del municipio de Rioverde, S.L.P., no presentan en su mayoría el síndrome de Burnout, por lo que se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

Con toda la prudencia posible, y los resultados obtenidos, queremos subrayar que, tanto los propios trabajadores como las empresas deben ser conscientes de la importancia de su salud para lograr un mejor desempeño.

Finalmente, es importante enfatizar la necesidad de promover una formación cultural amplia que haga énfasis en los trabajadores y sus prácticas, y promueva el desarrollo de aprendizajes autodirigidos, fundamentales y socioemocionales para fomentar la prevención del Burnout, además cabe mencionar que resulta de gran importancia realizar un estudio a profundidad futuro, para determinar cuáles son los factores que influyen en las situaciones de estrés que conlleva al Burnout en los trabajadores.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto Tecnológico Superior de Rioverde por la buena enseñanza que nos ha proporcionado, así como también a los administrativos de la dependencia en donde se llevó a cabo la investigación por habernos permitido realizar las encuestas necesarias para la recopilación de información.

Finalmente, agradecer dentro de la investigación también fruto del reconocimiento y del apoyo vital que nos ofrecen las personas que nos estiman, sin el cual no tendríamos la fuerza y energía que nos anima a crecer como personas y futuros profesionales.

Gracias a la familia y amigos que siempre nos han prestado un gran apoyo moral y humano, necesarios en los momentos más difíciles de este trabajo y profesión.

REFERENCIAS

[1] OPS. (2020). “Organización Panamericana de la Salud”. Obtenido de Organización Panamericana de la Salud: paho.org/es/temas/salud-trabajadores.

[2] ISO, 4. (7 de abril de 2021). “Escuela Europea de Excelencia”. Obtenido de Escuela Europea de Excelencia: <https://www.nueva-iso-45001.com/2021/04/cual-es-la-importancia-de-la-salud-ocupacional-en-las-empresas/>

[3] Jesús Esteras, Paloma Chorot, Bonifacio Sandín. (2018). “El síndrome de Burnout en docentes”. Editorial: Ediciones Pirámide.

[4] Neurociencias, C. M. (1 de agosto de 2018). “Consejo Mexicano de Neurociencias”. Obtenido de Consejo Mexicano de Neurociencias: <https://www.consejomexicanodeneurociencias.org/post/que-es-el-sindrome-de->

-burnout

[5] Castillo Ramírez, S. (2001). “El Síndrome de “Burn Out” o Síndrome de Agotamiento Profesional”. . Obtenido de Medicina Legal de Costa Rica.: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152001000100004&lng=en&tlng=es

[6] Cruzado L, .. N. (2013). “Despersonalización : más que síntoma, un síndrome”. *Neuro-Psiquiatría*, 76, 120-125. Obtenido de Despersonalización: más que síntoma, un síndrome.

[7] Hotmart. (25 de mayo de 2021). “Realización personal: la satisfacción de hacer lo que te apasiona”. *hotmart / BLOG*. Obtenido de hotmart / BLOGç: <https://blog.hotmart.com/es/realizacion-personal>



VISIÓN

El Instituto Tecnológico Superior de Rioverde, S.L.P atenderá con calidad y pertinencia la formación de profesionistas a través de un modelo educativo flexible y dinámico que promueva los conocimientos científicos y tecnológicos así como valores humanos y éticos.

Será una Institución altamente comprometida con su entorno y mantendrá un interés constante por contribuir al desarrollo y fortalecimiento de la zona media del estado de San Luis Potosí y por ende del país.





TECNOCIENCIA SUPERIOR