

Coloquio de Investigación Multidisciplinaria



VOLÚMEN 8 Núm.1 OCTUBRE 2020

Revista Periódica



JOURNAL CIM-REVISTA DIGITAL

ISSN: 2007 - 8102

DIFUSIÓN VÍA RED DE CÓMPUTO
<https://www.cim-tecnm.com/articulos>



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



COLOQUIO DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA
JOURNAL CIM
Science, Technology and Educational Research

VOLUMEN 8, NÚMERO 1, OCTUBRE 2020

ISSN: 2007-8102

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Mario L. Arrijo Rodríguez
Responsable General

Dr. Fernando Ortiz Flores
Responsable Técnico

M.C María Elena García Reyes
Responsable de Logística

Dr. Fernando Aguirre y Hernaández
Ingeniería Administrativa

Dra. Ma. Eloísa Gurruchaga Rodríguez
Ingeniería Industrial

Dr. José de Jesús Agustín Flores Cuautle
Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Dr. Oscar Osvaldo Sandoval González
Ingeniería Mecánica y Mecatrónica

M.S.C. Luis Ángel Reyes Hernández
Ingeniería en Sistemas Computacionales

Dra. Leticia López Zamora
Ingeniería Química

Dra. Martha Elena Fernández Ramírez
Investigación Educativa

COORDINACIÓN EDITORIAL

M.C. Gabriela Cabrera Zepeda
Dr. Ignacio López Martínez

COLOQUIO DE INVESTIGACIÓN MULTIDISCIPLINARIA
JOURNAL CIM
Science, Technology and Educational Research

VOLUMEN 8, NÚMERO 1, OCTUBRE 2020

ISSN: 2007-8102

© D.R. Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba
Av. Oriente 9 No. 852
C.P. 94320
Orizaba, Veracruz México
<http://www.cim-tecnm.com/journal-cim-open-access>
<http://www.itorizaba.edu.mx>

Coloquio de Investigación Multidisciplinaria, Vol. 8, Núm. 1, octubre 2020, es una publicación anual, publicada y editada por el Tecnológico Nacional de México dependiente de la Secretaría de Educación Pública, a través del Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba, Avenida Universidad No. 1200, 5to. Piso, Colonia Xoco, Alcaldía Benito Juárez, C.P. 03330, Ciudad de México, Tel. 5536002500 Ext. 65064, d_vinculacion05@tecnm.mx, Editores Responsables M.C. Gabriela Cabrera Zepeda y Dr. Ignacio López Martínez. Reserva de derecho al Uso Exclusivo NO. 04 - 2013 - 093010380600 – 203, ISSN 2007-8102, ambos son otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Responsables de la última actualización de este número M.C. Gabriela Cabrera Zepeda y Dr. Ignacio López Martínez, en la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Tecnológico Nacional de México /I.T. Orizaba, Oriente 9, No. 852, Col. Emiliano Zapata, Orizaba Veracruz, México, C.P. 94320, Tel. 012727257056. Fecha de término de la última actualización, 19 de Octubre del 2020.

Su objetivo principal es difundir resultados de proyectos de investigación de personal adscrito a diversas instituciones nacionales y extranjeras.

Queda prohibida la reproducción parcial o total de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto encargado, salvo que sea citada la fuente de origen.



Revista Indexada en LATINDEX

MENSAJE EDITORIAL

La Revista Coloquio de Investigación Multidisciplinaria, CIM 2020, tiene como finalidad difundir y divulgar hallazgos científicos y tecnológicos que documentan los conocimientos en áreas multidisciplinarias de investigadores procedentes de diversas instituciones tales como Universidades Públicas y Privadas, así como Centros Investigación Nacionales e Internacionales.

En esta Edición del CIM 2020 se presentan 310 artículos que corresponden a diferentes temáticas distribuidas en:

- Ingeniería Administrativa
- Ingeniería Industrial
- Ingeniería Electrónica
- Ingeniería en Sistemas Computacionales
- Investigación Educativa
- Ingeniería Mecatrónica
- Ingeniería Química

En el Coloquio de Investigación Multidisciplinaria, 2020, debido a la pandemia, los trabajos no fueron presentados de manera física o virtual, como ocurrió en el evento del año pasado. En este coloquio, como en coloquios anteriores, se recibieron trabajos tanto nacionales como de otros países lo cual contribuyó a refrendar uno de los objetivos de la revista: establecer lazos de colaboración entre investigadores difundiendo sus resultados de trabajos de investigación.

Para el desarrollo de la Revista Coloquio de Investigación Multidisciplinaria, CIM 2020, se ha mejorado el proceso de revisión y selección, haciéndose cada vez más estricto debido al incremento del número de revisores de reconocido prestigio en cada uno de los comités de arbitraje y a la utilización de software antiplagio para garantizar la originalidad de los artículos.

Una vez más refrendamos nuestro propósito de consolidar la calidad de lo publicado en la revista y ampliar su difusión. Cabe mencionar que esta edición, además de estar dentro del índice LATINDEX, también se encontrará en el índice Open Aire, días después de su publicación.

El CIM 2020 se enriquece con las valiosas participaciones de todos los autores, así mismo de los comentarios de los participantes a las Conferencias Magistrales, que se realizaron de forma complementaria. Las aportaciones nos permitirán continuar mejorando la calidad y pertinencia del CIM y de la revista en todas sus facetas.

ATENTAMENTE
COMITÉ ORGANIZADOR

COMITÉ DE ARBITRAJE

INGENIERÍA ADMINISTRATIVA

<i>Dr. Jesús Martín Cadena Badillo</i>	Universidad de Sonora
<i>M.C. Guillermina Pérez González</i>	Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán
<i>Dr. Roberto González Acolt</i>	Universidad Autónoma de Aguascalientes
<i>Dr. Felipe de Jesús Salvador Leal Medina</i>	Universidad Autónoma de Aguascalientes
<i>Dr. Luis Emiro Belloso Araujo</i>	Universidad Nacional Experimental Rafael María Baralt (UNERMB) / Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín (URBE)
<i>Dr. Joel Everardo Valtierra Olivares</i>	Universidad de Guanajuato.
<i>Dr. Carlos Medina Tello</i>	Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Zitácuaro
<i>Dr. Noel Enrique Rodríguez Maya</i>	Instituto Tecnológico de Zitácuaro
<i>Dra. Alicia Águeda Conde Islas</i>	Consultora en Servicios profesionales y Empresariales
<i>Dr. Guillermo Mejía Méndez</i>	El Instituto Tecnológico de Zacapoaxtla
<i>Dra. Corina Guillermina Ocegueda Mercado</i>	Instituto Tecnológico de Matamoros
<i>Dr. Guillermo Cortes Robles</i>	Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dra. Edna Romero Flores Profesor</i>	Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dr. Eduardo Roldan Reyes Profesor</i>	Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dr. Fernando Aguirre y Hernández</i>	Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.C. Marcos Salazar Medina Profesor</i>	Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.C. Nuria Ortega Peterson</i>	Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.B.A. Maricela Gallardo Córdova</i>	Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M. C. Gabriela Cabrera Zepeda</i>	Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Orizaba

COMITÉ DE ARBITRAJE

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

<i>Dra. Argelia Rivera Vargas</i>	Escuela Nacional De Ciencias Biológicas
<i>Dra. Jessica Cantillo-Negrete</i>	Instituto Nacional De Rehabilitación
<i>Dra. Citlalli Trujillo Romero</i>	Instituto Nacional De Rehabilitación
<i>Dra. Rocío Ortega Palacios</i>	Universidad Politécnica De Pachuca
<i>Dra. Nayda Patricia Arias Duque</i>	Universidad de Boyacá
<i>M.C. Humiko Yahaira Hernández Acosta</i>	Universidad Politécnica del Valle de México
<i>Ing. Lina Susana Trujeque</i>	Instituto Tecnológico De Orizaba
<i>Ing. Ingrid Lizette Sánchez Carmona</i>	Instituto Tecnológico De Orizaba
<i>Dr. Carlos Omar González</i>	Universidad Autónoma Del Estado De México
<i>Dr. Mario Espinosa</i>	Universidad Politécnica De Puebla
<i>Dr. Mario Ibrahim Gutiérrez</i>	Instituto Nacional de Rehabilitación
<i>M.C. César Hernández Brito</i>	Universidad Popular Autónoma Del Estado De Puebla
<i>M.C. Alejandro Miranda Cid</i>	Universidad Politécnica del Valle de México
<i>M.I. Carlos Aguilar Lazcano</i>	Universidad Veracruzana
<i>Ing. Marco Antonio Arrollo Ramírez</i>	Instituto Tecnológico De Orizaba
<i>Luis Humberto Sánchez Medel</i>	Instituto Tecnológico Superior de Huatusco
<i>José Ignacio Vega Luna</i>	Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco
<i>Armando Hernández Machuca</i>	Instituto Tecnológico Superior De Pánuco

COMITÉ DE ARBITRAJE

INGENIERÍA INDUSTRIAL

<i>Dr. Fernando Salazar Arrieta</i>	Pontificia Universidad Javeriana, Colombia
<i>Dr. Luis Alberto Barroso Moreno</i>	Universidad de las Américas Puebla
<i>Dr. Ramón Arturo Vega Robles</i>	Universidad de Sonora, Campus Caborca
<i>Dr. Rafael Hernández León</i>	Universidad de Sonora, Campus Caborca
<i>Dr. Jesús Martín Cadena Badilla</i>	Universidad de Sonora, Unidad Norte
<i>Dra. Karla Díaz Castellanos</i>	Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas
	Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas
<i>Dra. Elizabeth Eugenia Díaz Castellanos</i>	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores De Monterrey, CCV,
	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dr. Carlos Díaz Ramos</i>	Universidad Veracruzana/ Facultad de Ciencias Químicas
	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dr. Joel Everardo Valtierra Olivares</i>	Universidad de Guanajuato
<i>Dr. Rubén Posada Gómez</i>	Centro Regional de Optimización de Desarrollo y Equipo, Tecnológico Nacional de México/Orizaba
<i>Dr. Carlos Eleazar Pérez Pucheta</i>	Centro Regional de Optimización de Desarrollo y Equipo, Tecnológico Nacional de México/Orizaba
<i>Dr. José de Jesús Agustín Flores Cuautle</i>	Cátedra Conacyt
<i>Dr. Fernando Marcos Pérez Pucheta</i>	Universidad de Durham
<i>M.I.I. Fernando Ortiz López</i>	Grupo Crown
<i>Dr. Hugo Carrillo Rodríguez</i>	Tecnológico Nacional de México /Instituto Tecnológico de Celaya
<i>M.I.I. Héctor Jesús Juan Santiago</i>	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica.

<i>M.I.I. César Argüelles López</i>	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre
<i>M.I.I. Rosa Isela Castro Salas</i>	Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas
<i>M.I.I. Luis Alberto Hernández Sánchez</i>	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Cd. Serdán
<i>M.I.I. Antonio Calderón Jiménez</i>	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Cd. Serdán
<i>M.I.I. María Antonieta Rosas Trinidad</i>	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Cd. Serdán
<i>M.I.I. Sinuhé Ginés Palestino</i>	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Cd. Serdán
<i>M.I.I. Graciela Elizabeth Nani González</i>	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Misantla
<i>M.C. Luis Enrique García Santamaría</i>	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Misantla
<i>M.I.I. Julia Krystel López Orduña</i>	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
<i>M.I.I. Bruno Adolfo Villalobos Martínez</i>	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
<i>M.I.I. Missael Alberto Román Del Valle</i>	Centro De Tecnología Avanzada. CIATEQ, A.C. Unidad Tabasco
<i>M.I.I. José Carlos Hernández González</i>	Centro De Tecnología Avanzada. CIATEQ, A.C. Unidad Tabasco
<i>M.C. Jorge Luis Hernández Mortera</i>	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.C. Constantino Gerardo Moras Sánchez</i>	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dr. Fernando Ortiz Flores</i>	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dr. Mario Leoncio Arriola Rodríguez</i>	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dr. Cuauhtémoc Sánchez Ramírez</i>	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.C. Magno Ángel González Huerta</i>	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dr. Alberto Alfonso Aguilar Lasserre</i>	Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Orizaba

Dr. Luis Carlos Flores Ávila

Tecnológico Nacional de México/ Instituto
Tecnológico de Orizaba

M.C. Guadalupe García Monterosas

Tecnológico Nacional de México/ Instituto
Tecnológico de Orizaba

Dr. Hilarión Muñoz Contreras

Tecnológico Nacional de México/ Instituto
Tecnológico de Orizaba

Dr. Mauricio Romero Montoya

Tecnológico Nacional de México/ Instituto
Tecnológico de Orizaba

Dr. Guillermo Cortés Robles

Tecnológico Nacional de México/ Instituto
Tecnológico de Orizaba

M.A.E. Jorge Alberto Galán Montero

Tecnológico Nacional de México/ Instituto
Tecnológico de Orizaba

Dra. Ma. Eloísa Gurruchaga Rodríguez

Tecnológico Nacional de México/ Instituto
Tecnológico de Orizaba

RENOVACIÓN DE ISSN EN TRÁMITE ANTE INDIAUTOR

COMITÉ DE ARBITRAJE

INGENIERÍA MECATRÓNICA

<i>Dr. Paolo Tripicchio</i>	Scuola Superiore Sant'Anna Pisa
<i>Dr. Otniel Portillo Rodríguez</i>	Universidad Autónoma del Estado de México
<i>Dr. Jose Pastor Rodriguez Jarquín</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.I.E. Daniel Ramón Rangel Peñuelas</i>	Instituto Tecnológico de Querétaro
<i>Dr. Carlos Alberto Aguilar Lazcano</i>	Universidad Veracruzana
<i>M.I.E. Gabriel Navarrete</i>	Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz
<i>Dr. Jose Luis Oviedo Barriga</i>	Universidad Veracruzana
<i>Dr. Ignacio Herrera Aguilar</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dr. Juan Manuel Jacinto Villegas</i>	Universidad Autónoma del Estado de México
<i>Dr. Gerardo Aguila Rodríguez</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.I.E. Emmanuel Acosta Montalvo</i>	Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial
<i>M.I.E. Patrice Humblot Niño</i>	John Deere

COMITÉ DE ARBITRAJE

SISTEMAS COMPUTACIONALES

<i>Dr. Manuel Mejía Lavalle</i>	Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico CENIDET
<i>Dr. Raymundo Buenrostro Mariscal</i>	Universidad de Colima
<i>Dr. René López Flores</i>	Universidad Autónoma de Yucatán
<i>Dr. Asdrúbal López Chau</i>	Universidad Autónoma del Estado de México
<i>Dr. Noel Enrique Rodríguez Maya</i>	Instituto Tecnológico de Zitácuaro
<i>Dr. Juan Carlos Rojas Pérez</i>	Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico CENIDET
<i>Dra. María Karen Cortés Verdín</i>	Universidad Veracruzana
<i>M.S.C. Norma Leticia Hernández Chaparro</i>	Instituto Tecnológico Superior de Zongolica
<i>Dr. Humberto Marín Vega</i>	Instituto Tecnológico Superior de Zongolica
<i>Dr. Iván Gallardo Bernal</i>	Universidad Autónoma de Guerrero
<i>Dr. Fevrier Adolfo Valdez Acosta</i>	Instituto Tecnológico de Tijuana
<i>Dr. Benjamin Moreno Montiel</i>	Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)
<i>Dr. Giner Alor Hernández</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dr. Ulises Juárez Martínez</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.C. María Antonieta Abud Figueroa</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.C. S. Gustavo Peláez Camarena</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dr. Hilarión Muñoz Contreras</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.C.E. Beatriz Alejandra Olivares Zepahua</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.R.T. Ignacio López Martínez</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.C. Celia Romero Torres</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dra. Lisbeth Rodríguez Mazahua</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dr. José Luis Sánchez Cervantes</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.S.C. Luis Angel Reyes Hernández</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dra. Viviana Yarel Rosales Morales</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>M.C. Isaac Machorro Cano</i>	Instituto Tecnológico de Orizaba

COMITÉ DE ARBITRAJE

INGENIERÍA QUÍMICA

<i>Dra. Ana Laura Martínez Hernández</i>	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Querétaro
<i>Dra. Beatriz Gutiérrez Rivera</i>	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca
<i>Dr. Carlos Manuel Astorga Zaragoza</i>	CENIDET
<i>Dr. Carlos Velazco Santo</i>	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Querétaro
<i>Dr. Eduardo Pérez Ramírez</i>	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Querétaro
<i>Dr. Emmanuel Flores Huicochea</i>	CEPROBI-IPN
<i>Dr. Erasmo Herman Y Lara</i>	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Tuxtepec
<i>Dr. Francisco Hernández Rosas</i>	Colegio de Posgraduados. Unidad Córdoba
<i>Dr. Javier Gómez Rodríguez.</i>	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Veracruz
<i>Dr. José Amir González Calderón</i>	Universidad Autónoma de San Luis Potosí
<i>Dr. Juan Enrique Ruiz Espinoza</i>	Universidad Autónoma de Yucatán
<i>Dr. Kelvyn Baruc Sánchez Sánchez</i>	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Celaya
<i>Dr. Leo Alvarado Perea</i>	Universidad Autónoma de Zacatecas
<i>Dra. Miriam Noemí Moreno Montiel</i>	ESIQUIE - IPN
<i>Dra. Sandra Trinidad del Moral</i>	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Veracruz
<i>Dr. Alejandro Alvarado Lassman</i>	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dr. Eusebio Bolaños Reynoso</i>	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dr. Denis Cantú Lozano</i>	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>Dra. Rosalía Cerecero Enriquez</i>	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Orizaba
<i>MC María Elena García Reyes</i>	Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Orizaba

Dra. Ofelia Landeta Escamilla

Tecnológico Nacional de México. Instituto
Tecnológico de Orizaba

Dra. Leticia López Zamora

Tecnológico Nacional de México. Instituto
Tecnológico de Orizaba

Dra. Guadalupe Luna Solano

Tecnológico Nacional de México. Instituto
Tecnológico de Orizaba

Dr. Juan Manuel Méndez Contreras

Tecnológico Nacional de México. Instituto
Tecnológico de Orizaba

MIA Adrián Reyes Benítez

Tecnológico Nacional de México. Instituto
Tecnológico de Orizaba

Dr. Erik Samuel Rosas Mendoza

Tecnológico Nacional de México. Instituto
Tecnológico de Orizaba

Dr. Galo Rafael Urrea García

Tecnológico Nacional de México. Instituto
Tecnológico de Orizaba

MIQ Norma Alejandra Vallejo Cantú

Tecnológico Nacional de México. Instituto
Tecnológico de Orizaba

RENOVACIÓN DE ISSN EN TRÁMITE

COMITÉ DE ARBITRAJE

INVESTIGACIÓN EDUCATIVA

<i>Grado Nombre del Revisor</i>	<i>Institución</i>
<i>Dr. José Luís Méndez Navarro</i>	TecNM, Campus Tuxtla
<i>Dra. Gabriela Alejandra Ríos Zúñiga</i>	TecNM, Campus Tuxtla
<i>M.I. José Luís Méndez Lambarén</i>	TecNM, Campus Tapachula
<i>M.T.E. Antonio Yáñez Figueroa</i>	UGM, Campus Cd. Mendoza
	<i>Doctorante, USAL, España</i>
<i>Dr. Osbaldo Hernández Guevara</i>	Universidad Veracruzana
<i>Dr. Rodrigo Urcid Puga</i>	Tecnológico de Monterrey, campus Puebla.
<i>Dra. Luisa Isabel Vélez Soltero</i>	Independiente
<i>Dra. Leticia Ontiveros Moreno</i>	Universidad Juárez del estado de Durango
<i>Jossue Lara Menéndez</i>	Doctorante de la Universidad Veracruzana
<i>Dr. Arnulfo Lara Menéndez</i>	Universidad Veracruzana
<i>Dr. José Andrés Castillo Hernández</i>	Universidad Americana de Europa
<i>Dra. Bertha Leticia Gonzales Becerra</i>	Universidad de Guadalajara
<i>Dr. Manuel Pio Rosales Almendra</i>	Universidad de Guadalajara
<i>Dra. Berenice Castillejos López</i>	Universidad del Mar, Oaxaca
<i>Dra. Karlena María Cárdenas Espinosa</i>	Universidad Nacional Autónoma de México
<i>Dra. Corina Guillermina Ocegueda Mercado</i>	TecNM, Campus Matamoros
<i>Dr. Carlos Arturo Torres Gastelu</i>	Universidad Veracruzana
<i>Dra. Nohemí Fernández Mojica</i>	Universidad Veracruzana
<i>Dr. Javier Contreras Ruiz</i>	TecNM-Campus Orizaba
<i>M.C. Concepción Nava Arteaga</i>	TecNM-Campus Orizaba
<i>M.C. Patricia Quitl González</i>	TecNM-Campus Orizaba
<i>M.C. Ignacio López Martínez</i>	TecNM-Campus Orizaba
<i>Dra. Rita Hernández Flores</i>	TecNM-Campus Orizaba
<i>M.C. Luis Ángel Reyes Hernández</i>	TecNM-Campus Orizaba
<i>M.C. Elvira López Venegas</i>	TecNM-Campus Orizaba
<i>Dr. Gustavo Alvarado Kinnell</i>	TecNM-Campus Orizaba
<i>Dra. Martha Elena Fernández Ramírez</i>	TecNM-Campus Orizaba

ÍNDICE GENERAL

Ingeniería Administrativa	1
Ingeniería Eléctrica y Electrónica	657
Ingeniería Industrial	793
Ingeniería Mecánica y Mecatrónica	1141
Ingeniería Química	1313
Ingeniería en Sistemas Computacionales	1873
Investigación Educativa	2085

SISTEMAS COMPUTACIONALES

SC01	Detección y ubicación de drones empleando SDR (Software Defined Radio) <i>Rogelio Jaimes Rico y Saul Lazcano Salas.</i>	1875
SC02	Reconociendo patrones de la deserción en el contexto educativo universitario aplicando visualización de datos <i>Argelia B. Urbina Nájera, Acela Tejeda Gil, Leilani de la Cruz Toledo, Isabel Pimentel Hernández y Kevin Díaz Guarneros.</i>	1882
SC03	NAVEGACIÓN EN UN ENTORNO VIRTUAL USANDO DEEP LEARNING <i>Michael Reyes, Hernán de la Garza Gutiérrez, Rafael Sandoval Rodríguez, Arturo Legarda Sáenz y Marisela Ivette Caldera Franco.</i>	1893
SC04	Análisis y diseño de una herramienta de software para la lectoescritura en niños con autismo <i>Lizbeth Mercedes López Bautista, Mariela Lizeth Martínez Hernández y Braulio Bautista López.</i>	1903
SC05	Abstracción y Evaluación de la Intención de los Individuos en las Organizaciones de Acuerdo a la Teoría de la Agencia <i>Jorge Armando Alcántara Godínez y Leticia Dávila Nicanor.</i>	1911
SC06	Comparación de los métodos PCA y LDA para selección de características <i>J. E. Pat Cetina, L.J. Peniche Ruiz, M. I. Jiménez Ochoa, D. F. Villafañá Gamboa, K.A. López Puerto y G. Navarro Rodríguez.</i>	1919
SC07	DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA LA OPERACIÓN Y MONITOREO DE UN PROTOTIPO DE CONTROL DE RIEGO <i>Víctor César Olguín Zárate, Omar Gómez Carrasco, Edaly Castañeda Méndez, Cristian Alonso Palma Sifuentes y Edmundo Blanco Peña.</i>	1927
SC08	Novel Contextual Computing Application for attendance control on University campus through Beacons <i>Joaquín Guillén-Rodríguez, Jesús Felipe Pérez-Sandoval, Jaime Alfredo Mariano-Torres, Adriana Becerril-Rodríguez y Hernán Peraza-Vázquez.</i>	1936
SC09	Sistema de Información Geográfica para la Detección de propagación de plagas en cultivos de aguacate <i>Julieta Santander-Castillo, Mariela J. Alonso-Calpeño y Raúl Alanis-Teutle.</i>	1945
SC10	El Algoritmo de Optimización del Dragón de Komodo (KDOA): Un algoritmo bio-inspirado novedoso <i>Abigail María Díaz Guerrero, Ana Beatriz Morales Cepeda y Hernán Peraza Vázquez.</i>	1953
SC11	Seguridad aplicada en las Redes Sociales mediante extracción de datos <i>Eric Onofre Ruiz, Benny Yael Ramírez Herrerías, Jorge Martínez Santiago, Ricardo Castro Valdivia y Arturo Escobar García.</i>	1962
SC12	Método Experimental para Capacitación Laboral mediante una Aplicación Multimedia <i>Eduardo César Contreras Delgado, Rodolfo Morales García, Ivonne Damayanti Contreras González, Raquel Alejandra Vásquez Torres y Kouani Mildred López López.</i>	1970
SC13	Conteo de modelos usando forma normal para lógica bivalente y trivalente <i>Rafael Sánchez Maldonado, Pedro Bello López, Meliza Contreras González y Miguel Rodríguez Hernández.</i>	1978
SC14	Reconstrucción de objetos 3d a partir de nubes de puntos rgbd	1986

- Noé Vásquez Godínez, Heriberto Casarrubias Vargas y Carlos Omar González Morán.*
SC15 **Revisión Sistemática de la Literatura sobre Concern-Oriented Software Engineering** 1993
- Aline Montserrat Hernández-Fajardo, Karen Cortes-Verdín y Ulises Juárez-Martínez.*
SC16 **Algoritmo de predicción para radiación ultravioleta: caso Nogales, Sonora, México.** 2005
Sigifredo García Alva, Julio Enrique Arreola Valle, Guillermina Muñoz Zamora, Jesús Raúl Cruz Rentería y Zindi Sánchez Hernández.
- SC17 **Sitio web para red de EMA's de IES en el Estado de Sonora, México** 2013
Sigifredo García Alva, José Jesús Miranda Mirasol, Guillermina Muñoz Zamora, Jesús Raúl Cruz Rentería y Omar Velarde Anaya.
- SC18 **Predicción de Robo con Redes Neuronales Recurrentes LSTM** 2021
José Ulises Teyechea Peralta, C. E. Rose Gómez, M. T. Serna Encinas y R. A. Galaz Bustamante.
- SC19 **Recuperación de indicadores alométricos de publicaciones científicas utilizando minería de datos** 2029
Mario Armando Martínez Barajas, José Román Herrera Morales, María Andrade Aréchiga, Jorge Rafael Gutiérrez Pulido y Sara Sandoval Carrillo.
- SC20 **Estrategias de movilidad vehicular inteligente en la ZMVM con miras a una Ciudad Inteligente** 2037
Erick Daniel Pérez Mata, Héctor Rafael Orozco Aguirre y Saul Lazcano Salas.
- SC21 **PREDIAPP Plataforma tecnológica para la prevención y control de diabetes por medio de Inteligencia Artificial** 2045
Eva María Landa Huerta, María Reina Zarate Nava, Aldair Ruíz Nepomuceno, Elimar Leza Caballero y Adrián de Jesús Montalvo Trejo.
- SC22 **Simulación computacional de la corrosión de metales con autómatas celulares** 2053
Heriberto Casarrubias-Vargas, Noé Vásquez Godínez, Héctor Herrera-Hernández, José Guadalupe Miranda-Hernández y Carlos Omar González-Morán.
- SC23 **Sistema experto basado en reglas para la generación de horarios académicos del Tecnológico de Teziutlán** 2061
Marco Antonio Aguilar Cortés, José Luis Gutiérrez García, Heriberto Hernández Rodríguez, Jacobo Robles Calderón y Miguel Aguilar Cortés.
- SC24 **Detección automatizada de emociones a través del rostro, una revisión del estado del arte** 2069
Quetzalli Abigail Pinzón Montes, Saul Lazcano Salas, Héctor Rafael Orozco Aguirre y Maricela Quintana López.
- SC25 **PREDICCIÓN DE OXÍGENO DISUELTO EN CULTIVOS ACUICOLAS POR MEDIO DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES** 2077
J. R. Navarro Ruiz, N. García-Díaz, J. A. Verduzco, J. García Virgen, A. C. Ruiz Tadeo.

Reconstrucción de objetos 3D a partir de nubes de puntos RGBD

N. Vásquez Godínez^{1*}, H. Casarrubias Vargas¹, C. O. González Morán¹,

¹Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario Valle de México,
Boulevard Universitario S/N Valle Escondido, Río San Javier, 54500 Cd López Mateos, México

*noe-x@outlook.com

Área de participación: Sistemas Computacionales

Resumen

La reconstrucción de objetos 3D es tema de estudio e investigación para campos como Visión por Computadora, Realidad Virtual, Animación y Gráficos por Computadora, entre otros. En la actualidad no se cuenta con soluciones únicas para la reconstrucción de objetos 3D debido a la complejidad del problema, por ello se siguen proponiendo nuevas y mejores técnicas tanto en la recolección de datos 3D, a partir de cámaras o sensores infrarrojos (IR), y de algoritmos que se emplean para el registro de nubes puntos, reconocimiento de patrones, scan matching, etc. En este documento se propone un algoritmo para la reconstrucción de objetos 3D y un sistema de captura de imágenes de profundidad (RGB-D), nubes de puntos, que ayuda a resolver la problemática de encontrar la rotación entre las diferentes nubes de puntos, mediante un mapeo 3D a 2D, para su posterior cálculo de la pose del objeto proyectado mediante el reconocimiento de líneas usando la transformada de Hough y técnicas de procesamiento de imágenes.

Palabras clave: Nubes de puntos, Reconstrucción 3D, RGB-D

Abstract

The reconstruction of 3D objects is the object of study and research for fields such as artificial vision, virtual reality, animation, and computer graphics. Currently, there are no unique solutions for the reconstruction of 3D objects due to the complexity of the problem. New and better techniques are proposed in the gathering of 3D data, from cameras or infrared (IR) sensors, and in algorithms used for point cloud registration, pattern recognition, scan matching, etc. This document proposes an algorithm for the reconstruction of 3D objects and an (RGBD) depth image capture system, which helps to find the rotation between the different point clouds. The methodology proposed uses 3D to 2D mapping, for their subsequent calculation of the pose of the projected object through line recognition using the Hough transformation and image processing techniques.

Key words: Point Cloud, 3D Reconstruction, RGB-D

Introducción

La reconstrucción y reconocimiento de objetos en 3D son dos áreas importantes en Visión por Computadora con aplicaciones en áreas como la industria, ciencia e innovación tecnológica [1] [2]. Existen diversas técnicas para la reconstrucción de objetos, desde la fotogrametría hasta los actuales sensores de imágenes de profundidad (RGBD) que permiten la captura de información como nubes densas de puntos en 3D [3].

El concepto de imagen de profundidad proviene de la capacidad del ojo humano al percibir diferentes dimensiones de los objetos o escenas [4], el cerebro humano trabaja con dos fuentes de imágenes,

ya que son capturadas a partir de dos ojos; comportamiento similar que se trata con la recolección de imágenes mediante cámaras estéreo, como las que se muestran en la figura 1.



Figura 1a) Realsense [5] b) Kinect Microsoft [6], dispositivos para captura de RGB-D

En todos los sistemas de recolección de datos de profundidad como son las cámaras estéreo, luz estructurada y cámaras IR; integran la solución de la disparidad partiendo de la geometría epipolar [7]:

$$D = x_1 - x_2 = \frac{bf}{Z} \rightarrow Z = \frac{bf}{x_1 - x_2}$$

$$\text{donde: } x_1 = \frac{(X+b/2)f}{Z}, x_2 = \frac{(X-b/2)f}{Z}$$

b = distancia entre puntos de captura

f = distancia focal puntos de captura

Actualmente la reconstrucción a partir de nubes de puntos en 3D tiene varios problemas abiertos, como la identificación de características adecuadas para usarlas en la reconstrucción, velocidad de procesamiento, minimización de errores, certidumbre de la reconstrucción.

Una de las técnicas más usadas en la reconstrucción 3D se basa en la alineación/emparejamiento de puntos mediante el algoritmo Iterative Closest Point (ICP) [8] [9], obsérvese la figura 2, el cual trabaja en la localización de puntos cercanos en dos conjuntos, para encontrar la transformación afín en 3D que permite integrar información al modelo; sin embargo, esta técnica es costosa computacionalmente hablando y depende de la asociación de datos para recuperar la transformación entre las nubes de puntos.

El rendimiento del algoritmo (ICP), no solo recae en el costo computacionalmente, variables como la elección de las tecnologías a nivel software como los lenguajes de programación, las variantes de los algoritmos y el tipo de ambientes para la reconstrucción, permiten establecer una medida del rendimiento del algoritmo, en [10] se expone comparaciones del rendimiento del algoritmo ICP.

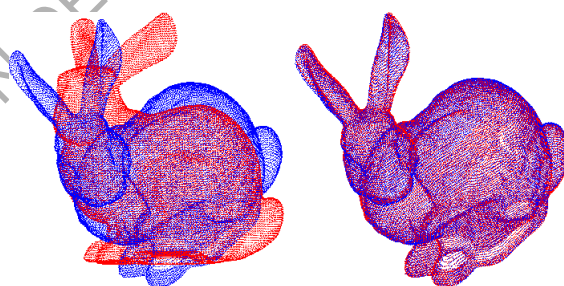


Figura 2 Sobreposicionamiento y registro de nubes de puntos Iterative Closest Point (ICP) [11]

En este documento se exponer la propuesta de reconstrucción de objetos, mediante un sistema de captura de información, ver Figura 3, que permite fijar la pose de la cámara a un plano horizontal y rotar al objeto sobre su eje vertical, permitiendo recuperar la transformación afín en 3D a partir de información 2D, la pose de la cámara respecto de la mesa de captura es fija y el objeto rota sobre su eje vertical, la rotación del objeto se recupera de las vistas capturadas, usando como referencia la base cuadrada.

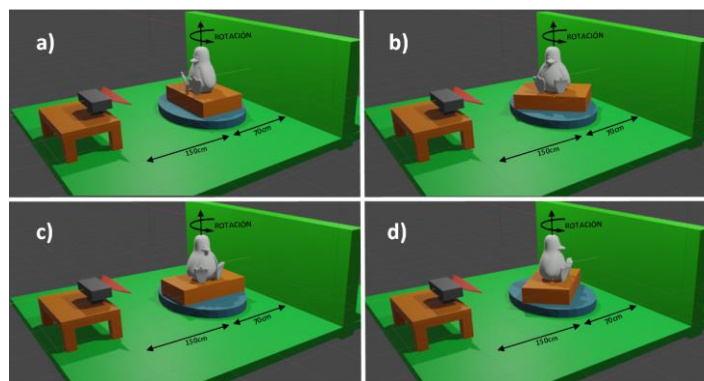


Figura 3 Setup de captura a) rotación inicial, b) rotación 45°, c) rotación 90°, d) rotación 135°

Metodología

Captura de objeto 3D

En un ambiente controlado se realiza la captura del objeto 3D sobre una base cuadrada, se aplica a la base y objeto a capturar rotaciones sobre el eje vertical para tomar distintas vistas del objeto de interés, la base es segmentada a partir de un umbralado del eje vertical, debido a que el escenario es fijo y los parámetros de altura y distancia son conocidos. De la imagen de profundidad (RGBD) capturada se extrae la nube de puntos asociada a la vista y se proyecta a el plano XZ respecto al sistema de coordenadas de la cámara.

Para obtener la proyección al plano XZ, se toma la nube de puntos correspondiente a la vista y se crea un grid acumulador en cada una de las posiciones (x,z), este procedimiento genera una imagen en escala de grises, ver Figura 4.b, que contiene el número puntos en la posición (X , Y , Z) para todo Y y X, Z fijos en el intervalo [0,640] y [50,220] respectivamente:

$$(x, z) \leftarrow \text{cardinalidad del } \{(x, y, z) \mid x = X, z = Z, \text{ para todo } Y\}$$

Procesamiento de la imagen

Las imágenes en escala de grises correspondientes a la proyección tienen aislada la región de la base cuadrada que se usa para estimar la rotación de las vistas, para extraer esta información. Como se puede apreciar en la imagen Figura 4.b, la información de la rotación puede ser extraída calculando la orientación de las rectas, correspondientes a las caras de la base del sistema de captura. Pero debido al ruido de la imagen se requiere procesar y filtrar la imagen. Primeramente, se umbrala la imagen por el método de Otsu, se aplican operadores de erosión y dilatación para definir las caras proyectadas, y posteriormente se identifican los bordes con el operador de Canny, el flujo completo se ve ilustrado en la Figura 4.



Figura 4 Procesamiento de imágenes: a) Depth imagen, b) Proyección de nube de puntos a 2D, c) Mejoramiento de la imagen, d) detección de bordes con Canny

Recuperación de la rotación en 2D

Para recuperar la orientación de la cara de la base del sistema de captura es suficiente con detectarla en la imagen proyectada; La recuperación de orientación de la base de captura del sistema se realiza a partir de la proyección, se detectan las líneas de las caras proyectadas usando la transformada de

Hough. Dependiendo de la vista se encuentran dos grupos de líneas o un solo grupo de líneas, agrupadas por su orientación. La rotación de interés es la relativa a la vista anterior y puede ser calculada a partir de la orientación de las líneas de cada una de las vistas

Asignación de incertidumbre y recuperación de rotación en 2D:

$$R_{real} \in [R_{med} - \Delta R, R_{med} + \Delta R]$$

Debido al ruido asociado a la cámara, la estimación de la rotación se realiza en base al valor promedio de las orientaciones de las líneas encontradas en la imagen, en la Figura 8 se muestra la gráfica de dispersión de las rotaciones estimadas de la caja base del sistema de captura.

Recuperación de transformación 3D

Para realizar el registro de la nube de puntos es necesario obtener la rotación 3D entre vistas de cada captura. Debido a las características del setup de captura, la recuperación de la transformación en 3D se obtiene a partir de la rotación en 2D de la siguiente forma:

$$R_{\{3D\}}(pitch_{2D}, yaw = 0, roll = 0) \leftarrow R_{\{2D\}}(pitch_{2D})$$

Alineación de puntos e integración de información al objeto reconstruido

Para cada vista o imagen capturada se obtiene una vista parcial del objeto a reconstruir y con la recuperación de la rotación entre vistas descrito en las secciones anteriores, se puede integrar las vistas parciales para obtener el objeto completo. Dada la sucesión de nube de puntos por vista se puede calcular en que posición se deben colocar las nubes de puntos de vista parcial en la nube de puntos del objeto calculando la composición de rotaciones. Dado una nube de puntos $F_{\{i+1\}}$, la nube de puntos anterior $F_{\{i\}}$ y la rotación $R_{\{i+1\}}$, entre ellas se calcula: $R = \prod \{R_i\}_i$; se aplica a $F_{\{i+1\}}$ y se actualiza la nube de puntos del objeto completo.

Para comprender un poco más el sistema de reconstrucción y el algoritmo empleado se expone el siguiente esquema figura 5, el cual muestra las etapas para la reconstrucción 3D del objeto:

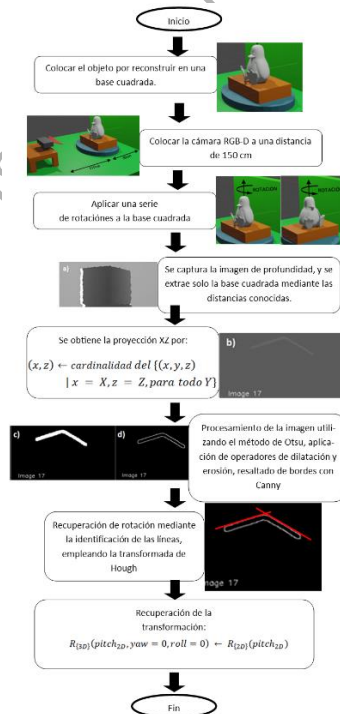


Figura 5 Reconstrucción 3D del objeto

Experimentos

Para validar la metodología propuesta se realizaron dos experimentos, uno con captura de imágenes reales y otro usando el objeto cube_D02_L04.ply de la base de datos G-PCD: Geometry Point Cloud Dataset [12]. En el caso del objeto real se realizó la captura de una caja con dimensiones de 30 x 25 cm, en el setup mostrado en la figura 3, recolectando 71 RGB-D (imágenes de profundidad) con una rotación entre vista de 5 grados.



Figura 6 Caja real capturada y segmentada. a) imagen RGB, b) imagen de profundidad

Para el objeto cube_D02_L04.ply se simularon vistas de captura desde una posición similar al sistema de captura. Experimentar con este objeto sintético permite evaluar el algoritmo propuesto de recuperación de orientación relativa entre vistas y cuantificar su rendimiento. En la Figura 7 se muestra el objeto sintético y un par de vistas generadas para generar las vistas parciales del objeto y realizar la reconstrucción en 3D. Se generaron vistas del objeto cada cinco grados para la reconstrucción.

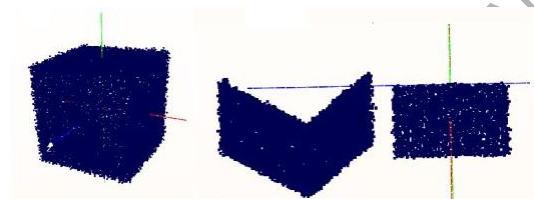


Figura 7. Izquierda, objeto cube_D02_L04.ply del G-PCd: Geometry Point Cloud Dataset. Centro, vista parcial del objeto generada sintéticamente. Derecha, vista frontal del cubo

Resultados y discusión

En la Figura 8 se muestra la estimación de la pose de la base del sistema de captura para la recuperación de la rotación entre vistas; observe el ruido asociado a las vistas capturadas con el sensor Kinect correspondiente a las caras de la base en que la parte visible es mínima. Para las vistas del objeto sintético la recuperación de la pose fue más consistente.

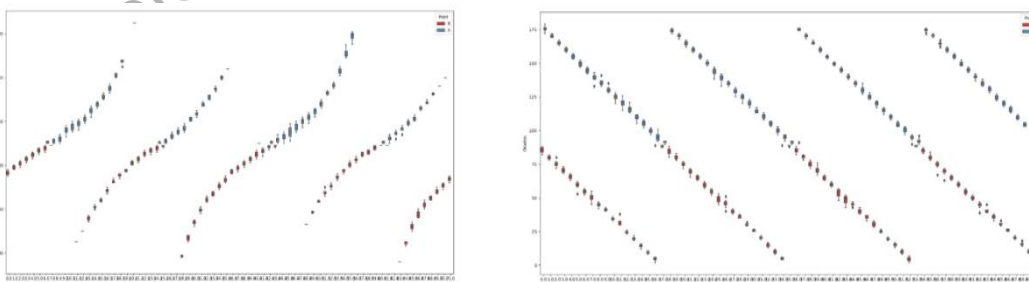


Figura 8. Estimación de la pose de la base del sistema de captura. A) Izquierda, Captura de vistas realizadas con el sensor Kinect. B) Captura de vistas generadas sintéticamente del objeto cube [12].

Los objetos reconstruidos se muestran en la Figura 9, en ambos casos se consigue la reconstrucción del objeto a partir de las vistas parciales; en el lado izquierdo objeto sintético, en azul el objeto original y en rojo el objeto reconstruido con la metodología propuesta, en el lado derecho se muestra la reconstrucción de la caja real, observe el efecto del ruido del sensor sobre la reconstrucción generada.

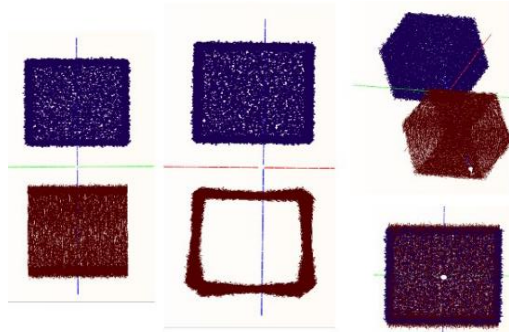


Figura 9. Reconstrucción del objeto cube_D02_L04.ply

Conclusiones

La metodología propuesta permite recuperar la orientación entre pares de vistas de imágenes capturadas por el sensor Kinect de imágenes de profundidad (RGBD) y también de vistas sintéticas generadas del objeto cube_D02_L04.ply permitiendo recuperar la pose de vista parcial e integrarlas en la nube de puntos del objeto global con buenos resultados. El algoritmo de recuperación de pose relativa entre vistas permite encontrar la rotación en 3D usando información 2D, este mecanismo simplifica la búsqueda de asociaciones entre puntos que tradicionalmente requiere el algoritmo ICP para la recuperación de poses relativas; esta mejora simplifica el proceso de fusión de nubes de puntos y aunque aún falta hacerla más precisa sirve como base para el proceso de iterativo de optimización del ICP proponiéndola como una solución inicial. El algoritmo es bastante ligero lo cual le permite trabajar con muchas vistas y obtener una mejor resolución del objeto reconstruido.

Referencias

- [1] C. Wohler, 3D Computer Vision Efficient Methods and Applications, London New York: Springer, 2009.
- [2] E. Davies, Computer & Machine Vision Theory Algorithms Practicalities, USA: ELSEVIER, 2012.
- [3] R. Szeliski, Computer Vision Algorithms and Applications, New York: Springer, 2011.
- [4] B. Cyganek y J. S. Pail, An Introduction to 3D Computer Vision Techniques and Algorithms, New Delhi, India: WILEY, 2009.
- [5] Intel, «<https://www.intelrealsense.com/>,» 19 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://www.intelrealsense.com/>.
- [6] Microsoft, «<https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect/>,» 19 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect/>.
- [7] B. Jahne y H. Haubecker, Computer Vision and Applications A Guide for Students and Practitioners, Florida: ACADEMIC PRESS, 2000.
- [8] J. Procházková y D. Martisek, «Notes on Iterative Closest Point Algorithm,» de 17th Conference on Applied Mathematics APLIMAT 2018, Bratislava, Slovak Republic, 2018.

- [9] C. Wöhler, 3D Computer Vision Efficient Methods and Applications, Springer, 2013.
- [10] F. Pomerleau, F. Colas y R. Siegwart, «Comparing ICP variants on real-world data sets,» Autonomous Robots, 2013.
- [11] Y. He, B. Liang, J. Yang, S. Li y J. He, «An Iterative Closest Points Algorithm for Registration of 3D Laser Scanner Point Clouds with Geometric Features,» Sensors 2017, p. 17, 23 Mayo 2017.

RENOVACIÓN DE ISSN EN TRÁMITE ANTE INDAUTOR