memorias

XI CIMM

XI CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECATRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

MEMORIAS DEL XI CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA MECATRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN.

ISSN No. 2665-5934
© 2023

Diseño y diagramación
Unidad de Educación Contínua - Facultad de Ingeniería. Sede Bogotá
Universidad Nacional de Colombia

Recopilador
Oscar Edwin Piamba Tulcán
oepiambat@unal.edu.co

Se autoriza la reproducción total o parcial de esta publicación para fines eductivos u otros fines no comerciales, siempre y cuando se cite la fuente.

Organizan

COMITÉ ORGANIZADOR

Edgardo William Arrieta Ortiz- Universidad Tecnológica de Bolívar
Beatriz Cardozo Arrieta - Universidad Autónoma del Caribe
Mauricio Márquez Santos - Universidad Autónoma del Caribe
Jimy Unfried Silgado- Universidad de Córdoba
Pedro William Pérez Orozco - Universidad Central
Lola Cecilia Forero Rugeles - AIMUN
Raúl Augusto Junca Torres - AIMUN
Pedro León Simancas - Universidad de Antioquia
Carlos Arturo Bohórquez Ávila - Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Victor Rúiz Rosas - Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Mauricio Sierra - Universidad Libre
Fredy Aguirre Gómez - Universidad Libre
Oscar Edwin Piamba Tulcán - Universidad Nacional de Colombia
Carlos Julio Camacho López - Universidad Nacional de Colombia
Luis Eduardo Benitez Hernandez - Universidad Nacional de Colombia
Henry Octavio Cortés Ramos - Universidad Nacional de Colombia
Ricardo Emiro Ramírez Heredia - Universidad Nacional de Colombia
Carlos Julio Cortes Rodríguez - Universidad Nacional de Colombia
Andrea Rojas Godoy - UECP Universidad Nacional de Colombia
Leidy Gómez Barahona - UECP Universidad Nacional de Colombia
Mauricio Rodríguez Ruiz - UECP Universidad Nacional de Colombia

COMITÉ CIENTÍFICO INTERNACIONAL

Jesús Emilio Camporredondo Saucedo
Universidad Autónoma De Coahuila (México)

Laura Castruita Ávila
Universidad Autónoma De Coahuila (México)

Sanjay Dhage
National Chemical Laboratory, Pune (India)

Carlos Castaño Giraldo
Missouri University of Science and Technology (Estados Unidos)

Wilmer Velilla Díaz
Universidad Austral de Chile (Chile)

Arnoldo Bedolla Jacuinde
Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo (México)

Francisco Guerra
Instituto de Investigaciones Metalúrgicas y de Materiales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo de Morelia (México)

COMITÉS EVALUADORES

Universidad Tecnológica de Bolívar

Alfredo Abuchar Curi
Juan Fajardo Cuadro
Argemiro Palencia
Andrés Jaramillo Muñoz
Vladimir Quiroz Mariano
Yenifer Rios Diaz
Edgardo William Arrieta

Universidad Autónoma del Caribe

Esmeide Leal
Jonathan Fabregas Villegas
Gustavo Guzmán
Jair Villanueva
Beatriz Cardozo Arrieta
Henry Santamaria De La Cruz
Enrique Esteban Niebles Nuñez
Saúl Pérez
Mauricio Marquez Santos
Ivan Rafael Tovar Ospino
Norberto Acuña Molina
Armando Elías Robledo Acosta
Rita Cristina Jaramillo Ceballos
Fabio Bermejo
Kelvin De Jesús Beleño Sáenz
Grey Cecilia Castellar Ortega
Ricardo Alberto Chegwin Hillembrand
Jean Pier Coll
Carlos Díaz Sáenz

Universidad Central

Manuel Mejía
Pedro William Pérez
Federico Cervera Bonilla
Alejandro Muñoz
Aliex Trujillo
Rubén Llanes
Hector Castelblanco

COMITÉS EVALUADORES

Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá

Ricardo Emiro Ramirez Heredia
Henry Octavio Cortés Ramos
Carlos Julio Camacho Lopez
Carlos Humberto Galeano Urueña
Flavio Prieto
Sonia Lucia Rincón Prat
Nicolas Giraldo Peralta
Carlos Julio Cortes Rodriguez
Liz Karen Herrera
Adriana Fernanda Sierra Alarcon
Luis Eduardo Benítez Hernández
Victor Hugo Grisales Palacio
Alexander Gómez
Fabio Emiro Sierra Vargas
Juan Hernando Reyes Pacheco
Juan Mantilla
Rodolfo Rodriguez
Aldo Benavides Moran
Jhon Jairo Olaya
Diego Alexander Garzón Alvarado
José Manuel Arroyo Osorio
Fernando José Rodríguez Mesa
Eduardo Barrera Gualdron
Nelson Arzola De la Peña
Luis Miguel Mendez

Universidad de Antioquia

Laura Velasquez
Edwin Lenin Chica
Carlos Andrés Trujillo
Andrés Felipe Colorado
Junes Villarraga
Henry Colorado
Iván Darío Bedoya
Humberto Gomez
Ricardo Moreno Sánchez

COMITÉS EVALUADORES

Universidad Libre

Hector Fernando Rojas Molano
Edilberto Carlos Vivas
Gabriel de Jesús Camargo Vargas
Ricardo Augusto Ríos Linares
Fredy Alexander Aguirre Gòmez
Salvador Vargas
Maria Gabriela Mago Ramos
Mauricio Alejandro Sierra Cetina

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Henry Vanegas
John Alejandro Forero Casallas
Luini Leonardo Hurtado Cortés
Andrés Felipe Colorado
Alexander Alavarado Moreno
Henry Moreno Acosta

Universidad de Córdoba

Jimy Unfried
Jorge Mario Mendoza Fandiño
Arnold Rafael Martínez Guarín
Jesús David Rhenals Julio
Yahir Enrique González Doria
Luis Armando Espítia Sanjuán
Valéry José Lancheros Suárez

XI CIMM

CONTENIDO

PROGRAMACION ACADÉMICA 13

PONENCIAS

KINEMATICS OF A SOCCER BALL BEING KICKED 20

EVALUACIÓN EXPERIMENTAL Y NUMÉRICA DE UN MOTOR HCCI ESTACIONARIO UTILIZANDO HIDRÓGENO COMO COMBUSTIBLE 21

ALGORITMOS INTERACTIVOS COMO ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA PARA DISCIPLINAS DIFERENTES A LA PROGRAMACIÓN 23

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MICRO POSICIONAMIENTO ACCIONADO POR PIEZOELÉCTRICO Y CON BRAZO DE PALANCA 24

ESTUDIO DE GENERACIÓN EÓLICA EN SAN ANDRÉS Y DISEÑO DE PERFIL ASIMÉTRICO PARA TURBINA DARRIEUS TIPO H 25

PLATAFORMA PARA LA MANIPULACIÓN DE UN GEMELO DIGITAL DEL ROBOT UR3 26

MEASUREMENT OF PERCEIVED DIFFICULTY IN A MEMORY GAME FOR TASK MECHANICS ADAPTATION 27

CONTROL DOMÓTICO CON ARTEFACTOS DETECTADOS DENTRO DE UNA SEÑAL EEG 28

EFECTO DE LAS FRONTERAS DE GRANO EN LA PROPAGACIÓN DE FISURAS EN NANOCRISTALES DE ALUMINIO SUJETO A CARGA CÍCLICA 29

DESPLIEGUE MULTIMAQUINARIA MEDIANTE FRAMEWORK ESCALABLE PARA INTEGRACIÓN EN SOFTWARE MES PRIA-UN 30

ROBOT EXPLORADOR DE CAVIDADES DIGESTIVAS 31

PLATAFORMA DE REHABILITACIÓN DE HOMBRO USANDO REALIDAD VIRTUAL 32

PROPOSAL OF A KNEE ORTHOSIS FOR REHABILITATION IN THE CONTEXT OF A SERIOUS GAME 33

PROPOSAL FOR ELBOW ORTHESES FOR REHABILITATION IN THE CONTEXT OF SERIOUS GAME 34

APRENDIZAJE COMPUTARIZADO (MACHINE LEARNING) Y BIG DATA PARA ESTIMAR Y PRONOSTICAR LA EXPRESIÓN GENÓMICA 35

ARCHIMEDES DISZAER 1 (AD1): SOFTWARE PARA OPTIMIZAR EL DISEÑO MECÁNICO DE TURBINAS TORNILLO DE ARQUÍMEDES 36

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN EQUIPO VERSÁTIL PARA ENSAYOS DE CORROSIÓN POR INMERSIÓN ALTERNA 37

CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA DE LA NUEZ DEL MARAÑÓN PARA EL DISEÑO DE UNA DE MÁQUINA DE APERTURA 38

ESTIMACIÒN DEL DESEMPEÑO TÉRMICO DE UN HELIÓSTATO MEDIANTE ANÁLISIS CFD CON SOFTWARE LIBRE 39

EFECTO DEL USO DEL BIODIESEL DE PALMA EN EL RENDIMIENTO Y LAS EMISIONES DE UN MOTOR ESTACIONARIO PARA MICRO-GENERACIÓN 40

INVERNADERO URBANO AUTOMÁTICO Y SUSTENTABLE ENFOCADO A LA AGRICULTURA COLOMBIANA 42

DESIGN OF A SERIOUS AUGMENTED REALITY GAME FOR CHILDREN WITH ATTENTION DEFICIT DISORDERS 44

ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN BLOQUES DE HIELO DE SALMUERAS 45

BALANCE ENERGETICO MEDIANTE DIAGRAMAS DE SANKEY DE UN CONGELADOR CON R600A 47

COMPORTAMIENTO DE LA ADHESIÓN DE FIBRAS DE PLÁTANO Y COCO TRATADAS Y NO TRATADAS QUÍMICAMENTE EMBEBIDAS EN MATRICES TERMOPLÁSTICAS Y TERMOFIJAS 49

MODELADO DE ELEMENTOS FINITOS BASADO EN DATOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE VÉRTEBRAS PORCINAS 51

CÁLCULO DE LA FRACCIÓN VOLUMÉTRICA DE LAS FASES ACEITE Y AGUA EN FLUJO BIFÁSICO AL INTERIOR DE TUBERÍAS HORIZONTALES APLICANDO LONG SHORT TERM MEMORY 52

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN MULTIVARIABLE PARA LA CARACTERIZACIÓN DE UN ARIETE HIDRÁULICO 53

FOROMULACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO MULTIFUNCIONAL CON PROPIEDADES BIOACTIVAS PARA EL CONTROL DE INCRUSTACIONES MARINAS 54

EFECTO DEL USO DE MEZCLAS ISOBUTANOL/GASOLINA EN UN VEHICULO OPERANDO BAJO CICLO DE CONDUCCIÓN WLTC 55

MANUFACTURA DE ÁLABES PARA TURBINAS HIDROCINÉTICAS TIPO H-DARRIEUS CON DIFERENTES MATERIALES 56

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA TURBINA HIDROCINETICA DARRIEUS CON ABERTURAS CIRCULARES EN ÁLABES ASIMÉTRICOS 57

CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE UNA TURBINA HIDRÁULICA DE VÓRTICE GRAVITACIONAL 59

APLICACIÓN DE ALGORITMOS INTERACTIVOS A SISTEMAS DINÁMICOS DE CONTROL 61

OPTIMIZACIÓN DE LA CÁMARA RESONANTE DE OLA DE UNA COLUMNA OSCILANTE DE AGUA 63

ANÁLISIS DE UNA PLANTA BRAYTON SOLAR HIBRIDA MULTIETAPAS A PARTIR DE UN MODELO ENERGÉTICO Y EXERGÉTICO. 64

INFLUENCIA DEL GRAFITO EN EL COMPORTAMIENTO ELECTROQUÍMICO DEL ALUMINIO 65

EVALUACIÓN EXPERIMIENTAL DE UNA TURBINA HIDRÁULICA DE VÓRTICE GRAVITACIONAL 66

EVALUACIÓN DE RELEVANCIA DE CARACTERÍSTICAS ASOCIADAS A LA PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO DE CULTIVOS DE MAÍZ EN COLOMBIA 67

VALIDACIÓN MEDIANTE MECÁNICA COMPUTACIONAL DE TURBINAS EÓLICAS DE EJE VERTICAL 68

SOLDADURA POR FRICCIÓN Y AGITACIÓN APLICANDO MULTIFÍSICA COMPUTACIONAL PARA JUNTAS DISIMILES 69

DISEÑO PARA FATIGA ESTOCÁSTICA DE LAS ALAS DE UN PLANEADOR AUTÓNOMO PARA TRANSPORTE DE INSUMOS PEQUEÑOS 70

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN SOSTENIBLE DE ENERGÍA ELECTRICA PARA UN VEHÍCULO ECOAMIGABLE PARA LA ASOCIACIÓN DE CEVICHEROS EN CARTAGENA 71

DISEÑO DE UN MANIPULADOR 4R DE BAJO COSTO Y ACCESO ABIERTO PARA USO EDUCATIVO. 72

MODELO DE DETECCIÓN DE LA ENFERMEDAD DE LA ROYA EN HOJAS DE CAFÉ MEDIANTE ANÁLISIS DE IMAGEN 73

ANÁLISIS DE VIBRACIONES Y DE PRESIÓN PARA DETERMINAR FALLAS EN VÁLVULAS DE ADMISIÓN Y ESCAPE EN MOTOR CFR 74

SISTEMAS DE UNIDADES: INTERNACIONAL VS. INGLÉS -CURIOSIDADES Y PROBLEMAS DE LA COEXISTENCIA 75

MODELO TEÓRICO DE LA CABEZA HIDRÁULICA DE UNA BOMBA OPERADA COMO TURBINA BASADO EN PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DEL IMPULSOR 76

NUEVO MÉTODO PARA ESTIMAR LOS PARÁMETROS DE UN SISTEMA DINÁMICO L.T.I. DE SEGUNDO SOBRE AMORTIGUADO 77

INGENIERÍA INVERSA PARA EL MANTENIMIENTO DE EMBARCACIONES DEPORTIVAS A TRAVÉS DE MODELOS CFD 78

EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y AMBIENTAL DE UN VEHÍCULO CICLO OTTO USANDO MEZCLAS ISO-BUTANOL/GASOLINA EN UN DINAMÓMETRO DE RODILLOS Y BAJO CONDICIONES DE ESTADO ESTACIONARIO 80

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR DE 30L EN LA UNIVERSIDAD ECCI 82

SIMULACIÓN DEL LDC EN REGIMEN TURBULENTO APLICANDO DIFERENTES ESQUEMAS CONVECTIVOS 84

SOLIDIFICADORA DINÁMICA DE METALES 85

DISEÑO DE UN SISTEMA DE REALIDAD VIRTUAL ESCALABLE PARA SIMULAR LA UTILIZACIÓN DE UN TORNO INDUSTRIAL 87

ÁNALISIS EXERGÉTICO DE UN DISTRITO TÉRMICO OPERANDO CON FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGÍA 88

DISEÑO DE TURBINA MICHELL BANKI PARA LAS CONDICIONES DEL DISTRIRO DE RIEGO CANAL IGUÁ – CAMPOALEGRE (HUILA) 89

DISEÑO CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE IMPRESIÓN 3D PARA PASTAS CERÁMICAS 90

CALIDAD SUPERFICIAL EN COMPONENTES DE ACERO OBTENIDOS POR MANUFACTURA ADITIVA FFF 91

ANÁLISIS DE ESFUERZO Y DEFORMACION DE UN MODELO SIMPLIFICADO DE TURBINA H-DARRIEUS CON PERFIL NACA 0018 93

ESTIMACIÓN DE LA PRESIÓN ADECUADA EN UN SISTEMA PCAST PARA LA FABRICACIÓN DE HIDROSOCKETS 94

DISEÑO DE UN RECOLECTOR DE ENERGÍA DISPONIBLE EN DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES 96

ESTRATEGIA PARA ASIGNAR CONJUNTOS DE TOLERANCIAS EN INGENIERÍA INVERSA EN PIEZAS FABRICADAS POR MANUFACTURA ADITIVA 97

CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE FILAMENTO EXTRUIBLE PARA IMPRESIÓN 3D, FABRICADO A PARTIR DE ÁCIDO POLILÁCTICO (PLA) Y ADITIVADO CON POLIURETANO TERMOPLÁSTICO (TPU) Y POLIETILENGLICOL (PEG) 98

INTERACCIÓN DE LOS ELEMENTOS INORGÁNICOS PRESENTES EN LA BIOMASA Y LA ARENA DE SÍLICE Y SU EFECTO SOBRE LA AGLOMERACIÓN DURANTE LA COMBUSTIÓN 100

PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE BALDOSAS CERÁMICAS CON ADICIÓN DE VIDRIO ÁMBAR RECICLADO 101

ANÁLISIS DE COEFICIENTES CONVECTIVOS DE TRANSFERENCIA..... 102

DE CALOR EN UNA CÁMARA CALORIMÉTRICA 102

EVALUACIÓN DE UN DISTRITO TÉRMICO OPERANDO CON FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGÍA A PARTIR ANÁLISIS DE DECISIÓN MULTICRITERIO 103

ADAPTACIÓN DE LA PRUEBA WBT 4.2.3 PARA LA EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y AMBIENTAL DE ESTUFAS DE BIOMASA EN LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO 104

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA PRODUCCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE LIPPIA ORIGANOIDES EN UNA BIOFÁBRICA..... 106

METODOLOGÍA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS DE PRODUCCIÓN 107

CONTROL DE PERFILES DE TEMPERATURA DE UN HORNO TIPO MUFLA, PARA PROCESOS DE PIRÓLISIS 108

BIOMECHANICAL BEHAVIOR OF DENTAL IMPLANTS: A CONTACT ANALYSIS BETWEEN IMPLANT-ABUTMENT INTERFACE..... 110

OPTIMIZACIÓN DEL CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DE UNA FLOTA DE AVIONES..... 111

INTEGRACIÓN DE HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN PARA ROBOTS MÓVILES COPPELIASIM Y MATLAB (CURSO DICTADO EN EL CONGRESO) 112

LÓGICA DE PROGRAMACIÓN PARA EL CONTROL HÁPTICO DE UN MANIPULADOR USADO EN CIRUGÍAS MÍNIMAMENTE INVASIVAS 113

PROGRAMACION ACADÉMICA

abril 26				
8:30 11:30	CURSO: Material de formación basado en la simulación de sistemas mecatrónicos Tallerista Jorge Díaz Famic Technologies Inc.	CURSO: Workshop I4.0: En el camino a la transformación digital y la transición a la eficiencia Talleristas Sebastián Bohórquez y Andrés Felipe Hernandez FESTO	CURSO: Introducción a Transys como herramienta de simulación energética transitoria. Potencialidades. Tallerista Camilo Andres Arias Universidad Distrital FJC	CURSO: Integración de herramientas de simulación para robot móviles CoppeliaSim y Matlab Talleristas Ricardo Ramírez y Pedro Cárdenas Universidad Nacional de Colombia
11:30 12:00	INAUGURACIÓN Decana Facultad de Ingeniería UTB Ing. Sonia Helena Contreras Ortiz, Decana Facultad de Ingenieria Universidad Nacional de Colombia: Ing. Maria Alejandra Guzmán Pardo Presidente Comité Organizador: Ing. Oscar Edwin Piamba . DIrector Departamento Mecánica UTB Ing. Edgardo William Arrieta			
12:00 13:00	Conferencia Magistral Inaugural Educación en Ingeniería con perspectiva de género: liderazgo como factor motivador en niñas y jóvenes Maria Alejandra Guzmán Pardo, Decana de ingeniería Universidad Nacional de Colombia Sonia Helena Contreras Ortiz, Decana de Ingeniería Universidad Tecnológica de Bolivar Beatriz María Cardozo Arrieta, Docente, Jefe de Laboratorios Universidad Autónoma del Caribe Olga Patricia Chacón Arias, Presidenta ACOFI, Decana Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas UIS Vianney Lara Prieto, Directora de División de la Escuela de Ingeniería y Ciencias, Tecnológico de Monterrey			
	TEMÁTICA Energías del futuro	TEMÁTICA Las ingenierías y la Industria 4.0	TEMÁTICA Diseño, Materiales Y Procesos	TEMÁTICA Biomecánica
14:00	43 Diseño e Implementación de una Celda Electrolizadora para la Generación de Hidrógeno Verde	33 CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA DE LA NUEZ DEL MARAÑÓN PARA EL DISEÑO DE UNA DE MÁQUINA DE APERTURA	4 KINEMATICS OF A SOCCER BALL BEING KICKED	13 Measurement of Perceived Difficulty in a Memory Game for Task Mechanics Adaptation.
14:20	63 CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE UNA TURBINA HIDRÁULICA DE VÓRTICE GRAVITACIONAL	113 DISEÑO DE DISPOSITIVO MÓVIL PARA EL POSICIONAMIENTO DE TRANSDUCTORES ULTRASÓNICOS EN TANQUES DE ALMACENAMIENTO	32 DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN EQUIPO VERSÁTIL PARA ENSAYOS DE CORROSIÓN POR INMERSIÓN ALTERNA	15 Control Domotico con Artefactos Detectados Dentro de una Señal EEG
14:40	66 OPTIMIZACIÓN DE LA CÁMARA RESONANTE DE OLA DE UNA COLUMNA OSCILANTE DE AGUA	8 DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MICRO POSICIONAMIENTO ACCIONADO POR PIEZOELÉCTRICO Y CON BRAZO DE PALANCA	84 DETERMINACIÓN DE ESFUERZOS RESIDUALES POR MICROTALADRADO EN ACERO INOXIDABLE AUSTENÍTICO SOLDADO POR TIG	125 ESTIMACIÓN DE LA PRESIÓN ADECUADA EN UN SISTEMA PCAST PARA LA FABRICACIÓN DE HIDROSOCKETS
15:00	67 ANÁLISIS DE UNA PLANTA BRAYTON SOLAR HIBRIDA MULTIETAPAS A PARTIR DE UN MODELO ENERGÉTICO Y EXERGÉTICO.	20 DESPLIEGUE MULTIMAQUINARIA MEDIANTE FRAMEWORK ESCALABLE PARA INTEGRACIÓN EN SOFTWARE MES PRIA-UN	111 SOLIDIFICADOR DINÁMICO DE METALES	112 DISEÑO DE UN SISTEMA DE REALIDAD VIRTUAL ESCALABLE PARA SIMULAR LA UTILIZACIÓN DE UN TORNO INDUSTRIAL.
15:20	72 EVALUACIÓN EXPERIMIENTAL DE UNA TURBINA HIDRÁULICA DE VÓRTICE GRAVITACIONAL	30 PLATAFORMA PARA LA EXPLORACIÓN DE LA CAVIDAD ABDOMINAL UTILIZANDO REALIDAD VIRTUAL	115 DESARROLLO DE PIEZAS EN MATERIALES COMPUESTOS CON BASE EN FIQUE MEDIANTE MOLDEO POR COMPRESIÓN	22 ROBOT EXPLORADOR DE CAVIDADES DIGESTIVAS
15:40	90 DESARROLLO DE UN CICLO TÍPICO DE CONDUCCIÓN BASADO EN UNA VARIACIÓN DEL ALGORITMO K-MEANS	39 INVERNADERO URBANO AUTOMÁTICO Y SUSTENTABLE ENFOCADO A LA AGRICULTURA COLOMBIANA	119 DESARROLLO DE UN ENVASE BIOMÉDICO EN IMPRESIÓN 3D PARA TRANSPORTE DE TEJIDO VIVO	26 PROPOSAL FOR ELBOW ORTHESES FOR REHABILITATION IN THE CONTEXT OF SERIOUS GAME
16:00			80 DISEÑO PARA FATIGA ESTOCÁSTICA DE LAS ALAS DE UN PLANEADOR AUTÓNOMO PARA TRANSPORTE DE INSUMOS PEQUEÑOS	47 CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE HUESO DE CERDO UTILIZANDO MODELOS DE ELEMENTOS FINITOS Y PRUEBAS EXPERIMENTALES.
17:00 18:00	Conferencia Magistral 2 El Futuro de la Integridad Estructural Aeronáutica en la Industria 4.0 Juan D. Ocampo			

abril 27				
8:20 9:20	Conferencia Magistral 3 Caracterización de Nanoestructuras en Aleaciones Metálicas para Aplicaciones Comerciales y Avanzadas Conrado Afonso Ramos Moreira			
9:40 12:00	TEMÁTICA Energías del futuro	TEMÁTICA Educación en ingeniería	TEMÁTICA Diseño, Materiales Y Procesos	PONENCIAS VIRTUALES
9:40	5 EVALUACIÓN EXPERIMENTAL Y NUMÉRICA DE UN MOTOR HCCI ESTACIONARIO UTILIZANDO HIDRÓGENO COMO COMBUSTIBLE	85 DISEÑO DE UN MANUPULADOR 4R DE BAJO COSTO Y ACCESO ABIERTO PARA USO INVESTIGATIVO	122 CALIDAD SUPERFICIAL EN COMPONENTES DE ACERO OBTENIDOS POR MANUFACTURA ADITIVA FFF	58 MANUFACTURA DE ÁLABES PARA TURBINAS HIDROCINÉTICAS TIPO H-DARRIEUS CON DIFERENTES MATERIALES
10:00	9 ESTUDIO DE GENERACIÓN EÓLICA EN SAN ANDRÉS Y DISEÑO DE PERFIL ASIMÉTRICO PARA TURBINA DARRIEUS TIPO H	91 SISTEMAS DE UNIDADES: INTERNACIONAL VS. INGLÉS -CURIOSIDADES Y PROBLEMAS DE LA COEXISTENCIA-	131 PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE BALDOSAS CERÁMICAS CON ADICIÓN DE VIDRIO ÁMBAR RECICLADO	142 CONTROL DE PERFILES DE TEMPERATURA DE UN HORNO TIPO MUFLA, PARA PROCESOS DE PIRÓLISIS
10:20	29 “ARCHIMEDES DISZAER 1 (AD1): SOFTWARE PARA OPTIMIZAR EL DISEÑO MECÁNICO DE TURBINAS TORNILLO DE ARQUÍMEDES”.	12 DISEÑO DE UN LABORATORIO DE TERMODINÁMICA CON CARACTERÍSTICAS DE ACCESO REMOTO	16 EFECTO DEL TRATAMIENTO ACIDO SOBRE LA ESTRUCTURA DE UNA DIATOMITA COLOMBIANA	100 INGENIERÍA INVERSA PARA EL MANTENIMIENTO DE EMBARCACIONES DEPORTIVAS A TRAVÉS DE MODELOS CFD
10:40	34 ESTIMACIÒN DEL DESEMPEÑO TÉRMICO DE UN HELIÓSTATO MEDIANTE ANÁLISIS CFD CON SOFTWARE LIBRE	53 Evaluación de la resistencia a la corrosión de los aceros inoxidables del tipo 304 y 316L mediante técnicas electroquímicas de corriente directa.	45 Comportamiento de la adhesión de fibras de plátano y coco tratadas y no tratadas químicamente embebidas en matrices termoplásticas y termofija	145 BIOMECHANICAL BEHAVIOR OF DENTAL IMPLANTS: A CONTACT ANALYSIS BETWEEN IMPLANT-ABUTMENT INTERFACE"
11:00	35 EFECTO DEL USO DEL BIODIESEL DE PALMA EN EL RENDIMIENTO Y LAS EMISIONES DE UN MOTOR ESTACIONARIO PARA MICRO-GENERACIÓN	135 PRODUCCIÓN DE UN DESALINIZADOR SOLAR PASIVO PARA COMUNIDADES RURALES EN LA PENÍNSULA DE LA GUAJIRA EN COLOMBIA	50 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE TERMOPLÁSTICO IMPREGNADO CON FIBRA DE PLÁTANO OBTENIDO POR FFF	15 CONTROL DOMOTICOCON ARTEFACTOS DETECTADOS DENTRO DE UNA SEÑAL EEG
11:20	42 ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN BLOQUES DE HIELO DE SALMUERAS	64 APLICACION DE ALGORITMOS INTERACTIVOS A SISTEMAS DINAMICOS DE CONTROL	55 DESARROLLO DE HILO DE MATERIAL DE MATERIAL COMPUESTO BIOCOMPATIBLE PARA IMPRESIÓN 3D	13 MEASUREMENT OF PERCEIVED DIFFICULTY IN A MEMORY GAME FOR TASK MECHANICS ADAPTATION.
11:40	57 EFECTO DEL USO DE MEZCLAS ISOBUTANOL/GASOLINA EN UN VEHICULO OPERANDO BAJO CICLO DE CONDUCCIÓN WLTC	98 NUEVO MÉTODO PARA ESTIMAR LOS PARÁMETROS DE UN SISTEMA DINÁMICO L.T.I. DE SEGUNDO SOBRE AMORTIGUADO	54 FORMULACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO MULTIFUNCIONAL CON PROPIEDADES BIOACTIVAS PARA EL CONTROL DE INCRUSTACIONES MARINAS	64 APLICACION DE ALGORITMOS INTERACTIVOS A SISTEMAS DINAMICOS DE CONTROL
13:00 14:00	Conferencia Magistral 4 Sostenibilidad Energética para Colombia - Séneca, avances en el desarrollo de las tecnologías. Franklin Jaramillo Isaza			
14:00 15:00	Conferencia Magistral 5 VIRTUAL Bioinspired design and fabrication of sustainable materials with enhanced mechanical performance, energy efficiency, and self-healing properties. Vanessa Restrepo			

abril 27				
	TEMÁTICA Energías del futuro	TEMÁTICA Diseño, Materiales Y Procesos	TEMÁTICA Diseño, Materiales Y Procesos	TEMÁTICA PONENCIAS VIRTUALES
15:00	24 DTW K-MEANS CLUSTERING FOR FAULT DETECTION IN PHOTOVOLTAIC MODULES	77 SOLDADURA POR FRICCIÓN Y AGITACIÓN APLICANDO MULTIFÍSICA COMPUTACIONAL PARA JUNTAS DISIMILES	56 FENOMENO DE FRACTURA EN ACEROS DE DOBLE FASE	10 PLATAFORMA PARA LA MANIPULACION DE UN GEMELO DIGITAL DE UN ROBOT UR3
15:20	37 DETECTION AND CLASSIFICATION OF FAULTS AIMED AT PREVENTIVE MAINTENANCE OF PV SYSTEMS	102 EFECTO DE LA FUNCIONALIZACIÓN DE NANOESTRUCTURAS EPITAXIALES CRECIDAS EN FIBRAS DE CARBONO RECICLADAS SOBRE SUS PROPIEDADES NANOMECÁNICAS	68 INFLUENCIA DEL GRAFITO EN EL COMPORTAMIENTO ELECTROQUÍMICO DEL ALUMINIO	126 DISEÑO DE UN RECOLECTOR DE ENERGÍA DISPONIBLE EN DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES
15:40	88 ANÁLISIS DE VIBRACIONES Y DE PRESIÓN PARA DETERMINAR FALLAS EN VÁLVULAS DE ADMISIÓN Y ESCAPE EN MOTOR CFR	117 A 3D VORONOI DIAGRAM-BASED MICROMECHANICAL MODELLING OF A DUAL-PHASE STEEL	83 DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN SOSTENIBLE DE ENERGÍA ELECTRICA PARA UN VEHÍCULO ECOAMIGABLE PARA LA ASOCIACIÓN DE CEVICHEROS EN CARTAGENA	121 DISEÑO CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE IMPRESIÓN 3D PARA PASTAS CERÁMICAS
16:00	60 Evaluación del Rendimiento de la Turbina Hidrocinetica H Darrieus con Aberturas Circulares en Álabes Asimétricos	146 OPTIMIZACIÓN DEL CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DE UNA FLOTA DE AVIONES	127 ESTRATEGIA PARA ASIGNAR CONJUNTOS DE TOLERANCIAS EN INGENIERÍA INVERSA EN PIEZAS FABRICADAS POR MANUFACTURA ADITIVA	128 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE FILAMENTO EXTRUIBLE PARA IMPRESIÓN 3D, FABRICADO A PARTIR DE ÁCIDO POLILÁCTICO (PLA) Y ADITIVADO CON POLIURETANO TERMOPLÁSTICO (TPU) Y POLIETILENGLICOL (PEG)
16:20	101 EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y AMBIENTAL DE UN VEHÍCULO CICLO OTTO USANDO MEZCLAS ISO-BUTANOL/GASOLINA EN UN DINAMÓMETRO DE RODILLOS Y BAJO CONDICIONES DE ESTADO ESTACIONARIO	109 DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UN VEHICULO ELÉCTRICO CON CHASIS DE BAMBÚ	144 DISEÑO Y CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL DE MATERIALES EN FUNCIÓN DE LAS CONDICIONES DE CARGA APLICADA	23 PLATAFORMA DE REHABILITACIÓN DE HOMBRO USANDO REALIDAD VIRTUAL
17:00 18:00	Conferencia Magistral 6 Aportes de la educación en el proyecto distritos Térmicos Colombia Conferencista: PhD. Camilo Andrés Arias Henao			

abril 28				
8:20 9:20	Conferencia Magistral 7 Idioma: Inglés Automotive Engineering Processes Leveraged with Mechatronic Product Development Alexander Kreis			
9:40 12:00	TEMÁTICA Energías del futuro	TEMÁTICA Las ingenierías y la Industria 4.0	PONENCIAS VIRTUALES	TEMÁTICA Las ingenierías y la Industria 4.0
9:40	105 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR DE 30L EN LA UNIVERSIDAD ECCI	14 INDUSTRIA 5.0. UN DESAFIO A LA AUTOMATIZACIÓN Y HUMANIZACIÓN DE LA INDUSTRIA	139 METODOLOGÍA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS DE PRODUCCIÓN	44 BALANCE ENERGETICO MEDIANTE DIAGRAMAS DE SANKEY DE UN CONGELADOR CON R600A
10:00	136 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA PRODUCCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE LIPPIA ORIGANOIDES EN UNA BIOFÁBRICA	48 CÁLCULO DE LA FRACCIÓN VOLUMÉTRICA DE LAS FLUJO ACEITE Y AGUA EN FLUJO BIFÁSICO AL INTERIOR DE TUBERÍAS HORIZONTALES APLICANDO LONG SHORT TERM MEMORY	41 DESIGN OF A SERIOUS AUGMENTED REALITY GAME FOR CHILDREN WITH ATTENTION DEFICIT DISORDERS.	86 CARACTERÍSTICAS DE UN NUEVO DESCANSO HIDRODINÁMICO DE ZAPATAS BASCULANTES DE PIVOTE FLUIDO MECATRÓNICO
10:20	150 ANÁLISIS CALORIMÉTRICO BASADO EN EL MÉTODO DT-HISTORY PARA LA COMPARACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA SAL SOLAR	75 EVALUACIÓN DE RELEVANCIA DE CARACTERÍSTICAS ASOCIADAS A LA PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO DE CULTIVOS DE MAÍZ EN COLOMBIA	49 DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN MULTIVARIABLE PARA LA CARACTERIZACIÓN DE UN ARIETE HIDRÁULICO	
10:40	120 DISEÑO DE TURBINA MICHELL BANKI PARA LAS CONDICIONES DEL DISTRIRO DE RIEGO CANAL IGUÁ – CAMPOALEGRE (HUILA)	87 MODELO DE DETECCIÓN DE LA ENFERMEDAD DE LA ROYA EN HOJAS DE CAFÉ MEDIANTE ANÁLISIS DE IMAGEN	118 ÁNALISIS EXERGÉTICO DE UN DISTRITO TÉRMICO OPERANDO CON FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGÍA	
11:00	124 ANÁLISIS DE ESFUERZO Y DEFORMACION DE UN MODELO SIMPLIFICADO DE TURBINA H-DARRIEUS CON PERFIL NACA 0018	97 EFECTOS DE LEAN CONSTRUCTION BAJO EL ENFOQUE DE SOSTENIBILIDAD Y ECONOMÍA CIRCULAR	133 Evaluación de un distrito térmico operando con fuentes no convencionales de energía a partir de análisis de decisión multicriterio	Ponencias Sala 4E Educación en ingeniería

abril 28				
11:20			140 LÓGICA DE PROGRAMACIÓN PARA UN CONTROL HAPTICO DE UNA MANUPULADOR USADO EN CIRUGIAS MINIMAMENTE INVASIVAS	7 ALGORITMOS INTERACTIVOS COMO ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA PARA DISCIPLINAS DIFERENTES A LA PROGRAMACIÓN
11:40			132 ANÁLISIS DE COEFICIENTES CONVECTIVOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN UNA CÁMARA CALORIMÉTRICA	
12:00 12:20			115 DESARROLLO DE PIEZAS EN MATERIALES COMPUESTOS CON BASE EN FIQUE MEDIANTE MOLDEO POR COMPRESIÓN	
13:00 14:00	Conferencia Magistral 8 Aporte de la Armada Nacional y COTECMAR a la transición energética del país TN Edwin Giovanny Paipa Sanabria			
14:00 15:40	TEMÁTICA Energías del futuro	TEMÁTICA Biomecánica	TEMÁTICA Diseño, materiales y procesos	TEMÁTICA Energías del futuro
14:00	108 SIMULACIÓN DEL LDC EN REGIMEN TURBULENTO APLICANDO DIFERENTES ESQUEMAS CONVECTIVOS	25 PROPOSAL OF A KNEE ORTHOSIS FOR REHABILITATION IN THE CONTEXT OF A SERIOUS GAME	17 EFECTO DE LAS FRONTERAS DE GRANO EN LA PROPAGACIÓN DE FISURAS EN NANOCRISTALES DE ALUMINIO SUJETO A CARGA CICLICA	149 "DISEÑO Y FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS CELULARES MEDIANTE SINTERIZACIÓN DIRECTA DE METALES CON LÁSER (DMLS)."
14:20	134 ADAPTACIÓN DE LA PRUEBA WBT 4.2.3 PARA LA EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y AMBIENTAL DE ESTUFAS DE BIOMASA EN LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO	28 APRENDIZAJE COMPUTARIZADO (MACHINE LEARNING) Y BIG DATA PARA ESTIMAR Y PRONOSTICAR LA EXPRESIÓN GENÓMICA.	106 EFFECT OF THE COOLING MECHANISM ON THE MECHANICAL AND CORROSION RESPONSE IN A NB-STABILIZED SDSS	

abril 28				
14:40	76 VALIDACIÓN MEDIANTE MECÁNICA COMPUTACIONAL DE TURBINAS EÓLICAS DE EJE VERTICAL		107 EFECTO DE LA ADICCIÓN DE Ce, Nb, V Y Ti EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y DE RESISTENCIA A LA CORROSIÓN A ALTA TEMPERATURA EN ACEROS INOXIDABLES SUPERAUSTENÍTICOS.	
15:00	93 MODELO TEÓRICO DE LA CABEZA HIDRÁULICA DE UNA BOMBA OPERADA COMO TURBINA BASADO EN PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DEL IMPULSOR		110 SOLIDIFICADOR DINÁMICO DE METALES	
15:20	129 INTERACCIÓN DE LOS ELEMENTOS INORGÁNICOS PRESENTES EN LA BIOMASA Y LA ARENA DE SÍLICE Y SU EFECTO SOBRE LA AGLOMERACIÓN DURANTE LA COMBUSTIÓN			
16:20 17:00	Clausura Oscar Piamba - Presidente Comité Organizador Sonia Helena Contreras Ortiz, Decana de Ingeniería Universidad Tecnológica de Bolivar Edgardo William Arrieta - DIrector Depto. Mecánica UTB			

PONENCIAS

Nota del Editor:

Los trabajos incluidos a continuacion son aquellos de los que se recibió autorización expresa del autor para su publicación.

KINEMATICS OF A SOCCER BALL BEING KICKED

Edwin Villa Flórez (1), Giovanni Torres Charry (2)

1. Secretaría de Educación de Santa Rosa de Cabal, Colombia; 2. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia

Núcleo Temático: Diseño

Introduction

Some researchers have worked on the physical modeling of kicking soccer balls, [Nunome 2012], [Hong, 2012], [Dupeux, 2011]. In this article, we present the work carried out to experimentally determine the behavior of the speed of a soccer ball just when it is hit. Using a test kit designed and manufactured to emulate a soccer player's kick [Villa, 2022], experiments were carried out to establish the variation in the speed of the ball just at the moment of the hit, given variations in the speed of contact, the point application of the impact and the angles of action and attack of the shoe on the ball. With the results obtained, some empirical correlations were constructed between the input variables and the output speed of the ball in each of the coordinate axes.

Methods

The controlled variables in the experiments were: the speed of the shoe V_p (12, 14, and 16 m/s), the point of application of the impact on the ball p (24, 26.5, 29, and 31.5 cm), and the angles of action θ (0º, 10º, 20º and 30º) and attack of the shoe on the ball α (0º, 15º, 30º and 45º). Ten repetitions were implemented for each combination, thus obtaining 192 experiments; in each experiment, the velocity components of the ball in the x, y, and z directions were determined. Measurement grids, high-speed cameras, and the Kinovea® software were used to determine the ball's exit velocity.

Results

Using Matlab®, mathematical regressions were established and graphs were generated to represent the speed of the ball (Figures 1-3).

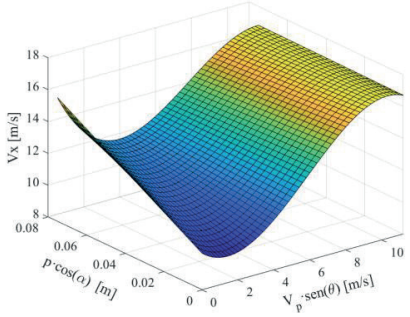


Figure 1: Speed of the ball in the x direction.

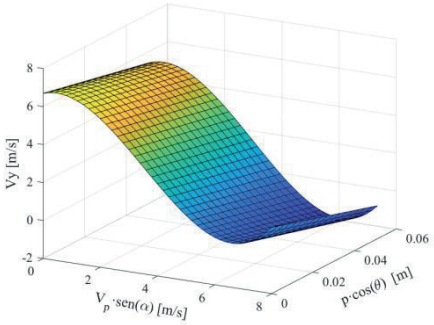


Figure 2: Speed of the ball in the y direction.

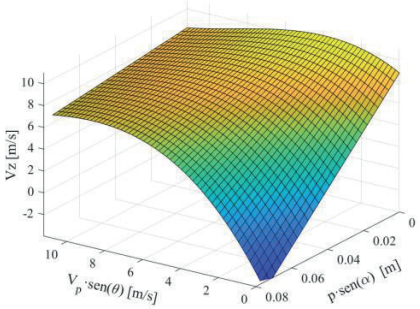


Figure 3: Speed of the ball in the z direction.

Discussion

The preliminary results of the regressions show R^2 values greater than 0.75; to try to improve this value, it is planned to include the mass of the striking element in the measurements, propose new models and use genetic algorithms for the identification of the parameters.

References

[1] Nunome, H. (2012). Ball Impact Kinematics and Dynamics in Soccer Kicking. 30th Annual Conference of Biomechanics in Sports. pp. 35–42.

[2] Hong, S. (2012) Ball impact dynamics of knuckling shot in soccer. Procedia Engineering, vol. 34, pp. 200-205.

[3] Dupeux, G. (2011). Football curves. Journal of Fluids and Structures, vol. 27. pp. 659–667.

[4] Villa E. (2022). Determinación experimental de la cinemática de un balón de fútbol al ser pateado, Colombia. [Trabajo de grado, Universidad Tecnológica de Pereira].

EVALUACIÓN EXPERIMENTAL Y NUMÉRICA DE UN MOTOR HCCI ESTACIONARIO UTILIZANDO HIDRÓGENO COMO COMBUSTIBLE

Andrés David Morales Rojas (1), Sebastián H. Quintana (2), Iván Darío Bedoya Caro (3)

Grupo GIIEN, I.U. Pascual Bravo, Colombia, andres.morales@pascualbravo.edu.co; 2. Consultor en eficiencia energética, Energética S.A.S., Colombia, sebastian@energeticasas.com; 3. Grupo GASURE, Universidad de Antioquia, Colombia, ivan.bedoya@udea.edu.co

Palabras clave: *motores de combustión interna, ignición, cinética química.*

Núcleo Temático: Energías del Futuro

Introducción

La combustión HCCI o de encendido por compresión de una carga homogénea, aparece como una alternativa a las tecnologías de combustión tradicionales en motores de combustión interna alternativos (ICEs) ya que ofrece una alta eficiencia térmica, bajas emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) y de material particulado (PM); además, de posibilitar el uso de diferentes tipos de combustible, incluidos los de origen renovable [Dec, 2009; Saxena, 2012]. Sin embargo, los motores que operan en modo HCCI carecen de un sistema estandarizado de control de la ignición y tienen un rango estrecho de operación estable con altos niveles de emisión de monóxido de carbono (CO) y combustible sin quemar.

La utilización del hidrógeno (H_2) como combustible en ICEs es una de las apuestas tecnológicas de la actual "transición energética". Las principales ventajas del hidrógeno sobre otros combustibles de origen renovables es que puede producirse a partir de casi cualquier forma primaria de energía, lo que minimiza la generación de gases de efecto invernadero en su producción y combustión [Holladay, 2009]. Por otro lado, su baja densidad y altos requerimientos de aire generan una perdida en el rendimiento volumétrico de los motores y, por consiguiente, una pérdida en la potencia del sistema, entre otras desventajas asociadas a inestabilidades de combustión [McKendry, 2002].

En el caso de los motores HCCI, los trabajos reportados en los que se ha usado hidrógeno como combustible son escasos, además de que han sido llevados a cabo a condiciones de operación atmosféricas cercanas al nivel del mar y con regímenes de giro por debajo de los convencionalmente usados en motores estacionarios para generación [Antunes, 2008].

Métodos

En este trabajo se presenta el efecto de la variación conjunta de los parámetros geométricos y de operación del motor sobre el rendimiento y las emisiones en un motor estacionario operado en modo HCCI con hidrógeno, comparando los resultados experimentales obtenidos en el laboratorio del grupo GASURE de la UdeA con diferentes trabajos reportados en la literatura científica. El motor se operó a un régimen de giro de 1800 rpm, con dosados relativos entre 0.21 y 0.28 y con temperaturas en la admisión entre 188 °C y 235 °C.

A la luz de los resultados obtenidos y mediante el uso de un modelo cero dimensional acoplado con cinética química detallada se evaluó el efecto de las variables anteriormente mencionadas sobre el ángulo en el que se da el 10% de la liberación de calor (CA10), variable de interés en el análisis en la operación segura y desempeño de los motores HCCI.

Resultados y discusión

En la Tabla1 se muestra un resumen de los principales resultados obtenidos comparándolos a su vez con los reportados por otros autores. Se lograron valores máximos de la presión media indicada neta (IMEPn) y de la eficiencia térmica indicada neta (ITEn) de 1.75 bar y 34.5 %, respectivamente. Tanto la IMEPn como la ITEn se hacen menores con la disminución en la densidad energética de la mezcla aire/combustible admitida, esto se debe no solo a la perdida de energía admitida, sino también al aumento en el porcentaje de gases recirculados y al adelanto del inicio de la combustión con mayores temperaturas en la admisión.

Parámetro	Stenlaas	Gomes	Caton	Este trabajo
P_{adm} [atm]	1.0	1.0	1.0	0.85
T_{adm} [°C]	90-160	85-110	80 y 100	188-235

RPM	800-1600	2200	900	1800
Dosado relativo	0.16-0.33	0.16-0.33	0.15-0.37	0.17-0.33
IMEP [bar]	2.75	6.8	2.2	1.75
$ITEn_{max}$[%]	41	45	22	34.5
NOx [ppm]	7	0.65 (g/kwh)	50	1-18

Tabla 1. Comparación de los resultados de este trabajo con otros encontrados en la literatura.

En la Figura 1 se muestra el efecto conjunto de la temperatura en el momento del cierre de la válvula de admisión (IVC) y del dosado relativo (ø) sobre el ángulo de giro de cigüeñal donde se genera la autoignición de la mezcla admitida (punto máximo de concentración del H_2O_2). Vemos que para un valor de dosado relativo constante, un aumento en la temperatura en el IVC genera un adelanto de la ignición, este efecto es más significativo conforme la temperatura en el IVC se hace menor. Por otro lado, para un valor de temperatura en el IVC constante, un aumento en el dosado relativo genera un adelanto del momento de la ignición. El rango de temperaturas en el IVC que generan la autoignición de la mezcla en el rango de operación estable para un dosado relativo constante es de 25 °C aproximadamente.

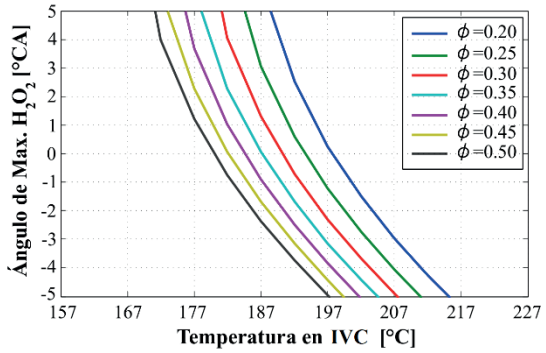


Figura 1. Punto máximo de H2O2 en función de la temperatura en el IVC para todos los valores de dosado relativo evaluados. Composition 110 % H2 y P_{IVC} = 1 bar.

Referencias

John E. Dec. Advanced Compression-Ignition Engines - Understanding the In-Cylinder Processes. Proceedings of the Combustion Institute, 32 II(2):2727-2742,2009.

Samveg Saxena and Iván Dario Bedoya. Fundamental Phenomena Affecting Low Temperature Combustion and HCCI engines, High Load Limits and Strategies for Extending These Limits. Progress in Energy and Combustion Science, 39(5):457-488,2012.

J. D. Holladay, J. Hu, D. L. King, and Y.Wang. An Overview of Hydrogen Production Technologies. Catalysis Today, 139(4):244{260, 2009.

Peter McKendry. Energy Production from Biomass (part 3): Gasication Technologies. Bioresource Technology, 83(1):55{63, 2002.

J. M. Gomes Antunes, R. Mikalsen, and A. P. Roskilly. An Investigation of Hydrogen-Fuelled HCCI Engine Performance and Operation. International Journal of HydrogenEnergy, 33(20):5823{5828, 2008.

ALGORITMOS INTERACTIVOS COMO ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA PARA DISCIPLINAS DIFERENTES A LA PROGRAMACIÓN

Luini Leonardo Hurtado Cortés (1), Wilmer Cruz Guayacundo (2), Javier Rodríguez (2)

1. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia; 2. Universidad Agustiniana, Colombia

Las ingenierías y la industria 4.0

Introducción

Un algoritmo es un conjunto de instrucciones o reglas definidas y no-ambiguas, ordenadas y finitas que permite por medio de una secuencia ordenada solucionar un problema que tiene determinadas entradas. Los algoritmos fueron inicialmente desarrollados por expertos de la ingeniería de software, pero en la actualidad han traspasado a otras disciplinas. Sin embargo, su aprendizaje y desarrollo ha dificultado la comprensión y extensión, lo que genera dificultades y rechazo por parte de estudiantes y profesionales de todas las áreas.

Se presenta como innovación la incorporación de más elementos que acompañan los códigos de programación para hacer mucho más entendible el proceso de resolución de un problema de programación a través de estudios de caso, para que sea comprendido y apropiado por todos y se muestran igualmente las herramientas disponibles que hacen uso de esta estrategia pedagógica.

Métodos

Un algoritmo interactivo inicialmente describe el problema a resolver de manera textual e ilustrativa, las herramientas de software no tenían esa funcionalidad pero ahora están migrando hacia este formato. Posteriormente se establece a través de diagramas condicionales, mapas mentales, ecuaciones, controles interactivos y otros, el proceso de resolución del problema, y luego se inicia con su solución codificada. Durante este proceso, a medida que se ejecutan las rutinas, van apareciendo resultados parciales generados en gráficas, respuestas numéricas, etc., de manera que el usuario puede apreciar los avances del proceso sin esperar que se ejecute todo el programa. Finalmente, y como utilidad que incluso ya la tienen algunas herramientas, existe la posibilidad de generar un documento en formato portable de todo el proceso de resolución de un problema de algoritmia que incluye diferentes elementos para hacerlo mucho más comprensible.

Resultados

La aplicación de la estrategia pedagógica se realizó en un curso del área de ingeniería. Los resultados demuestran que el aprendizaje de programación al incluir elementos visuales adicionales que complementan la solución del problema mejora en un 20%, adicionalmente, durante la solución del problema se puede ir refinando la inclusión de más y mejores elementos. Finalmente, una vez se desarrolle la solución, con algunas herramientas disponibles se pueden generar documentos portables automáticamente como una guía de desarrollo estándar como se aprecia en la figura 1.

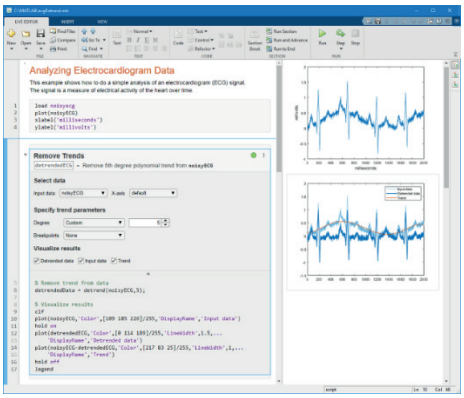


Figura 1: Entorno de Matlab Live Editor de generación de algoritmos interactivos. [MathWorks®, 2022]

Discusión

Los recursos didácticos interactivos constituyen elementos fundamentales para el proceso de enseñanza-aprendizaje en áreas de mayor dificultad para el estudiante. Este trabajo significó un aporte a ello, mejorando el aprendizaje en un curso que tradicionalmente ha presentado un desafío para el docente.

Referencias

MathWorks®, Live Editor Task Development Overview, En: https://la.mathworks.com/help/matlab/creating_guis/live-task-development-overview.html, 2022.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MICRO POSICIONAMIENTO ACCIONADO POR PIEZOELÉCTRICO Y CON BRAZO DE PALANCA

Rogelio Hecker[1,2], Gustavo Flores[1], Alejandro Masante[1,2] y Lucas Lamas[1]

[1]Facultad de Ingeniería, UNLPam, Argentina; [2]CONICET, Argentina

Núcleo Temático: Las Ingenierías y la Industria 4.0

Introducción

El desarrollo de nuevas áreas en ciencia y tecnología requieren de desplazamientos automatizados de muy alta precisión, como es el caso de microscopía, micro fabricación, metrología de precisión, entre otras [Mohith, 2020]. Una manera efectiva de realizar desplazamientos con resoluciones nanométricas es a partir de estructuras elásticas accionadas por actuadores piezoeléctricos. El diseño y control de estos sistemas debe estar orientado a maximizar el recorrido y obtener errores reducidos en seguimiento de trayectorias mitigando los efectos de la histéresis y del *creep* del piezoeléctrico [Villegas, 2020].

Métodos

Se planteó el diseño de un sistema flexible con brazo de palanca. En la Fig. 1 se puede observar al actuador piezoeléctrico que actúa sobre un brazo de palanca con articulaciones flexibles del tipo muesca circular. El extremo derecho del brazo de palanca acciona sobre una plataforma móvil, la cual está guiada por brazos flexibles.

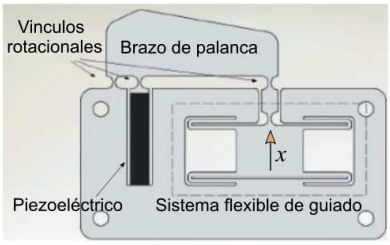


Figura 1: Esquema del diseño del sistema

El diseño se centró en maximizar el desplazamiento de la plataforma móvil expresada como $x = R\Delta Lo$, donde R es la amplificación real y ΔLo es el alargamiento de piezoeléctrico sin carga. Mediante un modelo pseudo-rígido del sistema, que incluye el comportamiento elástico del actuador, se demuestra que el máximo desplazamiento se cumple cuando la relación geométrica de amplificación es $r=\sqrt{K_p/K_f}$, donde K_p es la rigidez del piezoeléctrico y K_f es la rigidez del sistema de guiado. Luego para el máximo desplazamiento resulta que $R=r/2$. De esta manera se propuso $R=3$, que arroja $r=6$ y una rigidez K_f =0.72 N/µm, dado que K_p=26 N/µm. El diseño se completó con simulaciones *FEM* y se fabricó un prototipo en aluminio 7075 por medio de fresado y electroerosión. Luego fue instrumentado con un piezoeléctrico tipo stack PK4FYC2 de Thorlabs y un sensor capacitivo de resolución nanométrica modelo E852 de Physik Instrumente. Finalmente, el sistema fue controlado con una ley por modos deslizantes. Este tipo de control es robusto frente a las nolinealidades tal como la histéresis del piezoeléctrico.

Resultados

El desplazamiento real que se obtiene sobre el prototipo es de 45 µm que significa una amplificación de R=1.75. Las discrepancias se deben a deformaciones no contempladas durante el diseño, las cuales son verificadas mediante un refinamiento en las simulaciones *FEM*. En la Fig. 2 se muestra un ejemplo de referencia sinusoidal de 5 Hz y 2.5 µm de amplitud, x_r, la respuesta temporal de la plataforma móvil, x, y el error e. El error máximo es de 0.194 µm con un *rms* de 0.064 µm.

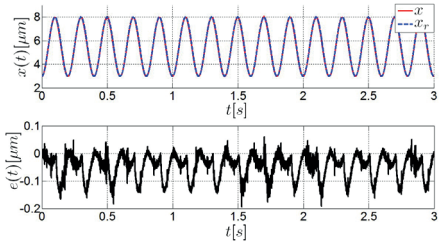


Figura 2: Respuesta temporal sistema controlado

Discusiones

Mediante el diseño propuesto y la implementación de la ley de control por modos deslizantes, se desarrolló un sistema que amplifica el recorrido del piezoeléctrico y al mismo tiempo se pueden seguir trayectorias con errores submicrométricos (<4%).

Referencias

Mohith S., Adithya R Upadhya, Karanth P Navin, S M Kulkarni and Muralidhara, Recent trends in piezoelectric actuators for precision motion and their applications: a review. Smart Materials and Structures, 30 (1), 2020.

Villegas F., Masante A., Hecker R., and Flores G., Modeling of a piezoelectric based nanopositioning stage. Vol. 94 Mechanism and Machine Science: Multibody Mechatronic Systems, Springer, 2020.

ESTUDIO DE GENERACIÓN EÓLICA EN SAN ANDRÉS Y DISEÑO DE PERFIL ASIMÉTRICO PARA TURBINA DARRIEUS TIPO H

Andres F. Galindo (1), Javier A Rosero (2), Carlos V. Labriola (3)

1. Universidad Nacional de Colombia, Colombia; 2. Universidad Nacional de Colombia, Colombia; 3. Universidad Nacional del Comahue, Argentina

Núcleo Temático: Energías del Futuro, Energías limpias.

Introducción

En la actualidad se requiere emplear energías renovables para contribuir a mitigar los efectos adversos que el cambio climático causará en el planeta. Tal es el caso de la Isla de San Andrés donde urge una transición energética para cambiar la dependencia actual de los combustibles fósiles. Por esta razón el trabajo realizado consiste en el análisis del potencial de generación de energía eólica de la isla, para a partir de ello diseñar perfiles aerodinámicos eficientes para una turbina de eje vertical Darrieus Tipo H.

Métodos

A partir de 10 años de datos de la velocidad y dirección del viento, se realizaron gráficos de cajas para conocer las franjas horarias con mayores velocidades del viento y gráficos de rosa de vientos para conocer la dirección de máxima incidencia.

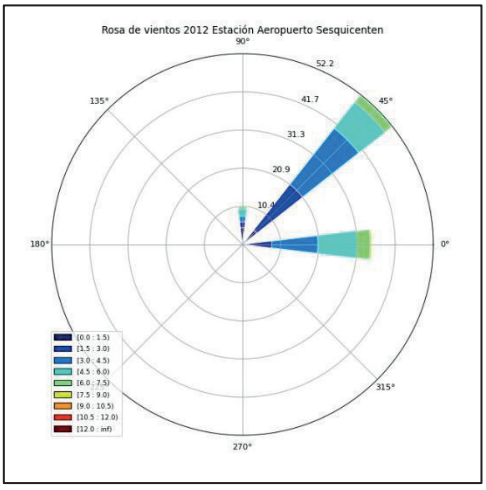


Figura 1: Rosa de bien tos estación año 2012

Posteriormente se seleccionaron los perfiles aerodinámicos NASA LS(1)-0413 [Mohamed, 2019] y NREL s813 [Ibáñez, 2019]. Reduciendo el espesor y/o al agregar un ángulo de deflexión al 25 % de la cuerda, se obtuvieron 5 perfiles modificados por cada perfil estándar. Esto se realizó en miras de conseguir perfiles aerodinámicos cuya sustentación fuera más alta y su arrastre más bajo, analizando ello con ayuda del programa de software libre JavaFoil.

Resultados

Entre las 8:00 a 12:00 horas se encontraron las mayores velocidades del viento, en donde la velocidad del viento supera los 3 m/s mínimos para la operación de un pequeño aerogenerador de eje vertical, encontrando además que enero era el mes con mayores velocidades del viento. Por su parte del análisis del desempeño de los perfiles aerodinámicos se encontró que, al reducir el espesor máximo de los perfiles, el arrastre se hacía más bajo, mientras que aumentar la deflexión del ángulo del borde de salida al 25 % de la cuerda, producía un aumento en la sustentación máxima. Así, se encontró el perfil aerodinámico que mejoraba el desempeño de los perfiles estándar.

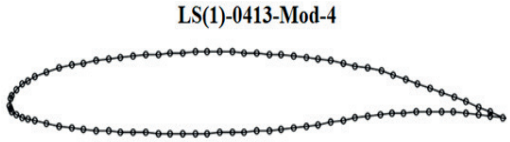


Figura 2: Forma perfil LS(1)-0413.

Discusión

El perfil asimétrico LS(1)-0413-Mod-4 mostró el mejor desempeño y se muestra como una opción prometedora para ser empleado en la turbina Darrieus Tipo H. Un análisis más detallado de esta mejora en el desempeño debe ser realizado mediante simulaciones de volúmenes finitos, con un posterior análisis en túnel de viento. Se propone el escalado del prototipo diseñado a potencias mayores requeridas por las demandas en San Andrés.

Referencias

Ibáñez E, Simulación de perfiles asimétricos para Turbinas Eólicas de Eje Vertical, Universidad Nacional del Comahue, 2019.

Mohamed *et al*, Blade shape effect on the behavior of the H-rotor Darrieus wind turbine: Performance investigation and force analysis. Energy, 179: 1217–1234, 2019.

PLATAFORMA PARA LA MANIPULACIÓN DE UN GEMELO DIGITAL DEL ROBOT UR3

David Ruiz (1), Sebastián Montenegro (1), Andrés Vivas (1)

1. Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

Núcleo Temático: Biomecánica

Introducción

Los robots de Universal Robots (UR), se caracterizan por ser robots colaborativos utilizados ampliamente en el ámbito industrial, caracterizado por tareas repetitivas. Sin embargo, en cirugía u otras aplicaciones, las tareas a realizar son diferentes y cambiantes en todo momento, por ejemplo, arcos, semicírculos, trayectorias libres, entre otras, lo cual hace que Polyscope [PolyScope Manual, 2022], el software de control del fabricante, no sea la herramienta más adecuada para programar dichas trayectorias [Vivas, 2021]. Este artículo presenta una aplicación realizada en Unity 3D que permite simular diversas trayectorias en un gemelo digital del robot UR3, utilizando para ello el simulador URSim del fabricante. Esto permitirá probar trayectorias complejas tipo quirúrgico en el simulador, antes de ser enviadas al robot real.

Palabras claves: ROS, Unity 3D, control de robots, URSim, robots colaborativos.

Métodos

Se presenta la construcción de una plataforma base que permita al investigador programar trayectorias básicas o complejas, sin tener grandes conocimientos en programación, sin invertir mucho tiempo y sin hacer uso del limitado Polyscope. Para ello se desarrolla una interfaz gráfica en Unity 3D, se importa el modelo URDF (formato de descripción de robot unificado) del robot, lo que involucra un estudio previo de las características del robot, su cinemática, y su modo de operación. Así mismo se hace uso de Python, encargado de recibir los datos de la interfaz y enviarlos al simulador URSim vía ROS. Al final, las trayectorias definidas en la plataforma y ejecutadas por un robot virtual, son repetidas en el simulador URSim del fabricante, lo cual indica que serán así mismo ejecutadas fielmente en el robot real.

Resultados

Para la comprobación se utiliza el gemelo digital que dispone el simulador URSim. En él se prueban diferentes trayectorias definidas (circular, lineal, cuadrada), las cuales validan la eficiencia de la plataforma software, mediante la imitación idéntica de los movimientos programados (ver figura 1), además, se obtiene un margen de error despreciable en la ejecución de las consignas.

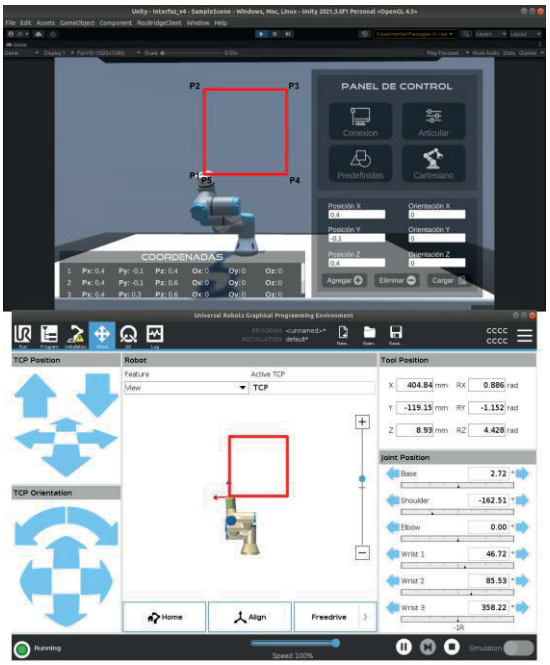


Figura 1: Seguimiento de una trayectoria cuadrada en la interfaz desarrollada y su comprobación en el gemelo digital.

Discusión

Con los resultados obtenidos se pudo evidenciar la viabilidad de la plataforma propuesta aplicada en el campo biomédico, ya que el gemelo digital en URSim sigue fielmente las órdenes provenientes de la plataforma. Trabajos futuros conectarán la plataforma con el robot UR3 real, bajo el supuesto de que lo realizado en URSim debería repetirse exactamente en dicho mecanismo.

Referencias

[1] Polyscope Manual, Version 3.7.0 2009 – 2018. retrieved August 2022

[2] Quigley *et al*, ICRA workshop on open source software, 3:5, 2009.

[3] Vivas *et al*, IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA), 338-343, 2021.

MEASUREMENT OF PERCEIVED DIFFICULTY IN A MEMORY GAME FOR TASK MECHANICS ADAPTATION.

John Delgado (1), Diego Guzmán (1), Carlos Rengifo (1)

1. Universidad del Cauca, Colombia

Thematic Nucleus: Bioengineering

Introduction.

Games are intended to entertain and motivate; however, despite their massification, few are adapted to the user's characteristics and abilities. The work of [Zohaib, 2018], presents different techniques for such adaptation and points out the importance of measuring the user's perception of difficulty, without specifying a method for it.
This work proposes to characterize a dynamic difficulty adjustment algorithm, by means of user perception surveys, in the context of a memory game.

Method.

Software description.

An application called *DiffCard* is proposed, which consists of two main modules: (1) the base game and (2) a database hosted on a web server.
The game was developed in Unity 3D and the C# programming language. As shown in Figure 1 the game mechanics consists of flipping the cards, one at a time, in order to find the identical pair; if when two cards match, a point is earned and the remain uncovered until the end of the game; otherwise, they return to the initial position. In each game you can define: The number of pairs to find and the time limit to find them. Once each game is completed, the user rates its perceived difficulty on a scale of 1 to 5, being 1 very and 5 very difficult.
About the database, it is used the MySQL engine; it stores user profile data such as gender and age; about the game, it stores the number of pairs and time limit chosen; and about the user's performance, it stores the average time to find pairs, the score and the survey of perception of difficulty.

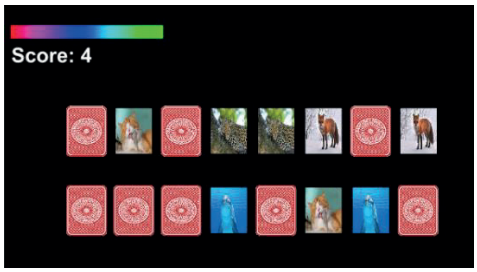


Figure 1: game in progress.

Results.

The Table 1presents the degree of correlation, based on a linear regression, between the perception of difficulty and each of the variables measured, from the data collected in 95 games.

Variable Name	P-Value
Number of pairs	0.25
Game theme	0.70
Genre	0.96
Age	0.29

Table 1: Model validation.

Discussion.

This result shows that the perception of difficulty shows no relationship with the variables studied; this calls into question the use of subjective measures such as surveys to estimate the perception of difficulty.
The work of [Canova et al. 2016] suggests another approach, which is to use user-supplied data with other variables to improve the degree of objectivity measured.
For future work, it is expected to increase the dataset and expand the field of research around perception measures, in order to achieve reliable data.

References.

Canova, T., et al, Siena College's Institute of Artificial Intelligence TREC 2016 Contextual Suggestion Track, 4, 2016.
Zohaib, M., Dynamic Difficulty Adjustment (DDA) in Computer Games: A Review. Advances in Human-Computer Interaction, 2018.

CONTROL DOMÓTICO CON ARTEFACTOS DETECTADOS DENTRO DE UNA SEÑAL EEG

Carlos Eduardo Cañedo F. (1), Tania Lizbeth Navarro Márquez (2), Natalia G. Samano Lira (1)

1. Fac. de Medicina y ciencias biomédicas Universidad Autónoma de Chihuahua, México;
2. Universidad Pedagógica Nacional (Campus Chihuahua), México.

Núcleo Temático: Biomédica y mecatrónica

Introducción

En este proyecto se describe el desarrollo de un prototipo con el que se pueden controlar diversos elementos de una casa habitación extrayendo las señales correspondientes al parpadeo de ojos dentro de una señal EEG. Este desarrollo es el primer acercamiento para ayudar a personas que se encuentran en situación de cama permanente a realizar algunas actividades como prender y/o apagar una luz, un ventilador / calefacción y abrir o cerrar una cortina.

Metodología

Se tomaron 3 muestras a 10 personas con edades de 18 a 32 años de edad (6 hombres y 4 mujeres), las cuales se colocaron en una silla en un salón de clases sin la presencia de ruido, se colocaron el dispositivo EEG Mindwave Neurosky comunicada a una interfaz en python que permite la captación de las señales, la toma de muestras fue de 3 minutos por persona y se les pidió que realizarán los códigos de parpadeo según a como se muestra en la Tabla 1. El usuario realizaba el código dicho de forma hablada, una vez realizada la secuencia, se tomo un tiempo de espera de 3 segundo para que dictar un código aleatorio diferente. Las 30 señales captadas se normalizaron con mapminmax (1) en donde x es la señal obtenida, y $xmin$ y $xmax$ los valores mínimos y máximos respectivamente.

$$y = (1-0)*(x-xmin)/(xmax-xmin) + 0 \quad (1)$$

Posteriormente, se realizó el método de ventanas traslapadas para el análisis de la señal. Cada ventana y_i contine 512 muestras de una ventana anterior y 512 muestras nuevas. Esto con la finalidad de poder procesar las señales de forma eficiente y no tener perdidas en señales de parpadeo (M. Chacón, 2020).

Código	Secuencia	Señal
Código 1	3 parpadeos continuos, intervalo de tiempo con ojos abiertos y 1 parpadeo.	
Código 2	3 parpadeos continuos, intervalo con ojos abiertos y 2 parpadeos.	
Código 3	3 parpadeos continuos, intervalo con ojos abiertos y 3 parpadeos.	
Código 4	2 parpadeos al inicio, intervalo con ojos abiertos y 2 parpadeos.	
Código 5	5 parpadeos continuos	

Tabla 1: Códigos de parpadeos experimentales.

Para determinar la existencia de parpadeo se utilizó un algoritmo SVM con las características de desviación estándar y valor máximo de la señal y_i, Si dentro de la ventana se detecta el parpadeo, la ventana se almacenará en una señal P la cual concatena todas las señales que se detecten con parpadeo. Una vez finalizada esta detección, a la señal P se pasa por un filtro pasa bajas de 16Hz y se le extraen características de entropía (En), Numero de pico (Pc) y distancia entre los picos 3 y 4 (Dp) para almacenarlas en vectores característicos C_i (C. Cañedo, 2017). Los cuales se utilizaron para entrenar con Matlab® una red neuronal conectada hacia adelante con el algoritmo retropropagación con funciones de activación sigmoidales tangenciales, 3 entradas, una capa oculta de 8 neuronas y 5 salidas, las cuales hacen referencia a los 5 códigos de la tabla 1.

La red neuronal se pasó Python para ser utilizado en una raspberry pi 4 en donde se enlazo el dispositivo Mindwave y un módulo XBEE. Se adapto una pantalla como retroalimentación para el usuario, mientras que el módulo XBEE envía datos a 3 Arduino, para la activación o desactivación de una luz, un tomacorriente con un ventilador o un calefactor o la activación de un servomotor para abrir o cerrar una cortina siguiendo el orden de la Figura 1 y la Tabla 2.

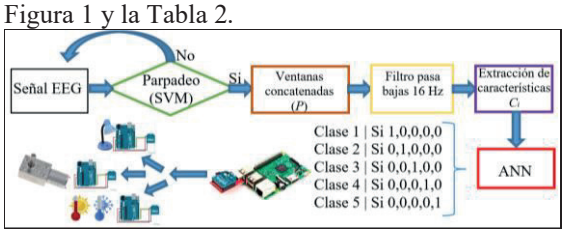


Figura 2: Esquema de funcionamiento

Clase	Acción
Clase 1	Apaga todo
Clase 2	Control ON / OFF lampara
Clase 3	Control ON / OFF Clima
Clase 4	Control ON / OFF Cortina
Clase 5	Enciende todo

Tabla 2. Control de elementos por clase

Referencias

C. Cañedo *et al*, ELECTRO 2017: 77-82, 2017.
M. Chacón *et al,* Intuitionistic and Type-2 Fuzzy Logic Enhancements 675 – 689, 2020

EFECTO DE LAS FRONTERAS DE GRANO EN LA PROPAGACIÓN DE FISURAS EN NANOCRISTALES DE ALUMINIO SUJETO A CARGA CÍCLICA

Wilmer Velilla-Díaz (1), Hugo Alvarez (2), Habib Zambrano (2)

1. Instituto de Diseño y Métodos Industriales-FCI-Universidad Austral de Chile, Chile;
2. Departamento de Ingeniería Mecánica-Universidad del Norte, Colombia

Núcleo Temático: Diseño Materiales y Procesos

Introducción

En la escala nanométrica, los valores de las propiedades de los materiales cambian, debido a la influencia de factores que a escala convencional tienen un efecto despreciable, tal es el caso de las fronteras de grano, las cuales tienen una contribución energética que debe ser considerada en escala nano, dado su fracción volumétrica respecto al tamaño de grano. Estudios han encontrado que propiedades como la tenacidad a la fractura sujeta a modo I de carga, aumenta a casi cinco veces cuando existe una frontera de grano de alta inclinación entre dos nanocristales de aluminio [Velilla, 2019]. En el trabajo actual se estudia el efecto de las fronteras de grano en el crecimiento de fisuras en nanocristales de aluminio sujetos a carga cíclica.

Métodos

La técnica de dinámica molecular (DM) fue implementada en el código abierto Large-scale Atomic/Molecular Massively Parallel Simulator (LAMMPS) [Plimpton, 1995] usando el potencial EAM de Aluminio [Mendelev, 2008]. Los cristales fueron construidos con diferentes fronteras de grano tilt y twist: 5°, 10°, 20° y 30° y sujetas a cargas cíclicas con deformación controlada tal como se muestra en la Figura 1. Los sistemas atomísticos son de aproximadamente 194k átomos y se deformaron manteniendo un ensamble NPT, con presión de 1.01 bar y temperatura constante de 300K hasta alcanzar la propagación de la fisura. Los resultados de las simulaciones de DM fueron postprocesados en Python para obtener indicadores del comportamiento mecánico y crecimiento de fisura.

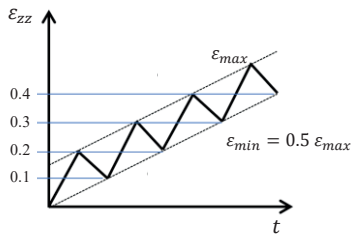


Figura 1: Ciclo de deformación aplicada en los nanocristales de aluminio.

Resultados

La propagación de fisura frontera de grano tilt 20° es presentada en la Figura 2 y el crecimiento de fisura en los cristales para cada ciclo en la Figura 3.

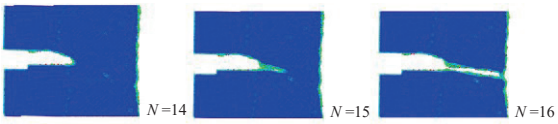


Figura 2: Propagación de fisura para el nanocristal con frontera de grano tilt 20°, ciclo N=14, 15 y 16.

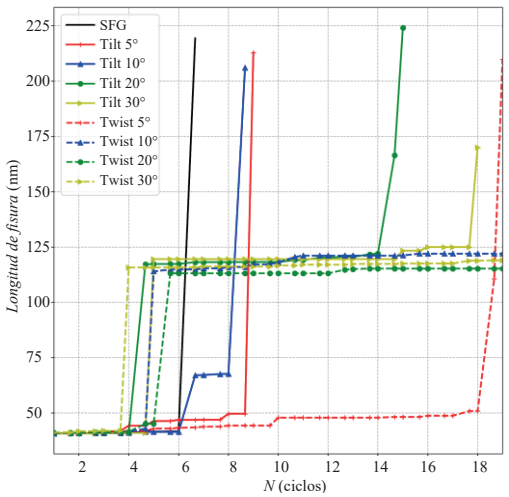


Figura 3: Crecimiento de la fisura en función de ciclos para los diferentes cristales estudiados.

Discusión

El crecimiento de la fisura fue inestable para el primer rasgamiento en todos los cristales con frontera de grano tilt y twist, sin embargo, la propagación en el segundo cristal depende del tipo de frontera de grano considerablemente, viz.: para las fronteras de grano twist solo propaga de forma inestable para la frontera de 5°, para fronteras tilt hay fractura dúctil para 20° y 30° mientras la propagación inestable se presenta para tilt 5° y 10°.

Referencias

Mendelev *et al*, Philof Mag, 88:1723-1750, 2008.
Plimpton, J Comp Phys, 117:1-19, 1995.
Velilla *et al*, Comput Mat Sci, 167:34-41, 2019.

DESPLIEGUE MULTIMAQUINARIA MEDIANTE FRAMEWORK ESCALABLE PARA INTEGRACIÓN EN SOFTWARE MES PRIA-UN

Jhoan Restrepo (1), Alejandro Ojeda (2), Ernesto Córdoba (3)

1. Universidad Nacional de Colombia, Colombia; 2. Universidad Nacional de Colombia, Colombia; 3. Universidad Nacional de Colombia, Colombia

Las Ingenierías y la Industria 4.0 : Industria 4.0 e información en la nube

Introducción

El Laboratorio Fábrica Experimental (LabFabEx) de la Universidad Nacional, que posee un entorno de producción automatizada, cuenta con un software de ejecución de manufactura (MES) PRIA-UN en la nube [Tosse, 2020] para control y operación secuencial de la maquinaria disponible de manera remota. Sin embargo, el implementar nuevas tareas o robots generan problemáticas en la configuración de dispositivos para llevar a cabo la integración a gran escala. [Mañana, 2017]

En este trabajo se desarrolla e implementa un framework de ejecución de tareas, desplegado en servidores de bajo costo, facilitando el proceso de integración y construcción de maquinaria integrable al software MES PRIA-UN, mediante tecnología Docker y ROS.

Palabras clave: MES, Docker, ROS,Firebase

Métodos

Los tiempos que se invierten en la configuración de las aplicaciones necesarias para conectarse al sistema PRIA-UN se solventan al integrar un framework bajo tecnología de contenedores en Docker.

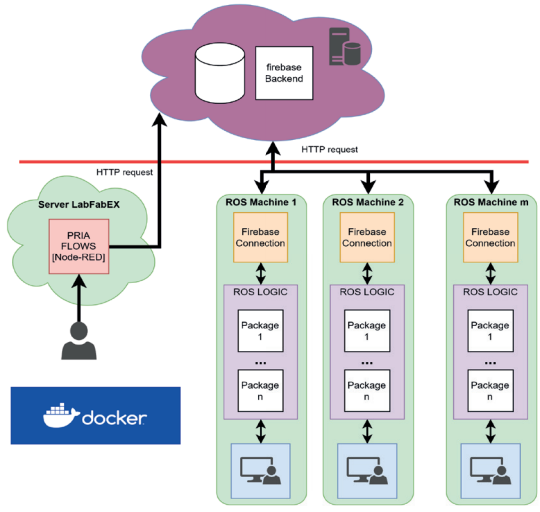


Figura 1: Esquema de conectividad de nueva maquinaria en ROS a PRIA-UN mediante Docker.

En la Figura 1 se observa que el usuario final accede a la interfaz integrada de PRIA-UN para el control de nuevos robots con integración en ROS, sin la necesidad de configurar la conectividad de cada robot, al realizar la conexión a bases de datos.

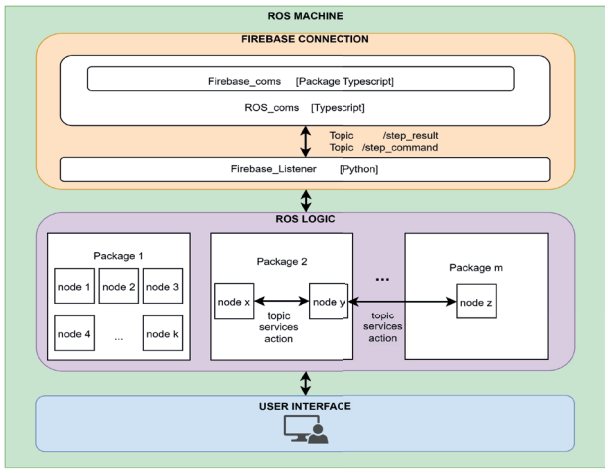


Figura 2: Arquitectura de maquinaria en ROS.

La arquitectura planteada para cada nuevo robot se observa en la Figura 2, en donde se detalla un módulo que se encarga de realizar la conexión con la base de datos, un módulo de la lógica específica del robot y un módulo de manipulación del robot separada del sistema MES.

Resultados

Se integraron dos máquinas que complementan la funcionalidad del laboratorio, un gripper biaccionado por tensores y un micro SDV autónomo por medio del framework descrito.

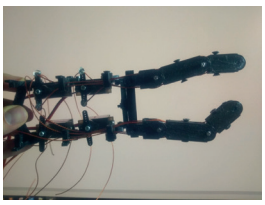


Figura 3a: Gripper.

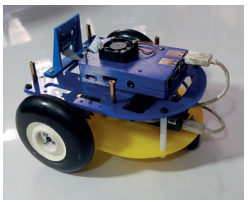


Figura 3b: Micro SDV

Discusión

La maquinaria integrada por medio del framework diseñado permite replicar horizontalmente y actualizar de manera homogénea los prototipos diseñados por el laboratorio, que se reflejaría en la integración de dos grippers y una flota de micro robots de conducción autónoma (Micro - SDV) sin alteración de su método de conexión a PRIA-UN.

Referencias

Tosse *et al*, Innovar para educar, 1: 125-146, 2020.
Mañana *et al*, NC2017/0013302, 22 /12 / 2017.

ROBOT EXPLORADOR DE CAVIDADES DIGESTIVAS

Valentina Muñoz (1), Nestor Mazabuel (1), Martin Muñoz (1)

1. Universidad del Cauca, Colombia

Núcleo Temático: Exploración Digestivo.

Introducción

A nivel mundial el cáncer de colon es una de las enfermedades más comunes y una de las principales causas de muerte en la población según [R.Islam, 2022]. Si bien esta enfermedad es prevenible a tiempo mediante una colonoscopia de detección, que determina si existen áreas anormales o cáncer en el organismo, la técnica es bastante invasiva y exigente, lo que puede llevar a desgarros o laceraciones en las paredes intestinales, generando un gran obstáculo en su ejecución.

Con la implementación y el desarrollo de nuevas tecnologías, se ha dado lugar a la creación de robots robustos, rápidos y precisos, según [González, 2020], Así mismo se ha comprobado que con la implementación de materiales blandos y mecanismos inteligentes se puede mejorar considerablemente su capacidad para interactuar con el medio en el que se desempeñe como plantea [Gifari et al. 2019].

Por tal motivo este proyecto diseña y desarrolla un dispositivo hardware de exploración digestiva a escala, que permita mitigar los efectos que se presentan en la colonoscopia convencional, evaluando su funcionamiento en un prototipo del intestino grueso.

Método

Este dispositivo es desarrollado con ayuda de materiales blandos, alimentado por aire comprimido y operado desde una estación de mando, con ayuda de equipos gobernados por una lógica de programación, que controlan el paso de aire para realizar los movimientos de elongación y retracción necesarios para el desplazamiento del dispositivo. Este proyecto se divide en cuatro etapas:

Diseño y elaboración del robot basado en las especificaciones técnicas establecidas, modelado con una herramienta CAD y evaluada por sistemas CAE.

Desarrollo del sistema de control utilizando equipos electrónicos y una lógica de programación.

Implementación del escenario experimental a escala del intestino grueso con dimensiones similares al modelo real.

Pruebas piloto para comprobar el funcionamiento del dispositivo planteado.

Resultados

En la Figura 1 al lado izquierdo se puede observar el robot explorador de cavidades digestivas obtenido a partir de la integración de los equipos y elementos del robot y en la parte derecha se observa su funcionamiento.

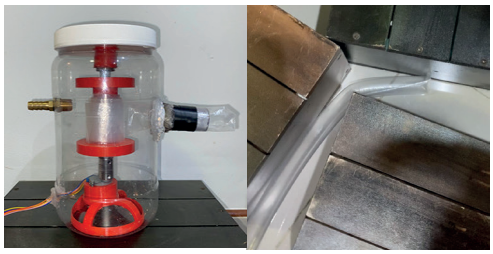


Figura 1: Robot Explorador.

El funcionamiento del robot fue probado en un prototipo de intestino grueso, con el cual se realizaron 10 pruebas piloto que dieron como resultado siete pruebas finalizadas con éxito y tres presentaron inconvenientes debido al sistema de control de dirección.

Conclusión

El robot explorador de cavidades digestivas diseñado, tiene un gran potencial para ser aplicado en el procedimiento de la colonoscopia. Las características que este dispositivo presenta al usar materiales blandos, permiten desplazarse, desempeñarse y adaptarse en ambientes complejos con facilidad.

Para trabajos futuros, se propone el diseño e implementación de un sistema de control más exacto y preciso, con el fin de poder generar un mayor control y direccionamiento teniendo en cuenta el uso de materiales blandos, además de la implementación de sensores y actuadores como cámaras, linternas en la parte frontal del robot, para experimentar con su capacidad para exploración y obtener una realimentación del mismo.

Referencias

D.González *et al*, Bioethical, 20: 1 - 5, 2020.

R.Islam *et al*, Chemico - Biological Interactions ,368: 1 - 2, 2022.

M.Gifari *et al*, Int J Med Robotics Comput Assist Surg, 15: 2 - 8, 2019.

PLATAFORMA DE REHABILITACIÓN DE HOMBRO USANDO REALIDAD VIRTUAL

Juan Pablo Arango Dorado (1), David Mateo Martínez Rodriguez (1), Oscar Andrés Vivas Albán (1)

1. Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

Núcleo Temático: Biomecánica

Introducción

La realidad virtual se ha extendido muy rápidamente en los últimos años. Esta nueva tecnología permite la creación de entornos donde la información y los objetos virtuales se fusionan con los objetos reales, aportando una notable cohesión a la realidad cotidiana del usuario [1]. Combinando la rehabilitación tradicional con la tecnología de realidad virtual, se han desarrollado juegos serios basados en cámaras web para la rehabilitación de las extremidades afectadas [2] [3]. Otros estudios describen que la realidad virtual en un entorno gamificado puede ayudar a motivar a los pacientes a realizar ejercicios de rehabilitación de una manera más agradable, reduciendo parcialmente el dolor durante el tratamiento [4] [5]. En un caso especial se ha demostrado que el Oculus como dispositivo de realidad virtual es capaz de proporcionar un nivel de inmersión amplio, brinda una ventaja en la adquisición de datos e información acerca de las habilidades motoras del usuario [6]. Este artículo demuestra la implementación del dispositivo descrito anteriormente y su validación como aplicación con estudiantes y profesionales de la salud.

Métodos

Para el desarrollo de la aplicación se utiliza Unity 3D, un motor de videojuegos multiplataforma el cual nos permite enlazar la aplicación al dispositivo hardware Oculus rift.

La aplicación consta de dos tipos de ejercicios:

- Ejercicios de testeo en el cual se hace la medición de los rangos de movilidad del usuario.
- Ejercicios de entrenamiento diseñados para mejorar la movilidad del hombro principalmente en los movimientos de abducción, aducción y flexión.

Resultados

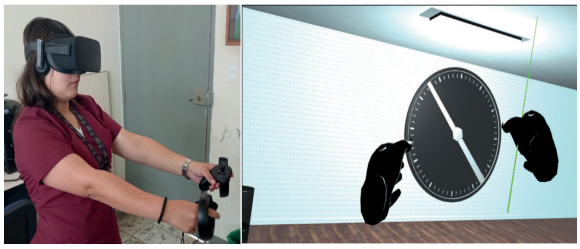


Figura 1: Participante y visualización del entorno virtual.

Para el análisis de la aplicación se realizaron pruebas con el dispositivo oculus rift para la inmersión e interacción con la plataforma en el mundo virtual, cada uno de los participantes realizó como primera actividad los ejercicios de testeo y como actividad secundaria los ejercicios de entrenamiento validando su correcta visualización del entorno, funcionamiento de los ejercicios y dinámicas de entrenamiento. Al finalizar, todos los resultados obtenidos fueron enviados a una base de datos para su comparación y almacenamiento por sesión individual de cada participante.

Discusión

La aplicación fue probada en la Facultad de Salud de la Universidad del Cauca, en Popayán, definiendo un tamaño de muestra de 15 individuos, todos estudiantes y profesores de dicha facultad, a los cuales se les realizó una encuesta que contenía preguntas cómo ¿Usaría la aplicación en sus pacientes?, ¿Le parece llamativa y funcional la aplicación?,¿Considera que la aplicación cumple su objetivo de rehabilitación?, obteniendo resultados positivos acerca de la funcionalidad de la plataforma.

Al finalizar con base a los resultados se puede concluir que la aplicación podría permitirle al profesional de la salud validar un proceso de rehabilitación basado en los rangos de movilidad y ejercicios de entrenamiento, ya que la aceptación general fue buena por parte de las personas encuestadas, las cuales manifestaron el potencial en la herramienta para constituirse en una ayuda tecnológica importante en procesos de rehabilitación de miembro superior.

Referencias

[1] P. Rubin, ed. HarperCollins, 2018.
[2] X. Chen, Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2022.
[3] J. W. Burke, ed. 2010 2° int conference on games and virtual worlds for serious app, pp. 75–78, 2010.
[4] F. Muri, Revista Ingeniería Biomédica, vol. 7, no. 14, pp. 81–89, 2013.
[5] J. Jonsdottir, Multiple sclerosis and related disorders, vol. 19, pp. 25–29, 2018.
[6] M. A. Just, J. Pain Manag, vol. 9, pp. 277–281, 2014.

PROPOSAL OF A KNEE ORTHOSIS FOR REHABILITATION IN THE CONTEXT OF A SERIOUS GAME

Daniel F. Almario Q.[1], Juan A. Gutiérrez M. [1], Diego E. Guzmán V. [1]

1. University of Cauca, Colombia

Thematic Nucleus: Rehabilitation

Introduction

The knee is a joint with only one degree of freedom, corresponding to flexion and extension. According to [Introcaso, 2020], knee joint-ligament injuries are the second most frequent cause of soccer sick leave. It has been shown that physiotherapy and rehabilitation can effectively cure patients thanks to the execution of repetitive and prolonged exercises [Aljuboury et al, 2022], usually supported by orthosis-type devices; however, many patients lose interest due to the monotony of the exercises [Salim et al, 2017]. Although [Hernandez, 2020], states that serious games are already being used as a complementary resource to traditional therapies, according to our research, there is a lack of integration of these with orthoses. This work proposes a solution that allows integrating a knee orthosis with a serious game.

Method

Requirements

For the development of the project, we were accompanied by a professional in the area of physiotherapy, who stated that the task requires the user to hold the knee extension position for a certain time; for this, it is necessary to measure the degree of flexion and extension of the knee in real time.

Hardware description

SolidWorks was used to fabricate the orthosis, considering two aspects: (1) to guarantee an appropriate and safe movement for the user; (2) that the device would be adjustable to the anthropometric characteristics of the user.

Software description

The serious game called "*Bowling King*", was created with *Visual Studio* using the *C#* language and the *Unity3D* video game engine. The game consists of a bowling theme, where the user must perform the knee flexion-extension movement to control the ball that will knock down the pins; the time the user must hold the extension position is defined in the interface, in order to control the difficulty perceived by the user.

Results

The Figure 1 on the left side shows the system obtained from the integration between the orthosis and the serious game; on the right side, it shows the tracking of the angular trajectory, which indicates the transition of flexion and extension of the joint; the above, in order to monitor the movement made by the user.

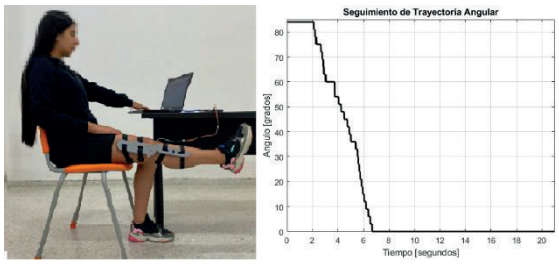


Figure 1 Integrated system and angle measurement

Conclusions

A successful interaction between the serious game and the orthosis was realized. By means of the constructed angular trajectories, it was possible to observe that the knee movement was carried out correctly. Moreover, thanks to the dynamics of the game, the pilot participants showed interest. For future work, the inclusion of an automatic adjustment system for the difficulty parameters of the game is being considered; in addition, a motor will be included in the orthosis to provide different degrees of assistance during the movement.

References

Aljuboury et al, Actuators, 11:1-2, 2022
Hernández, 3-4, 2020
Introcaso, AATD, 27:1-7, 2020
Salim et al, Grupo Franja, 1,2017

PROPOSAL FOR ELBOW ORTHESES FOR REHABILITATION IN THE CONTEXT OF SERIOUS GAME

Yonier A. Luna N. (1), Luis A. Ojeda O. (1), Diego Guzmán V (1)

1. University of Cauca, Colombia

Thematic Nucleus: Rehabilitation

Introduction

According to the World Health Organization, it is estimated that up to 15.3% of the world's population has ever suffered an injury that affects their quality of life and work performance; in the case of the elbow, it is known that this joint is exposed to different types of injuries, which can be treated or attended through mobilization therapy for the patient's recovery [J. Adams 1965]. Additionally, in some cases, orthotic-type devices are required to safely support joint motion during rehabilitation. Due to the perceived monotony of conventional therapy in rehabilitation exercises, [J. Borja 2020] states that up to 65% of users are partially adherent or even non-adherent; in view of this, the literature presents multiple proposals supported by serious games; however, our research reveals that there are few applications that integrate the functionalities of an orthosis and a serious game. This work proposes an orthosis type device, integrated to a serious game, which will allow to measure the degree of movement of the user for his interaction with the virtual world.

Method

Requirements

Based on an agile development methodology and the accompaniment of a professional in the area of physiotherapy, it is proposed to develop a system that integrates the orthosis with the serious game, while a continuous measurement of the angular movement of the elbow is performed and a pleasant environment is generated for the user.

Hardware description

The design of the orthosis was made in SOLIDWORKS 3D software, for obtaining the prototype 3D printing was used as a manufacturing method, taking into account that the orthosis would allow the recovery movements of the limb and that it could be adapted to the anthropometry of different people, in an ergonomic way. In addition, for the measurement of the elbow angle, an Arduino board and a potentiometer were included as a sensor.

Software description

The design of the orthosis was made in SOLIDWORKS 3D software, for obtaining the prototype 3D printing was used as a manufacturing method, taking into account that the orthosis would allow the recovery movements of the limb and that it could be adapted to the anthropometry of different people, in an ergonomic way. In addition, for the measurement of the elbow angle, an Arduino board and a potentiometer were included as a sensor.

Results

Figure 1 shows the rehabilitation system developed, comprising the serious game and an elbow orthosis that allows real-time measurement of the flexion-extension movement of the elbow; the right side shows the angular trajectory obtained by the user during the exercise, in order to quantify and monitor the user's movement capacity.

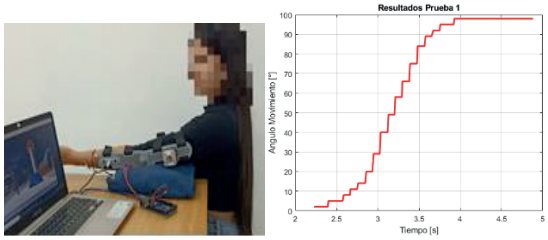


Figure 1 Rehabilitation system and angular path

Conclusions

This work presented the integration between an orthosis and a serious game, obtaining favorable opinions from experts in the area of physiotherapy; in addition, by means of the measurement of the angular position of the elbow it was possible to verify that the movement is performed adequately. As a future work, it is expected to validate its applicability in a medical context, as well as to include a servomotor in the orthosis, which allows to provide assistance or opposition to the elbow movement, providing a dynamic adaptation according to the user's possibilities.

References

[J. Borja, 1:1-2, 2020]
[Shakespeare et al, Actuators, 33:17-18, 2018]
[W. Osvaldo 1:1-3, 2014]
[J. Adams 127-132, 1965]

APRENDIZAJE COMPUTARIZADO (MACHINE LEARNING) Y BIG DATA PARA ESTIMAR Y PRONOSTICAR LA EXPRESIÓN GENÓMICA

Carlos Coral Gómez, Ph.D.

Investigador y Consultor Independiente, Colombia.

Núcleo Temático: Biomecánica

Introducción

En Biología Molecular, el proceso mediante el cual los genes codifican proteínas pasando por la transcripción y la traducción, se denomina expresión genética. El "nivel de expresión" de un gene determinado, medido en una muestra de tejido celular, se considera proporcional a la correspondiente cantidad de ARN mensajero presente en la muestra. Cuantificar con alta precisión los niveles de expresión genética es requisito indispensable para resolver diferente tipo de problemas biomédicos y biotecnológicos relacionados con el genoma. Sin embargo, los valores de expresión genética medidos mediante técnicas contemporáneas (ADN microarrays), contienen apreciables niveles de incertidumbre y ruido. En el presente trabajo se propone el concepto de expresión genética como un estado dinámico del sistema genómico, el cual permite estimar valores de expresión más precisos.

Método

Considerando la expresión genética como el estado de un sistema dinámico lineal, el proceso de evolución de la expresión se puede representar mediante una cadena de Márkov con estados latentes (Fig. 1). En dichos procesos, los estados latentes $\boldsymbol{X_i}$ se pueden inferir mediante la "Regla de Bayes" a partir de mediciones secuenciales $\boldsymbol{Z_i}$, que proporcionan evidencia del estado, pero contaminada de ruido e incertidumbre [Stone, 2013]. Para probar nuestra hipótesis e inferir los estados latentes de expresión genética en una secuencia de mediciones experimentales de expresión, tomada de la raíz de la planta Arabidopsis Thaliana (A.Th.) [Moreno-Risueno *et al,2010*], se implementó un algoritmo de estimación óptima que simplifica el problema de inferencia Bayesiana cuando el ruido de las mediciones y las incertidumbres del modelo dinámico son gaussianos [Brunton & Kutz, 2019].

Resultados

En la Fig. 2 se ilustra un caso típico de evolución de la expresión genética en la raíz de A.Th., antes y después de aplicar nuestro método. La evolución del estado de expresión es menos volátil que la de las mediciones.

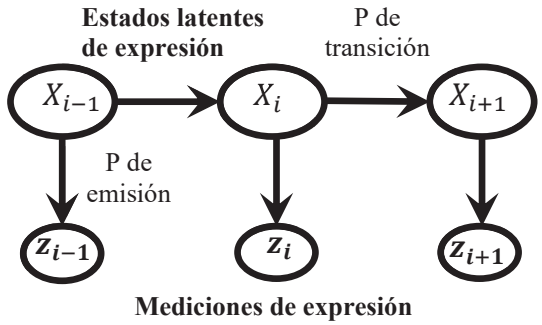


Figure 1. Cadena de Márkov con estados latentes. El estado $\boldsymbol{X_i}$ sólo depende del estado anterior $\boldsymbol{X_{i-1}}$. Las mediciones $\boldsymbol{Z_i}$ son proporcionales a los estados.

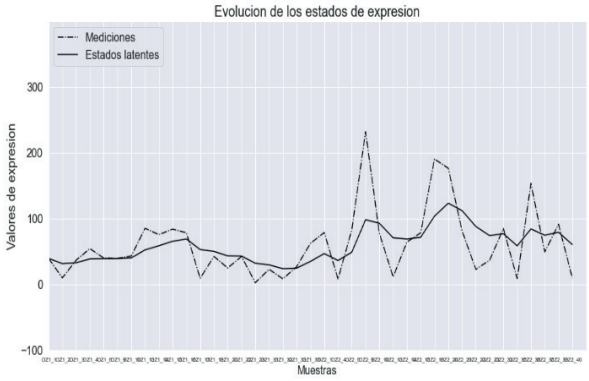


Figure 2. Mediciones (L. discontinua) y estados latentes encontrados con nuestro método (L. continua)

Discusión

El concepto de expresión genética como un estado dinámico del sistema genómico ofrece nuevas perspectivas para el descubrimiento e innovación en las ciencias biomédicas, biotecnología y genómica.

Referencias

Moreno-Risueno *et al*, *Science* **329**, 1306, *2010.*

Brunton S.L., Kutz N.J., Data-Driven Science and Engineering. Machine Learning, Dynamical Systems, and Control. Cambridge University Press, 2019.

Stone J.V., Bayes' Rule, A Tutorial Introduction to Bayesian Analysis, Sebtel Press. 2013.

ARCHIMEDES DISZAER 1 (AD1): SOFTWARE PARA OPTIMIZAR EL DISEÑO MECÁNICO DE TURBINAS TORNILLO DE ARQUÍMEDES

Diego Alejandro Forero Castañeda. (1), Sergio Andrés Zabala Suárez. (2)
1. dforeroc1@ucentral.edu.co, Colombia; 2. szabalas@ucentral.edu.co, Colombia.

Núcleo Temático: Energías limpias; Energía hidráulica.

Introducción

Colombia posee el mayor potencial hidroenergético de baja escala sin desarrollar en el mundo (ONUDI y ICSHP, 2019), por otro lado, su cobertura eléctrica es limitada, pues, alrededor del 3% de la población no goza del recurso (BID, 2019), esto sugiere alternativas de producción eléctrica descentralizadas usando fuentes hídricas. Las turbinas tornillo de Arquímedes (TTA), son dispositivos capaces de aprovechar con alta eficiencia dicho potencial, sin embargo, al ser una tecnología relativamente nueva para este fin, siguen siendo objeto de mejora. Por tanto, se creó AD1, una herramienta que asiste al usuario en el cálculo, diseño, selección, ajuste, y visualización in situ de TTA, reduciendo el tiempo productivo de diseño, errores de evaluación, construcción y por ende, la incertidumbre en el desarrollo de proyectos hidráulicos de este tipo.

Métodos

Se hallaron las variables de mayor sensibilidad en el modelo matemático de referencia, las cuales fueron, el ángulo de inclinación [θ], el número de filetes [N] y la longitud [L]. Seguidamente se reescribió el modelo matemático en términos exclusivos de estas y de los parámetros caudal [Q] y salto de altura [H] en un código en Matlab®. Se procedió a estructurar un comando de optimización empleando algoritmos genéticos y se implementó un controlador de selección para convertir la potencia en un parámetro inicial mediante una función de restricción que escoge la mejor combinación de θ, N, L y garantiza que la potencia sea igual a la exigida. Luego se construyó una función objetivo representada como la relación entre la potencia mecánica y la cantidad de material, de manera que el nuevo modelo matemático tiende a dimensionar TTA mucho más compactas, dado que el comando de optimización fuerza los valores de θ, N, L a maximizar la función objetivo disminuyendo la cantidad de material. Se utilizó el CAD Inventor® para realizar las piezas, planos y el ensamble general de la TTA, se usó la herramienta "Parámetros" para crear la lista de restricciones geométricas de cada pieza, luego se vinculó con un archivo Excel® que almacena las restricciones y permite modificar geométricamente piezas desde este mismo archivo. Después, se enlazó el modelo matemático optimizado con el archivo Excel con el fin de crear la transferencia de los arreglos dimensionales desde Matlab a Inventor. Posteriormente se asignó una serie de reglas en el código fuente para generar copias de los planos en (.pdf) y del ensamble general en (.stp) para ser visualizado en realidad aumentada en la aplicación JigSpace®. Finalmente el código fuente se trasladó a una interfaz gráfica de usuario para ser controlado de manera intuitiva con botones y ayudas visuales.

Figura 1: Interfaz gráfica de usuario del software.

Resultados

Se integraron conocimientos de modelación y optimización matemática, diseño parametrizado y realidad aumentada en una herramienta que optimiza el diseño de TTA. El diseño manual de TTA puede tardar meses o semanas, con AD1, los tiempos se reducen a horas o minutos. AD1 fue validado en un proceso comparativo frente a una minicentral que produce 70 kW con un par de TTA, bajo las mismas condiciones de este proyecto, el software ofreció una alternativa que genera 3,12 kW extra. El programa fue probado en un caso de estudio en zona rural de Dosquebradas, Risaralda presentando una solución viable para la generación de electricidad en ZNI.

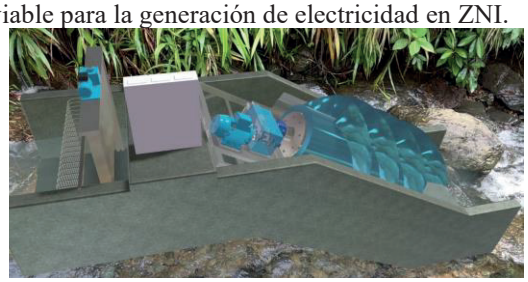


Figura 2: TTA de 10 kW in situ visualizada en RA.

Discusión

[Si se pueden elegir los parámetros geométricos y de funcionamiento de un tornillo independientemente, ¿Para qué valores se puede lograr la mayor eficiencia de la potencia mecánica de salida de un tornillo?] (Rorres y Nuernbergk, 2013). A la pregunta realizada por los creadores del modelo matemático más aceptado a nivel mundial y de referencia en el presente trabajo, se considera que, el método desarrollado logra dar respuesta oportuna.

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN EQUIPO VERSÁTIL PARA ENSAYOS DE CORROSIÓN POR INMERSIÓN ALTERNA

Hernán Pacheco (1), Carlos Pino (1), Anderson Sánchez (1), Javier Urbano (1), Camilo Ayala (2), Oscar Álvarez (3), Alejandro Marañón (4), Alicia Porras (3), Camilo Hernández (1)

1. Ingeniería Mecánica, Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Colombia. 2. Departamento de Diseño, Universidad de los Andes, Colombia. 3. Departamento de Ingeniería Química y de Alimentos, Universidad de los Andes, Colombia. 4. Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de los Andes, Colombia.

Núcleo Temático: Diseño, Materiales Y Procesos

Introducción

Uno de los ensayos más usados para determinar la resistencia a la corrosión de materiales es el ensayo de inversión alterna. Con este ensayo es posible caracterizar el comportamiento de materiales en presencia de medios corrosivos en combinación con exposición al aire. Esto se logra al sumergir alternadamente el material en un medio y luego exponerlo a aireación. Si bien existen equipos de ensayo de corrosión alterna, estos generalmente son limitados para cumplir con estándares y no permiten variar parámetros para simular operaciones de corrosión requeridas en investigación. Por ejemplo, los equipos comercialmente disponibles son diseñados para usar como medio soluciones salinas, y su diseño no permiten investigar otros medios más agresivos. En este artículo se presenta la implementación de la metodología *Design for Excellence* (DFx) para el diseño de un equipo de ensayos de corrosión alterna. Este proceso de diseño metodológico concluyó con la construcción de un prototipo funcional que permite el desarrollo de ensayos personalizados de acuerdo con diferentes parámetros y medios de inmersión.

Métodos

Para el diseño del equipo de inmersión alterna, se utilizó la metodología DFx para el desarrollo de productos de mejor calidad, bajo costo de producción y tiempos de desarrollo más cortos [Malinowski, 2007]. Se enfocó el proceso de diseño hacia la versatilidad de la máquina de ensayos; permitiendo variar medios de inmersión y parámetros del ensayo, tales como: propiedades químicas del medio, tiempos de cada etapa en el ciclo, temperaturas, tamaños y cantidad de muestras expuestas.

Resultados

Se desarrolló un equipo que no sólo permite cumplir con ensayos de corrosión estándar, tales como el ISO 11130, ASTM G44 y ASTM G31, sino que también permite caracterizar materiales en diferentes condiciones como muestra la Tabla 1. En la Figura 1 se muestra su prototipo funcional.

Tabla 1. Principales especificaciones técnicas

Especificación	Valor
Cantidad de muestras	Max 15 kg
Temperatura secado aire	Max 150°C
Temperatura medio inmersión	Max 150°C
Tiempos ciclos	Programable
Numero de ciclos	Programable

Figura 1: Prototipo funcional

Discusión

Mediante un proceso sistemático de diseño basado en la metodología DFx se diseñó e implementó un equipo de ensayos de corrosión por inmersión alterna. Este equipo capaz de realizar ensayos bajo los estándares también permite realizar ensayos personalizados con la capacidad de variar medios de ensayo, temperaturas y tiempos de inmersión y secado, requeridos en procesos de investigación de la resistencia a la corrosión de diversos materiales en un sin número de condiciones de operación.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y al Fondo Francisco José de Caldas quienes financiaron esta investigación mediante “Sistema General de Regalías - Fondo de CTeI - Convocatoria No. 6” Proyecto “Aprovechamiento de los subproductos Agroindustriales en la producción del marañón en el departamento del Vichada - BPIN 2020000100571”

Referencias

Malinowski, L., & Nowak, T. DfX Platform-A holistic approach to design concepts evaluation. International Conference on Engineering Design, Paris, France. 2007.

CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA DE LA NUEZ DEL MARAÑÓN PARA EL DISEÑO DE UNA DE MÁQUINA DE APERTURA

Anderson Sánchez (1), Hernán Pacheco (1), Carlos Pino (1), Javier Urbano (1), Camilo Ayala (2), Oscar Álvarez (3), Alejandro Marañón (4), Alicia Porras (3), Camilo Hernández (1)

1. Ingeniería Mecánica, Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Colombia. 2. Departamento de Diseño, Universidad de los Andes, Colombia. 3. Departamento de Ingeniería Química y de Alimentos, Universidad de los Andes, Colombia. 4. Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de los Andes, Colombia.

Núcleo Temático: Las Ingenierías y la Industria 4.0

Introducción

El árbol del marañón (Anacardium occidentale) produce una de las almendras de más alto valor por sus diversos usos en alimentos y cosméticos. En el año 2020, Colombia se posicionó en el puesto 24 de producción mundial con 4443 ton de nuez, con una tendencia de crecimiento, especialmente por la contribución del Departamento del Vichada. Sin embargo, la comercialización de la almendra requiere del proceso de apertura de la nuez, el cual puede afectar a los operarios debido al efecto irritante del ácido anacárdico presente en la nuez [Mubofu, 2018]. Por lo anterior, se requiere de una máquina que se adapte a las características morfológicas únicas de la nuez de la región del Vichada. El presente trabajo muestra la caracterización geométrica realizada a la nuez de marañón producida en la región del Vichada para definir las especificaciones técnicas de diseño de una máquina de apertura de nuez automatizada.

Métodos

Se realizó un muestreo aleatorio de nuez de marañón cocida bajo parámetros locales en el municipio de Puerto Carreño en el departamento del Vichada provenientes de cuatro proveedores locales. Se seleccionaron 100 nueces por cada productor seleccionado al azar. Se midieron el largo, ancho, espesor y masa de la nuez usando un calibrador digital con precisión de 0.01 mm y una balanza digital con precisión de 0.01 g. Los datos recolectados fueron analizados estadísticamente, se encontraron valores medios y desviaciones estándar. Además, se realizó un análisis de varianza con una confiabilidad del 95% para determinar la relación entre los productores y rangos de tamaño de nuez.

Resultados

La tabla 1 muestra un resumen de las medidas promedio y sus desviaciones estándar (σ) de las nueces de marañón de diferentes productores de la región del vichada. Se determinó que la nuez producida en la región del Vichada posee una geometría y masa distinta entre proveedores.

Discusión

Se definieron rangos de tamaños de la nuez del marañón que serán considerados para el diseño de la máquina de apertura de la nuez. Se encontró, como muestra la Figura 1 que, en comparación con datos de otros países la nuez la muestra medida en el departamento del Vichada tiene un rango de tamaño mayor. Esta información permitirá relacionar requisitos funcionales susceptibles al tamaño de la nuez, para el diseño de un equipo versátil que realice la apertura de la nuez.

Productor	P1	P2	P3	P4
Largo (mm)	32.28±4.14	33.99±2.88	33.14±3.14	34.20±4.16
Ancho (mm)	24.55±2.96	25.30±1.90	25.36±2.32	26.17±2.50
Espesor (mm)	21.36±3.18	21.10±1.74	20.55±2.18	22.62±2.94
Masa (g)	8.66±2.68	9.19±1.82	8.74±2.28	10.14±2.88

Tabla 1: Rangos de geometría y masa de la nuez de marañón en el Vichada (97.7% de confianza).

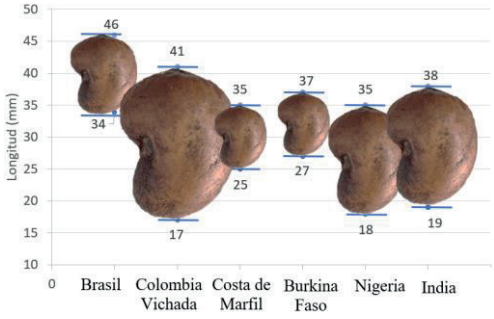


Figura 1: Intervalos de tamaños de nuez de marañón

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y al Fondo Francisco José de Caldas quienes financiaron esta investigación mediante “Sistema General de Regalías - Fondo de CTeI - Convocatoria No. 6” Proyecto “Aprovechamiento de los subproductos Agroindustriales en la producción del marañón en el departamento del Vichada - BPIN 2020000100571”

Referencias

Mubofu, E. B., & Mgaya, J. E. Chemical valorization of cashew nut shell waste. Topics in Current Chemistry, 376(2), 1-15. 2018

ESTIMACIÒN DEL DESEMPEÑO TÉRMICO DE UN HELIÓSTATO MEDIANTE ANÁLISIS CFD CON SOFTWARE LIBRE

Álvaro Delgado Mejía (1), Jhon Fredy Hincapié, (2), Laura Gaviria Sierra (3), Sebastián Zapata Molina (4), Yuhan Lenis Rodas

1. Docente I.U. Pascual Bravo, Colombia; 2. Docente I.U. Pascual Bravo, Colombia; 3. Estudiante I.U. Pascual Bravo, Colombia; 4. Estudiante I.U. Pascual Bravo, Colombia; 5. Docente I.U. Pascual Bravo, Colombia

Núcleo Temático: Energías del Futuro

Resumen

En este trabajo se analiza mediante CFD (Computational fluid dynamics) y mediciones experimentales, un sistema de concentración solar tipo Helióstato de 1.5 m2 dividido en 7 facetas. Se buscó, principalmente, estimar las temperaturas superficiales promedio, tanto sobre las facetas como sobre el receptor operando bajo un escenario de DNI promedio de 834 W/m2. Adicionalmente, se evaluó el rendimiento térmico para este tipo de sistema. Los resultados de las temperaturas superficiales en el colector y receptor obtenidos en las simulaciones numéricas fueron validados con datos experimentales encontrados haciendo uso de un prototipo del Helióstato, diseñado y fabricado previamente (ver figura 1). Las simulaciones en CFD se realizaron utilizando herramientas de simulación de código libre OpenFoam. Los resultados indican que el análisis CFD puede reproducir los perfiles de temperatura de una manera bastante precisa cuando se compara con los resultados experimentales, lo cual a su vez da pie para simular otros escenarios de operación.

Introducción

En Colombia la Ley 697 de 2001 fomenta el uso racional y eficiente de la energía y además promueve la utilización de energías alternativas; por otra parte, la ley 1715 de 2014 regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Sin embargo, aunque en la matriz energética colombiana la participación de las fuentes alternativas, como la solar, es aún muy pequeña, el uso de sistemas de concentración solar son cada vez más habituales, tanto para aplicaciones térmicas como para fotovoltaicas. En este sentido los helióstatos se han venido consolidando como una opción viable para generación eléctrica o aplicaciones que demanden calor en un rango de temperatura medio - alto.

La evaluación del desempeño térmico de estos sistemas de concentración solar se fundamenta en evaluar los perfiles de temperatura alcanzados tanto en el colector (panel) como en el receptor. Además, por ser un sistema de concentración solar se debe tener en cuenta las pérdidas de energía por otros efectos como son: ángulos de inclinación, factor de visión, velocidad del viento, entre otros. [Blanco, 2017]. Para la obtención de las temperaturas se utilizaron técnicas experimentales las cuales requieren de sensores especializados, que fueron utilizados como datos de entrada en las simulaciones numéricas. Permitiendo analizar diferentes escenarios de funcionamiento para el sistema de concentración solar tipo Heliostato.

Figura 1: Prototipo de helióstato objeto del estudio

Metodología

Las simulaciones numéricas se realizaron bajo las condiciones climáticas de Medellín; intensidad radiante, velocidad del viento, temperatura ambiente y altura sobre el nivel del mar. Las cuales fueron impuestas como condición de frontera en el dominio computacional, para obtener las temperaturas superficiales del colector y el receptor.

Referencias

- Blanco, Manuel J. - Miller, S. - Santigosa, L. (2017). Introduction to concentrating solar thermal (CST) technologies. Advances in Concentrating Solar Thermal Research and Technology. Woodhead Publish. Pp 3-25. SN 978-0-08-100516-3.
- M.D. Marais, K.J. Craig, J.P. Meyer,Energy Procedia,Volume 69,2015. Computational Flow Optimization of Heliostat Aspect Ratio for Wind Direction and Elevation Angle,Pages 148-157, ISSN 1876-6102, https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.03.018.

EFECTO DEL USO DEL BIODIESEL DE PALMA EN EL RENDIMIENTO Y LAS EMISIONES DE UN MOTOR ESTACIONARIO PARA MICRO-GENERACIÓN

Oscar José Arcila Igirio (1), Andrés David Morales Rojas (2), Luis Carlos Olmos Villalba (3)

1. Semillero de investigación S-GIIEN, I.U. Pascual Bravo, Colombia, oscar.arcila825@pascualbravo.edu.co; 2. Grupo GIIEN, I.U. Pascual Bravo, Colombia, andres.morales@pascualbravo.edu.co; 3. Grupo GIIEN, I.U. Pascual Bravo, Colombia, luis.olmos@pascualbravo.edu.co

Palabras clave: *Motores diesel, emisiones específicas, generación eléctrica, biodiesel.*

Núcleo Temático: Energías del futuro

Introducción

Los equipos electrógenos (GE) basados en motores de encendido por compresión son una tecnología comúnmente usada para el suministro de energía eléctrica en zonas no interconectadas y como fuentes de respaldo en aplicaciones industriales. Tienen como principal ventaja su bajo costo de inversión y estabilidad en la operación; sin embargo, la dependencia de estos sistemas a los combustibles de origen fósil y sus altos índices de emisiones ponen en duda su permanencia en el mercado, lo que motiva el interés en diferentes alternativas de mejoramiento de la tecnología, así como la incorporación de combustibles alternativos, entre los que se destacan el biodiésel, el gas natural y el hidrógeno [Bedoya, 2007].

Los motores estacionarios utilizados como GE son utilizados en muchas aplicaciones y habitualmente no cuentan con la instrumentación adecuada para monitorear y controlar su funcionamiento; esto puede representar una deficiencia en su operación cuando usan combustibles alternativos [Fernández, 2013].

Este trabajo muestra la adaptación, puesta a punto e implementación de un sistema para la medición de parámetros efectivos en un motor diesel estacionario para micro generación, en el cual se realizaron pruebas utilizando dos combustibles distintos, diesel comercial y biodiesel de palma, lo que permitió estudiar el impacto energético y ambiental del cambio de diesel a biodiesel en este tipo de sistemas, y proponer una estrategia de control del régimen de giro del motor que garantice una operación optima y estable en todo su rango de operación.

Métodos

Las pruebas experimentales se realizaron en un GE con motor diesel JDP 3500 LH, monocilíndrico de aspiración natural, refrigerado por aire con una potencia nominal de 3.5 kW a 3600 rpm, al cual se le aplicaron 7 diferentes grados de carga, simulados por un banco de bombillos con una potencia unitaria de 0.327 kWe. Ver figura 1.

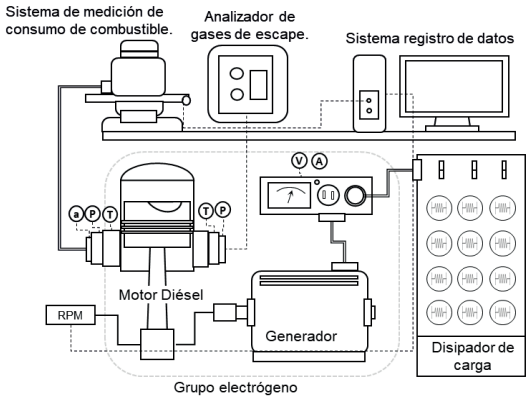


Figura 1. Sistema de medición de parámetros efectivos en un grupo electrógeno.

Se midieron y controlaron variables tales como temperatura de gases de escape, presión de admisión del aire, presión de gases de escape, flujo masico de aire admitido, flujo masico de combustible, temperatura de aceite, régimen de giro, voltaje, corriente eléctrica y la composición de gases de escape.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestra un resumen de los principales resultados obtenidos usando los dos combustibles de interés en el máximo grado de carga alcanzado en operación estable (7 bombillos encendidos).

Tabla 1. Comparación experimental de los resultados obtenidos con Diesel y Biodiesel en mayor grado de carga.

Parámetro	Diesel	Biodiesel de palma
Potencia eléctrica [kWe]	1.54	1.52
RPM	3590.5	3593.5
Flujo de combustible [g/s]	0.216	0.233
Poder calorífico [MJ/kg]	42	37.9
Eficiencia [%]	16.8	17.13

El biodiesel logra una mejor eficiencia debido a que su poder calorífico es menor; sin embargo, la potencia eléctrica lograda en este grado de carga es menor también, lo que incorpora un porcentaje de error a la estimación de la eficiencia. Por otro lado, y en concordancia con lo reportado por otros autores [Ramírez, 2020], el consumo de biodiesel es mayor para un mismo grado de carga debido a que al tener un menor poder calorífico este se compensa con un mayor consumo de combustible

En la Figura 2, se presenta las emisiones específicas de dióxido de carbono (CO_2) en función de los diferentes grados de carga para los dos combustibles evaluados. Se puede notar que a mayor grado de carga se logra una menor emisión de CO_2 en ambos, esto ocurre porque se está generando una mejor combustión; además, permite confirmar lo reportado por otros autores: "El factor de emisiones de CO_2 es menor usando biodiesel comparado con Diesel" [Ramírez, 2020].

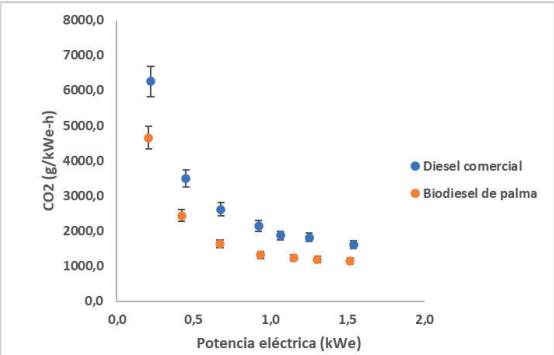


Figura 2. Emisiones específicas de CO_2 a diferente grado de carga.

Referencias

- Bedoya Caro, Iván D.; Arrieta, Andrés A.; Cadavid, Francisco J.; Pareja, Jhon A. (2007). Efecto del grado de carga y la cantidad del combustible piloto en el comportamiento mecánico ambiental de un motor dual diesel-biogás para generación de electricidad. Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia. No. 42. pp. 79-93.
- Fernández Morales, Flavio H.; Enrique Duarte, Julio. (2013). Modulo para la medición de variables en motores de combustión interna. Unilibre cali, Vol. 9 No. 2, 18: 250-256
- Ramírez Velasco, C.; Pérez, D.; Pereira, R.; Bolaños Alomía, F. (2021). Análisis comparativo de emisiones de CO_2 de un motor empleando diésel y biodiesel. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 12(2), 127-145.

INVERNADERO URBANO AUTOMÁTICO Y SUSTENTABLE ENFOCADO A LA AGRICULTURA COLOMBIANA

Wilmer Cruz Guayacundo (1), Daniel Felipe Peñarete Moreno (2)

1. Universitaria Agustiniana UNIAGUSTINIANA, Colombia; 2. Universitaria Agustiniana, Colombia

Núcleo Temático: Las Ingenierías y la industria 4.0

Introducción

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) señala la importancia de Colombia como despensa alimentaria para mitigar la crisis alimentaria que se prevé. Se proyecta para el año 2050 el crecimiento a 9.000 millones de personas, representando un aumento del 70% de la población mundial [Garzón, 2020].

En Colombia, la producción de hortalizas y vegetales se realiza principalmente a campo abierto en zonas de pisos térmicos templado y frío como en el departamento de Cundinamarca. [Correa, 2020]. Estos cultivos, se enfrentan a efectos ambientales adversos por el cambio climático. Por tanto, implementar invernaderos con sistemas de control avanzado, permite mejorar la calidad de las cosechas reduciendo las variaciones climatológicas, aumentando la productividad de los cultivos. [Omer, 2008].

Metodología

El presente proyecto se gesta desde la metodología de fases las cuales se describen a continuación.

- **Fase 1:** Diseño y construcción de un invernadero.
- **Fase 2:** Implementación de un sistema de adquisición de datos para identificación del modelo dinámico del sistema en cuanto a temperatura, humedad y pH.

Para la fase 1 y 2 se realizó el análisis mediante matrices de decisión, basados en los requerimientos del cliente y la relación entre las especificaciones de ingeniería, dando un concepto cuantitativo con la Casa de la Calidad QFD.

Requerimientos del cliente	**Especificaciones de ingeniería**
Factor económico	Materiales de bajo costo
Impermeabilidad	**Sistema hermético**
Eficiencia estructural	Materiales resistentes
Luminosidad	**Materiales translucidos**
Flujo de aire	Sistema de ventilación
Irrigación	**Sistema de riego**
Agentes patógenos	Componentes resisten a químicos
Fertilidad del terreno	Abonos y fertilizantes
Humedad y temperatura	**Sistema de climatización**
Daños y errores	Mantenimiento

Tabla 1: Criterios de cliente y aspectos de ingeniería.

Resultados y discusión

Con el desarrollo de la ingeniería a detalle de las fases 1 y 2, definiendo el diseño del invernadero de tipo domo como la estructura que obtiene la mejor puntuación frente a la QFD, se realiza el modelo mediante un software de diseño CAD y se materializa como se muestra en la figura 1.

Figura 1: Invernadero tipo domo instalado en UNIAGUSTINIANA sede Bogotá Campus Tagaste.

De igual forma, se diseñó y construyó un sistema de adquisición de datos de temperatura, humedad (ambiental y de tierra) y pH del cultivo. Con esto se busca establecer la dinámica del sistema para así proponer en una fase posterior, el diseño e implementación de un control avanzado.

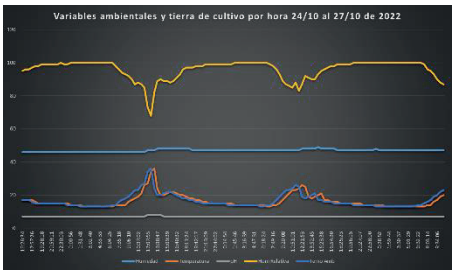


Figura 2: Datos ambientales y de tierras de cultivos del invernadero UNIAGUSTINIANA.

Referencias

Correa, E. (2020, marzo 25). La hora de las hortalizas. Agronegocios. Recuperado de: https://www.agronegocios.co/analisis/ender-correa-2982797/la-hora-de-las-hortalizas-2982626.

GARZÓN, Ana. Oportunidad de exportación de aguacate Hass a Francia. Revista Colombiana de Ciencias Administrativas, 2020, vol. 2, no 1, p. 78-102.

Omer, A. (2008). Energy, Environment and Sustainable Development. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v.12 (9). doi: 10.1016/j.rser.2007.05.001.

DESIGN OF A SERIOUS AUGMENTED REALITY GAME FOR CHILDREN WITH ATTENTION DEFICIT DISORDERS

Rosmer H. Yepes H.[1], Jhoan S. Hurtado C. [1], Diego E. Guzmán V. [1], Carlos F. Rengifo R.[1], Elizabeth Roldán G.[2], Luisa F. Ordoñez D. [1], Saidy Rosero. [3]

1. Universidad del Cauca, Colombia; 2. Fundación Universitaria María Cano, Colombia; 3. Centro De Especialistas En Salud Integral Renacer Ltda, Colombia.

Thematic Nucleus: Rehabilitation

Introduction

Attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) is one of the most common disorders in early life, and can persist into adolescence and even adulthood (its characteristic symptomatology includes inattention, hyperactivity, and impulsivity) [NIMH, 2021]. According to [A. G. Hayes, 2019], to avoid pharmacological treatments there are technological alternatives such as serious games, as these games provide high flexibility, adaptability and scalability, because they are supported by technologies such as virtual reality (VR) and augmented reality (AR); however, during the design and development of these games, [M. Pirovano, 2016] criticizes for not considering the real needs of specialist, in terms of the level of parameterization of the task. This work proposes a serious game under the participatory development methodology that satisfies the aforementioned requirements.

Methods

Established requirements

For the development of the serious game, three health professionals were involved and proposed to carry out a task of searching for objects against the clock, to promote executive functions and attention; in addition, they stated that the game should: (1) Promote body movement to include behavioral and motor coordination benefits, (2) Differences related to the perception of color, shape and size; to work on selective attention, (3) Using AR for a greater transfer of skills to the real world, (4) High level of exercise parameterization for more flexibility, (5) Simple interactions to facilitate the development of the activity, (6) Collect data to facilitate analysis of results.

Results

The serious game was called *"MiniSuper AR"* and is shown in the Figure 1, the parameters of the configurable search are objects to find, time limit, position of objects and quantity of objects. Subsequently, the program presents a report with the mean and variance of the time used, together with its hit and miss factors.

Figure 1 Serious game "MiniSuper AR".

A usability survey was carried out with specialists in the area, where the complete functioning of the 3 main components of the application was evaluated, dividing the survey into 4 sections: patient management, challenge configuration, report management and gameplay. The evaluation was carried out on a scale of 1-5, obtaining a high grade of acceptance, 95%, 90%, 92% and 86%, respectively.

Conclusions

This project presented the development of a serious game that allows the therapist to configure in difficulty and intensity the exercises for children with ADHD, as well as to obtain evolution reports; the synergy in linking the development group with the specialists made it possible to obtain a development with a high grade of acceptance; In addition, the usability study allowed knowing the opinion of the specialists to improve the final version of the application. In the future, a pilot test is expected to be carried out for adjustments and verification with real users in order to conduct research with the game aimed at children with and without ADHD.

References

National Institutes of Health, U.S. Department Of Health And Human Services, No. 21-MH-8159, 2021.

A. G. Hayes *et al*, Medicina naturista, 13:15-20, 2019.

M. Pirovano *et al*, Entertainment Computing, 14:55-65, 2016.

ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN BLOQUES DE HIELO DE SALMUERAS

Fabio E. Sierra (1), José U. Castellanos(2) ,Juan Pablo Ortiz (3)

1, Universidad Nacional de Colombia, Colombia; 2, Universidad Nacional de Colombia, Colombia; 3,Fundacion Universitaria San José, Colombia

Energías del Futuro.

Introducción

Para el desarrollo del sector agropecuario y uso de neveras y congeladores a nivel comercial y residencial se requiere fuentes de energía eléctrica, que en general no cuentan las comunidades que habitan las zonas no interconectadas y veradas de muchos municipios.

Al usar energía solar fotovoltaica se almacena gran parte de ellas en baterías para el funcionamiento de los compresores de refrigeración en horas donde no se cuenta con radiación solar directa o esta es insuficiente. [4]. Alternativamente se estudia el uso de baterías térmicas para mantener un frio constante almacenando energía en el día y entrándola en la noche.[4]

La Red internacional para la investigación y docencia en energización rural y desarrollo sostenible PRIDERAS realizaron investigaciones estudiando el comportamiento térmico y de almacenamiento de energía en baterías térmicas de salmuera variando las condiciones de concentración y peso. Se realizó esto con ayuda de un sistema DAQ implementado con hardware de National Instruments y software realizado con Python. Las condiciones de prueba fueron con temperatura de recamara de -6°C.

Fluido de almacenamiento	Energía almacenada	Tiempo de congelado	Potencia consumida W
Hielo agua 20 litros	5755 kJ	23 horas 45 minutos	67
Salmuera congelada al 5% 4 litros	1243 kJ	23 horas 45 minutos	15

Tabla 1: Resultados de prueba de congelamiento de agua y salmuera de NaCl al 5% .

Con un evaporador de 108 W que trabaja con R600a se obtiene una eficiencia del 75.4% de almacenamiento de energía en frio.

Fluido de almacenamiento	Tiempo de descongelado	Potencia de descongelado W
Hielo agua 20 litros	3 días 20 horas	19
Salmuera congelada al 5% 4 litros	5 horas 12 minutos	20

Tabla 2: Resultados de prueba de enfriamiento de agua y salmuera de NaCl al 5% .

Fluido de almacenamiento	Tiempo de liberación sensible	Potencia de liberación sensible W
Hielo agua 20 litros	2 días 18 horas	4
salmuera congelada al 5% 4 litros	6 días 7 horas	0.5

Tabla 4: Resultados de prueba de liberación de energía sensible agua y salmuera de NaCl al 5% .

Se observó mayor absorción en fase latente para ambos fluidos, pero también una mayor potencia de liberación de energía respecto a los fluidos en fase sensible. Se observa que la energía almacenada en bloques de salmuera permite mantener mas bajas temperaturas y mayor capacidad de frio almacenado.

Ecuaciones

Se utilizan la teoría de transferencia de calor para cambio de fase y caída de la temperatura dentro de una sustancia.[4]

$$E_{caida\ temperatura} = C_p m(T_{Final} - T_{inicial}) \quad (1)$$

$$E_{cambio\ de\ fase} = h_{fg} m \quad (2)$$

$$\eta = \frac{E_{almacenada}}{E_{suministrada}} \quad (3)$$

Referencias

[1]International renewable energy agency, Capacity and generation charts. 07-2022. Obtenido de: https://irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Statistics-Time-Series

[2]Congreso de Colombia. Ley 2036 de 2020. 27-07-2020. Obtenido de: https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=137050https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=137050

[3] Faraj K. Khaled M. Faraj J. Hachem F. Castelain C. Phase change material thermal energy storage systems for cooling applications in buildings: A review. 15-11-2019

[4] Guelpa E. Verda V. Thermal energy storage in district heating and cooling systems: A review . 15-10-2019.

[5] Cengel Y. Ghajar A. Transferencia de calor y masa. McGraw Hill. 2011.

BALANCE ENERGETICO MEDIANTE DIAGRAMAS DE SANKEY DE UN CONGELADOR CON R600A

Fabio E. Sierra (1), José U. Castellanos(2) ,Juan Pablo Ortiz (3)

1, Universidad Nacional de Colombia, Colombia; 2, Universidad Nacional de Colombia, Colombia; 3, Universidad Cooperativa de Colombia

Las ingenierías y la industria 4.0

Introducción

El refrigerante R-600a es actualmente utilizado en refrigeración doméstica y es químicamente un hidrocarburo denominado isobutano[1]. Es utilizado como una alternativa a los refrigerantes fluoro carbonados debido al GWP(Global warming potential).[2]

El isobutano es un buen sustito ya que cuenta con buena eficiencia energética, aunque las condiciones de operación respecto al R134a cambian como su temperatura de ebullición de -26.5°C a -11.6°C[3].

Calor evaporador (W)	Calor condensador (W)	Potencia eléctrica compresor (W)	COP
108	132	99	1.3

Tabla 1: Características de nevera comercial de ciclo de vapor con isobutano R-600a.

La Red internacional para la investigación y docencia en energización rural y desarrollo sostenible-PRIDERAS realizaron investigaciones el enfriamiento de 6 litros de agua y de 6 litros de salmuera de NaCl al 5% observando el flujo de energía dentro de la recamara en estado estacionario con el ciclo de refrigeración activo permanentemente. Se estudió el cambio de fase de las sustancias donde se acumula la mayor energía. Se diseño y construyó un SCADA-DAQ implementado con hardware de National Instruments y software realizado con Python. Las condiciones de prueba fueron con temperatura de recamara de -6°C.

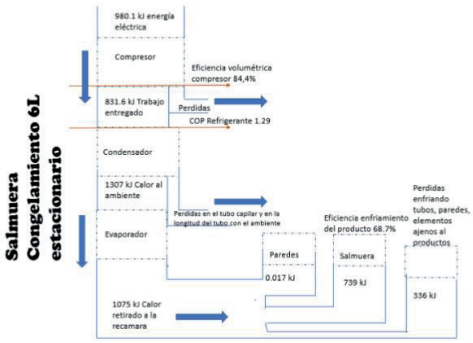


Figura 1. Diagramas de Sankey congelamiento de salmuera.

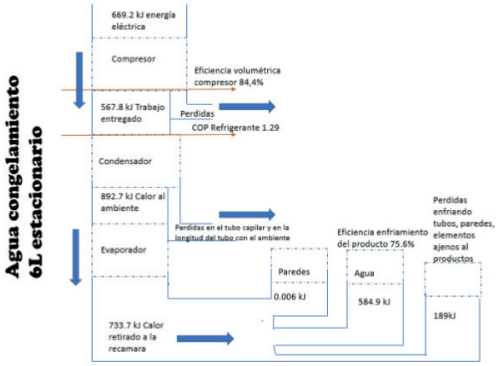


Figura 2. Diagramas de Sankey congelamiento de agua.

Fluido de almacenamiento	Energía almacenada	Tiempo de congelamiento	Eficiencia de almacenado
Hielo agua	584.9 kJ	2 hora 05 minutos	57.6 %
Salmuera congelada al 5%	739 kJ	2 horas 45 minutos	68.7%

Tabla 2: Resultados de prueba en congelador comercial de ciclo de vapor con isobutano R-600ª del cambio de fase de los fluidos.

Los resultados se presentan en diagramas de Sankey (fig 1 y 2) observándose un mayor almacenamiento y menores perdidas con el uso de salmueras.

Ecuaciones

Se utilizan la teoría de transferencia de calor para cambio de fase y caída de la temperatura dentro de una sustancia.[4]

$$E_{caida\ temperatura} = C_p m(T_{Final} - T_{inicial}) \quad (1)$$

$$E_{cambio\ de\ fase} = h_{fg} m \quad (2)$$

$$\eta = \frac{E_{almacenada}}{E_{suministrada}} \quad (3)$$

Referencias

[1] Lee Y. Su C. Experimental studies of isobutane(R600a) as the refrigerant in domestic refrigeration system. 11-2001.

[2]Rasti M. Aghamiri S. Hatamipour M. Energy efficiency enhancement of a domestic refrigerator

using R436a and R600a as alternative refrigerants to R134a. 12-07-2013.
[3] Danfoss. Aplicación práctica del refrigerante R600a isobutano en sistemas domésticos. Écnica. Información técnica.
[4] Cengel Y. Ghajar A. Transferencia de calor y masa. Mcgraw Hill. 2011.

COMPORTAMIENTO DE LA ADHESIÓN DE FIBRAS DE PLÁTANO Y COCO TRATADAS Y NO TRATADAS QUÍMICAMENTE EMBEBIDAS EN MATRICES TERMOPLÁSTICAS Y TERMOFIJAS

Ismael José Barrera Fajardo (1), Jimy Unfried Silgado (1)

1. Universidad de Córdoba, Colombia

Núcleo Temático: Diseño, Materiales y Procesos

Introducción

El continuo avance de la tecnología ha ocasionado aumentos significativos en la demanda de los recursos naturales, generando preocupaciones por la escasez de materiales y la conservación del medio ambiente, impulsando la exploración de nuevos materiales biodegradables, renovables y reciclables [G. Rajeshkumar et al, 2021]. Los polímeros son materiales versátiles que se utilizan en numerosas aplicaciones y sus propiedades como la rigidez y la resistencia pueden aumentarse mediante refuerzos fibras [A. Bartos et al, 2021]. Las fibras naturales cuentan con el potencial para actuar como sustitutos de fibras sintéticas debido a sus características como baja densidad, biodegradabilidad, naturaleza no corrosiva, abundante disponibilidad, no toxicidad y baja emisiones de carbono [U. K. Komal et al, 2020]. El departamento de Córdoba se caracteriza por tener una gran producción agroindustrial, por lo tanto, se estudiarán fibras provenientes de residuos agroindustriales de cultivos de plátano y coco, como posibles refuerzos de materiales compuestos con matriz polimérica usando los procesos de impresión 3D y moldeo por transferencia de resina (RTM).

Métodos

Se caracterizaron fibras del pseudotallo del plátano y del mesocarpio del coco, no tratadas y tratadas químicamente en una solución de NaOH al 5% y se aplicaron diferentes técnicas como espectrometría infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), análisis termogravimétrico (TGA), microscopia electrónica de barrido (SEM) y ensayos de tensión para establecer como afecta el tratamiento con álcali las propiedades físicas, química y mecánicas de las fibras. Además, se realizaron ensayos TGA, FTIR y de calorimetría diferencial de barrido (DSC) al ácido poliláctico (PLA), que hace las veces de la matriz de impresión 3D y a la resina de poliéster insaturada usada para el proceso de RTM. Para finalizar se realizaron ensayos de extracción de fibra (Pull-Out) de las fibras mercerizadas y sin mercerizar embebidas en las diferentes matrices, para determinar la influencia del tratamiento químico en la adhesión interfacial fibra-matriz.

Resultados

El tratamiento químico, genera modificaciones superficiales a las fibras y esto se refleja en la disminución en la media de los diámetros, además se evidencia en la micrografía la eliminación de impurezas y ceras de la superficie.

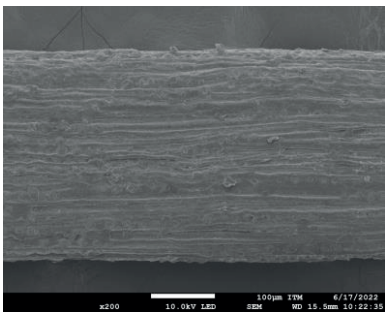


Figura 1: fibra de plátano mercerizada

El valor medio del esfuerzo último es superior en las fibras mercerizadas.

Discusión

El tratamiento con NaoH modifica las propiedades superficiales de las fibras naturales mejorando la adhesión interfacial, esto debido a que la eliminación de ceras e impurezas y la ruptura de enlaces de hidrógenos sensibles al álcali forman nuevos enlaces de hidrogeno reactivo reduciendo la tendencia a la absorción de agua de las fibras [U. S. Gupta et al, 2021].

Las fibras tratadas químicamente parecen estar más rugosas por efecto del mercerizado, mostrando una ligera separación, esto se debe a que la capa superficial en la solución química durante la fase de tratamiento se desfibrila promoviendo mejor enclavamiento mecánico [U. L. Ezeamaku et al, 2022].

Referencias

Bartos, A., Nagy, K., Anggono, J., Purwaningsih, H., Móczó, J., & Pukánszky, B. (2021). Biobased PLA/sugarcane bagasse fiber composites: Effect of fiber characteristics and interfacial adhesion on

properties. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 143, 106273.
Ezeamaku, U. L., Onukwuli, O. D., Ezeh, M. E., Eze, I. O., Odimegwu, N. E., & Agu, C. P. (2022). Experimental investigation on influence of selected chemical treatment on banana fibre. Industrial Crops and Products, 185, 115135.
Gupta, U. S., Dhamarikar, M., Dharkar, A., Chaturvedi, S., Tiwari, S., & Namdeo, R. (2021). Surface modification of banana fiber: a review. Materials Today: Proceedings, 43, 904-915.
Komal, U. K., Lila, M. K., & Singh, I. (2020). PLA/banana fiber based sustainable biocomposites: a manufacturing perspective. Composites Part B: Engineering, 180, 107535.
Rajeshkumar, G., Seshadri, S. A., Devnani, G. L., Sanjay, M. R., Siengchin, S., Maran, J. P., ... & Anuf, A. R. (2021). Environment friendly, renewable and sustainable poly lactic acid (PLA) based natural fiber reinforced composites–A comprehensive review. Journal of Cleaner Production, 310, 127483.

MODELADO DE ELEMENTOS FINITOS BASADO EN DATOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE VÉRTEBRAS PORCINAS

Cristian A. Hernández-Salazar (1), Octavio A. González-Estrada (1), Camilo E. Chamorro (1), Diego F. Villegas (1)

1.Universidad Industrial de Santander, Colombia

Biomecánica

Introducción

El análisis de elementos finitos (FEA) de los huesos se ha convertido en una gran herramienta para predecir el resultado de las prácticas *in vivo*. El estudio de los huesos porcinos, por su similitud con el ser humano, ha permitido obtener, actualizar y seleccionar herramientas tecnológicas que ayudan a identificar y tratar enfermedades y lesiones que pueden afectar al paciente [Zhu, 2019], [Li, 2019]. En este trabajo se analizan y comparan los datos experimentales obtenidos en las pruebas de compresión en las vértebras L3-L6 de porcino, con modelos numéricos desarrollados mediante radiómica y análisis por elementos.

Métodos

La radiómica de los tejidos óseos se realiza mediante la segmentación de imágenes médicas a partir de tomografías axiales computarizadas (TAC) para extraer las características del hueso. Esto permite definir un modelo material anisótropo para ser utilizado en el análisis FEA [Parra, 2019]. El modelo basado en datos se utiliza para caracterizar el comportamiento mecánico de los tejidos y evaluar el daño. En este trabajo realizamos ensayos de compresión con carga axial en vértebras porcinas para obtener las propiedades mecánicas y determinar las condiciones de carga, esfuerzos y deformaciones en el rango elástico. La segmentación ósea se realizó para reconstruir un modelo 3D de las vértebras [Busscher, 2010], [Argüello, 2019], y la escala Hounsfield (HU) de la tomografía computarizada se utilizó para estimar la densidad y el módulo elástico.

Resultados y discusión

La Tabla 1 muestra los módulos elásticos E obtenidos del modelo experimental, por elementos finitos y desviación estándar para las vértebras L3 a L6. Estos resultados se acercan a los estudiados en [Causa, 2002], donde el valor de desviación estándar es 6,03 con módulos entre 69 MPa y 81 MPa.

La metodología propuesta incluye la representación del comportamiento funcionalmente graduado del hueso, lo cual ayudará a obtener resultados médicos más precisos, utilizando modelos que servirán de referencia para el análisis numérico.

	L3	L4	L5	L6	σ
E experimental (MPa)	62,4	65,6	51,8	50,1	7,68
E FEM (MPa)	61,4	66,2	51,9	49,5	7,86
% comp.	1,57	0,87	0,13	1,09	1,58
Área (mm^2)	974,2	1039	1109	112	69,4

Tabla 1. Módulo elástico, desviación estándar (σ) y áreas de las vértebras L3, L4, L5 y L6 obtenidos en ensayos de compresión experimentales y por FEM.

Referencias

Argüello, D., *et al*. J. Phys. Conf. Ser., vol. 1386, p. 12113, 2019.

Busscher, I., *et al*. Eur. Spine J., vol. 19, no. 7, pp. 1104–1114, 2010.

Causa, F., Manto *et al*. J. Mater. Sci. Mater. Med., vol. 13, no. 12, pp. 1277–1280, 2002.

Li, Z,. *et al*. Comput. Methods Programs Biomed., vol. 188, pp. 28–32, 2019.

Parra, S. A. A., *et al*. Respuestas, vol. 24, no. 1, pp. 50–55, 2019.

Zhu, Z., *et al*. Int. J. Comput. Methods, vol. 16, no. 3, pp. 1–16, 2018.

CÁLCULO DE LA FRACCIÓN VOLUMÉTRICA DE LAS FASES ACEITE Y AGUA EN FLUJO BIFÁSICO AL INTERIOR DE TUBERÍAS HORIZONTALES APLICANDO LONG SHORT TERM MEMORY

Alejandro Carreño-Verdugo (1), Carlos Mauricio Ruiz-Diaz (2), Cristian A. Hernandez-Salazar (1), Marlon Mauricio Hernandez-Cely (3), Octavio Andres González-Estrada (1)

1.Universidad Industrial de Santander, Colombia; 2. Universidad de São Paulo (USP), Brasil; 3. Universidad Federal de Pelotas, Brasil

Las ingenierías y la industria 4.0

Introducción

Los flujos bifásicos líquido - líquido son un tema de gran impacto en el sector de la petroquímica, donde están presentes en la fase de producción y transporte de crudo y gas [Bikmukhametov, 2020]. Dados los nuevos retos traídos por la Industria 4.0, el uso de sistemas actualizados basados en la implementación de modelos de inteligencia artificial ha generado gran demanda en la industria del petróleo para estudiar los flujos bifásicos y su comportamiento en diferentes condiciones [Osundar, 2020]. En este trabajo se desarrolla un modelo de inteligencia artificial basado en la implementación de redes neuronales Long Short Term Memory (LSTM), que realiza el cálculo de la fracción volumétrica del aceite y agua en tubería horizontal, utilizando una base de datos construida previamente.

Métodos

La implementación de un modelo predictivo para el comportamiento de los flujos bifásico aceite y agua presentes en el interior de una tubería requiere de un procesamiento previo de los datos suministrados [Meribout, 2010]. A la base de datos presentada en [Ruiz, 2021] se le realizó un trabajo de procesamiento, donde se seleccionaron y normalizaron los datos que posteriormente ingresarían al modelo. La información procesada se entrega al modelo de red neuronal LSTM, donde es compilada y segmentada en los conjuntos de entrenamiento, prueba y validación. Se ajusta la red variando parámetros del modelo tales como número de neuronas, cantidad de capas ocultas, épocas, tamaños de lotes y tasas de aprendizaje [Ruiz, 2021], con esto se logró conocer la sensibilidad del sistema y así optimizar este proceso para el cálculo de la fracción volumétrica de los fluidos [Hernandez, 2022]. Tendiendo el modelo predictivo con resultados satisfactorios se procedió a obtener gráficos comparativos de la eficacia de predicción de la fracción volumétrica de aceite y agua presentes en tuberías de diferentes configuraciones geométricas.

Resultados y discusión

La Tabla 1 muestra las configuraciones del modelo de red neuronal LSTM con los que se obtuvieron las predicciones más satisfactorias, dados los parámetros principales como lo son el número de neuronas, cantidad de capas ocultas, épocas, tamaños de lotes y tasas de aprendizaje.
Se obtuvo un funcionamiento ideal del sistema, lo que da un punto de partida que permita realizar una optimización para una aplicación específica.

	No. N	C. O	Épocas	Lote	α
Red LSTM 1	100	2	150	80	0.6
Red LSTM 2	115	2	160	80	0.6
Red LSTM 2	120	2	200	100	0.5
Red LSTM 2	128	2	180	100	0.6

Tabla 1. Configuraciones de la red neuronal con resultados óptimos, dado el número de neuronas, cantidad de capas ocultas, épocas, tamaños de lotes y tasas de aprendizaje (α).

Referencias

Bikmukhametov, T., *et al*. Journal of Petroleum Science and Engineering (Vol. 184). Elsevier B.V. 2020.

Hernández-Cely, Marlon Mauricio, *et al*. Revista UIS Ingenierías, vol. 21, no. 2, pp. 155–164, 2022.

Meribout, M., *et al*. Flow Measurement and Instrumentation, 21(1), 8–19. 2010.

Osundare, O. S., et al. Energies, 13(17), 2020.

Ruiz-Diaz, C.M.,*et al*. (2021) *Journal of Physics: Conference Series*, 2046(1), 2021.

Ruiz-Diaz, C M, *et al.* Ciencia En Desarrollo, vol. 12, no. 2, 2021, pp. Ciencia en desarrollo, Vol.12 (2), 2021.

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN MULTIVARIABLE PARA LA CARACTERIZACIÓN DE UN ARIETE HIDRÁULICO

Rodrigo González-Chirinos, Santiago Flórez-Arango, Jose García-Montoya, Diego Penagos-Vásquez, Sebastián Vélez García

Departamento de Electromecánica, Instituto Tecnológico Metropolitano, Colombia

Núcleo Temático: Energías limpias y Energía hidráulica

Introducción

Actualmente se presenta una problemática al acceso y distribución de agua en las zonas rurales. Según [Lucero *et al*, 2018], se encontró mecanismos para abastecer del fluido hídrico zonas elevadas sin requerir de la adición de energía eléctrica, para condiciones donde no hay electricidad. Una alternativa es la bomba de ariete, que es un dispositivo diseñado para provocar reiteradamente el efecto "golpe de ariete", cuya energía se utiliza para impulsar agua a un nivel superior [Gallego *et al*, 2016]. En este sistema se pierde agua para compensar la elevación del fluido a un nivel mayor. Según la información recolectada de la literatura, gran parte de los desarrollos científicos se han realizado empíricamente, sin considerar la medición sensorial de variables físicas como la presión, el caudal e incluso la cantidad de golpes generados. Uno de los estudios evidenció la influencia en la modificación de parámetros constructivos tiene efecto en el rendimiento de la bomba [Quiroga *et al*, 2013]. El presente trabajo se enfocó en el desarrollo de un sistema de medición, que permitió caracterizar la operación de un ariete hidráulico, por medio de la implementación de sensores. Para ello, se seleccionaron las variables físicas a medir. Luego, se procedió con la selección de los sensores para la toma de datos. Finalmente, se diseñó e instaló un sistema capaz de recibir y transferir la información, por medio de un microcontrolador con interfaz gráfica. Para validar el desempeño del sistema, fueron realizadas pruebas experimentales con un prototipo, modificando la constante elástica del resorte de la válvula de impulso y el volumen del acumulador.

Metodología

Se implementaron sensores de presión, caudal, nivel y de pulsos. La presión se midió en la entrada y salida del flujo de la bomba, mientras que el caudal sólo se midió en la entrada. Los golpes del ariete fueron medidos en la válvula de impulso. La Tabla 1 muestra la designación de los sensores, mientras que la Figura 1 presenta un esquema del ariete, junto con la ubicación de los sensores. Con la finalidad analizar los datos proporcionados por los sensores, estos se procesaron para estudiar el desempeño del ariete, mediante dos variaciones constructivas: el volumen de acumulador y la constante elástica del resorte.

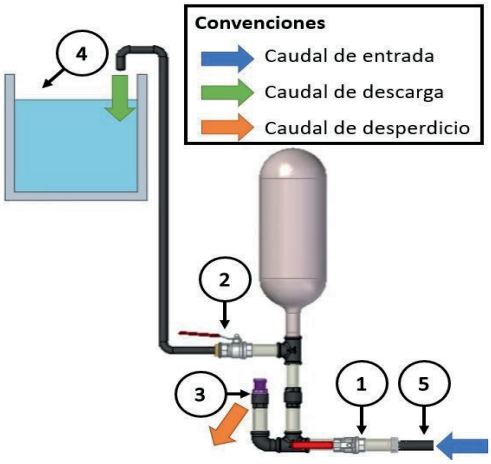


Figura 1: ubicación de los sensores en el esquema del ariete.

Indicador	Sensor
1	Presión, entrada ariete
2	Presión, salida ariete
3	Contador de golpes
4	Nivel
5	Caudalímetro

Tabla 1: Lista de sensores del ariete hidráulico.

Resultados

Mediante el sistema de medición implementado, se encontró que el incremento de la constante elástica del resorte implicaba en una reducción de la cantidad de golpes de ariete requeridos para elevar el fluido a una misma altura, con un rendimiento volumétrico del orden del 30%. Por otra parte, el incremento del volumen del acumulador solo tuvo incidencia en una entrega de caudal más constante en la descarga de la bomba.

Referencias

Lucero, R *et al*, Universidad Nacional, Reporte de tesis, 2018.

Quiroga-Méndez, J *et al*, Revista UIS Ingenierías 12(2), 29-34, 2013.

Rengifo *et al*, UTP, Reporte de tesis, 2016.

FOROMULACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO MULTIFUNCIONAL CON PROPIEDADES BIOACTIVAS PARA EL CONTROL DE INCRUSTACIONES MARINAS

Andrés Jaramillo (1), Luis Montoya (2), Ignacio Muñoz (2), Norberto Abreu (3), Gabriela Sanches-Sanhueza (2), Katherina Fernández (2) y Manuel Melendrez (2)

1. Universidad de Córdoba, Colombia; 2. Universidad de Concepción, Chile; 3. Universidad de La Frontera, Chile.

Núcleo Temático: Diseño, Materiales y Procesos

Introducción

Las bio-incrustaciones o bio-fouling se ha convertido en un problema mundial grave para las infraestructuras marinas [D. M. Yebra, 2004]. Una de las principales consecuencias es el aumento del consumo de combustible debido al aumento de fricción del casco del barco con el agua. Aparte de esto, podrían aparecer otros problemas tales como: biocorrosión; bloqueo de tuberías y sistemas de filtración en diferentes industrias; deterioro de jaulas en piscicultura; la formación de incrustaciones en los sistemas de refrigeración por agua de plataformas marítimas, el aumento de peso de estas estructuras, etc. [M. Camps, 2011]. Entre las medidas tomadas hasta ahora para resolver los problemas mencionados anteriormente, se ha demostrado que el uso de recubrimientos antifouling basado en el uso de biocidas es el método más adecuado en las industrias marítimas modernas. Sin embargo, existe una gran preocupación acerca de los biocidas comúnmente utilizados en los sistemas de protección antifouling comerciales debido a la alta concentración y el daño potencial que podrían causar a los organismos marinos [M. Camps, 2011]. El reemplazo de estos biocidas por otros más amigables con el medio ambiente es un tema de gran interés. A partir de la anterior, en esta investigación se desarrolló un recubrimiento multifuncional con propiedades hidrofóbicas y antifouling empleando un biocida de fuente natural y nanopartículas de óxido de cobre (CuO-NPs) soportadas sobre zeolitas sintéticas con el propósito de potenciar la protección de un acero estructural.

Métodos

El propósito de desarrollar un recubrimiento antifouling o antiincrustante se basó en el hecho de utilizar compuestos amigables con el ambiente (capsaicina) como agentes biocidas de origen natural y un sistema de liberación de iones mediante la implementación de nanotecnologías integradoras. Para eso se sintetizaron in situ a través de métodos húmedos de intercambio iónico nanopartículas de óxido de cobre soportadas en zeolita sintéticas ZSM-5 junto con la capsaicina (CPS). Luego de la síntesis, estos materiales se incorporaron en una formulación de un recubrimiento base solvente de dos componentes. Se estableció un diseño experimental en el que se varió la concentración del aditivo biocida (8 y 10 %P/P) y sus posibles combinaciones (ZSM-5, ZSM-5+CuO-NPs, CPS, ZSM-5+CuO-NPs+CPS) además el espesor de película seca. La síntesis y la reacción de soporte se caracterizó por medio de técnicas espectroscópica, porosimetría, microscópicas y análisis térmico. De la misma manera se verificó el efecto biocida y de inhibición del recubrimiento antiincrustante con tres cepas marinas al igual que las propiedades hidrofóbicas, anticorrosivas y propiedades mecánica de película del recubrimiento. Todas estas evaluaciones de película se llevaron a cabo a tiempo 0 y posteriormente a los 30 días de estar sumergidas en agua de mar en una estación de monitoreo controlada. El desempeño del recubrimiento formulado se comparó con las propiedades obtenidas de un recubrimiento antiincrustante comercial

Resultados y Discusión

Los resultados más relevantes de esta investigación detallan que los recubrimientos formulados presentaron propiedades mecánicas de película aceptables dentro del rango de valores establecidos por la industria. Asimismo, ángulos de contacto entre 80° y 100°. En cuanto al desempeño de las propiedades antifouling se pudo apreciar una mayor protección para los recubrimientos con los aditivos que tenían incorporado Cu-NPs, siendo la concentración de 10 %P/P la que tuvo mayor eficiencia. Con respecto a la evaluación de las propiedades anticorrosivas a partir de técnicas electroquímica, se pudo establecer un mecanismo de protección por efecto barrera de la película del recubrimiento.

Referencias

D. M. Yebra *et al*, Prog. Org. Coatings, 50: 75-104, 2004.

M. Camps *et al*, Mar. Pollut. Bull. 62: 1032–1040, 2011.

EFECTO DEL USO DE MEZCLAS ISOBUTANOL/GASOLINA EN UN VEHICULO OPERANDO BAJO CICLO DE CONDUCCIÓN WLTC

Sergio Herrera, Anderson Gallego, Yuhan Lenis.

Grupo de Investigación e Innovación en Energías (S-GIIEN), Institución Universitaria Pascual bravo, Calle 73 No 73ª-226, Medellín, Colombia.

Núcleo Temático: Energías del Futuro

Resumen

El uso de bio-alcoholes en motores de combustión interna se presenta como una alternativa de alto potencial para disminuir la dependencia energética de los combustibles de origen fósil y su impacto ambiental. Entre estos combustibles renovables, el etanol ha sido el más considerado en aplicaciones de automoción, principalmente por razones asociadas a su costo de fabricación. No obstante, desde el punto de vista de la combustión, alcoholes como el iso-butanol, vienen ganando interés, debido a que varias de propiedades son cuantitativamente mejores que las del etanol, entre ellas se destaca el PCI, el cual es un 17.8% más alto que el del etanol [Tian, Zhen, 2020]. Pese a la importancia de estudios que permitan establecer el desempeño de un motor usando iso-buanol, los estudios en este campo son limitados y se restringen al régimen de estado estable, lo que claramente no es representativo de la operación típica de los motores.

Considerando dicho problema en el presente estudio se analiza el desempeño ambiental de un vehículo LOGAN 1.6 operado con gasolina comercial (E10) y con mezclas de iso-butanol al 10 y 20% Vol. Estas últimas denominadas B10 y B20 respectivamente. Dichos estudios se realizaron siguiendo el ciclo de conducción europeo WLTC en un banco de rodillo. Durante las pruebas se mide par motor, Potencia, consumo de combustible y emisiones de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2) e hidrocarburos (HC). Las emisiones contaminantes son medidas antes y después del catalizador. Cada modo de operación se midió 4 veces buscando dar confiabilidad a los resultados. Partiendo de dichas mediciones se estiman los principales parámetros de desempeño energético y ambiental del vehículo.

De acuerdo con los resultados, el uso de B10 y B20 aumentaron la autonomía del vehículo, pasando de $13 \pm 0.3\ km/L$ con gasolina, $13.2 \pm 0.3\ km/L$ y $13.6 \pm 0{,}2\ km/gal$ cuando se usa B10 y B20 respectivamente. Este resultado se atribuye a la oxigenación del combustible y a la mejora en algunas de sus propiedades, lo que contrarresta la disminución del PCI. Por su parte, los índices de emisión antes de catalizador, presentaron una tendencia generalizada a disminuir con el uso de alcohol. Para CO se alcanzaron disminuciones alrededor de 3.2 y 8.8% para B10 y B20 respectivamente. Los HCs presentan un tendencia similar. Congruente con los anteriores resultados se notó un ligero aumento en CO_2, que se atribuye a una combustión más completa, sin embargo, es de anotar que, parte de esta emisión proviene del biocombustible. Como era de esperarse, los resultados después del catalizador exhiben una tendencia comparable a la obtenida antes del mismo. Los anterior permite inferir que la vida útil del catalizador no se verá afectada con la adición del iso-butanol en la gasolina. Vale la pena destacar que el conductor en el ciclo reporta una mejor respuesta del vehículo ante aceleraciones súbitas.

Tablas y Figuras

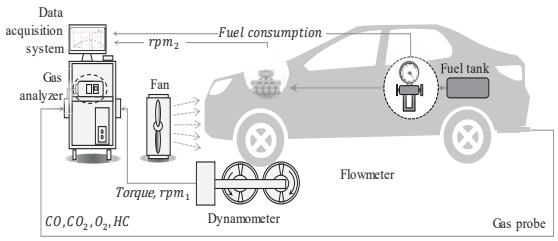


Figura 1: montaje Renault logan 1.6 en dinamómetro mustang MD-150

Referencias

Tian, Zhen, Wang, Liu, & Li, Comparative study on combustion and emission characteristics of methanol, ethanol and butanol fuel in TISI engine. Fuel, 2020.

MANUFACTURA DE ÁLABES PARA TURBINAS HIDROCINÉTICAS TIPO H-DARRIEUS CON DIFERENTES MATERIALES

Juliana Vargas

Grupo de investigación Materiales y Energía MATyER, Departamento de Ingeniería Mecatrónica, Instituto Tecnológico Metropolitano ITM, Colombia

Diseño, materiales y Procesos

Palabras clave: fabricación, tiempo, costo, fresado, impresión 3D

Introducción

Las turbinas hidrocinéticas(THC) son consideradas como una opción viable y de bajo impacto ambiental [Yuce, 2015]. Su es funcionamiento permanente si siempre tiene un flujo de agua, además son de fácil mantenimiento [Furukawa, 2010].

Entre las THC, se encuentran las turbinas hidrocinéticas tipo H-Darrieus(THHD). En estas el material de los álabes juega un papel fundamental en su rendimiento, por lo cual el análisis de los materiales y sus propiedades mecánicas y químicas son un factor muy importante en el diseño.

El objetivo de este estudio, es analizar distintos materiales y procesos de manufactura de álabes para turbinas hidrocinéticas tipo H-Darrieus, haciendo uso del perfil simétrico NACA 0018, teniendo en cuenta los tiempos y los costos en su fabricación.

Metodología

Los álabes de las THHD típicamente están sometidos a fuerzas de manera unidireccional y multidireccional que se distribuyen y se localizan en diferentes zonas del alabe.

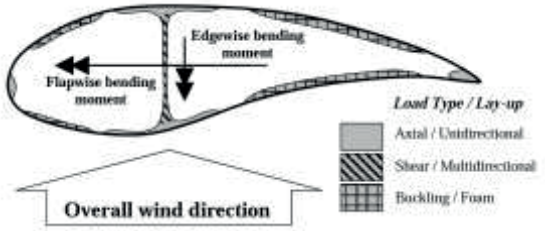


Figura 1: Sección transversal de un álabe y sus esfuerzos típicos. [Nijssen, 2007].,

Las THHD normalmente están sumergidas en agua, para su diseño se debe tener presente parámetros como la flotabilidad, sanidad del agua, temperatura y la corrosión. Incluir estos factores lleva a evaluar y analizar los materiales y su fabricación para su aplicación. Inicialmente se usaba metales para la fabricación de los álabes, pero por los perfiles su manufactura resulto ser costosa [Motley, 2009]. Actualmente se estudian materiales compuestos debido a que presentan características positivas como el peso, la flexibilidad y la resistencia a la corrosión.

Se calcularon los tiempos de manufactura en fresadora CNC de un alabe de perfil NACA 0018 en distintos materiales. También se calculó el tiempo que toma hacer la impresión 3D del mismo perfil en ácido poli láctico(PLA) y acrilonitrilo butadieno estireno(ABS). Para finalmente con cada proceso de manufactura y material estimar el costo total que equivaldría hacer este perfil.

Resultados

Se centró en la combinación de materiales y procesos de manufactura para la fabricación de álabes en las THHD. Para identificar cual método y material es más conveniente fue necesario realizar simulaciones o experimentos que permitan analizar la respuesta de los materiales antes las condiciones de trabajo que influyen en el rendimiento de las turbinas.

Referencias

Furukawa, S. Watanabe, D. Matsushita, and K. Okuma, “Development of ducted Darrieus turbine for low head hydropower utilization,” Curr. Appl. Phys., vol. 10, no. 2 SUPPL., pp. S128–S132, 2010, doi: 10.1016/j.cap.2009.11.005.

M. R. Motley, Z. Liu, and Y. L. Young, “Utilizing fluid-structure interactions to improve energy efficiency of composite marine propellers in spatially varying wake,” Compos. Struct., vol. 90, no. 3, pp. 304–313, Oct. 2009, doi: 10.1016/j.compstruct.2009.03.011.

M. I. Yuce and A. Muratoglu, “Hydrokinetic energy conversion systems: A technology status review,” Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 43. Elsevier Ltd, pp. 72–82, 01-Mar-2015, doi: 10.1016/j.rser.2014.10.037.

R. P. L. Nijssen, “Fatigue Life Prediction and Strength Degradation of Wind Turbine Rotor Blade Composites,” 2007.

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA TURBINA HIDROCINETICA DARRIEUS CON ABERTURAS CIRCULARES EN ÁLABES ASIMÉTRICOS

Mateo Arrieta[1], Angie Guevara[1], Diego Hincapié[1]

1. Departamento de Ingeniería Mecatrónica, Instituto Tecnológico Metropolitano, Colombia

Energías y medio ambiente, Ingeniería Mecatrónica

Introducción

Las tecnologías de producción de energía renovables hidráulica se destacan por su baja contaminación al medio ambiente y por la disponibilidad de recursos naturales que posee Colombia [1], para ser convertidos en energía eléctrica. Estas tecnologías son una solución energética para las Zonas No Interconectadas (ZNI) las cuales suelen ser zonas de difícil acceso [2]. La instalación de estas tecnologías se ve frustrada por requerir infraestructuras civiles complejas de llevar a cabo en estas zonas, por lo tanto, las opciones de soluciones energéticas se limita a tecnologías de producción de energías renovables no convencionales, gracias a sus bajos costos y facilidad de instalación [3], como la turbina hidrocinética H–Darrieus, la cual no requiere de infraestructuras civiles tales como presas o canales de agua debido a que opera con la corriente natural del río [4], no obstante, esta turbina presenta bajas eficiencias. A causa de lo anterior, múltiples investigaciones se han enfocado en mejorar la eficiencia, se ha encontrado que al realizar modificaciones geométricas en los álabes de la turbina se pueden notar afectaciones en la eficiencia [5-7], como en el estudio de Yousefi Roshan et al. una abertura circular en la superficie superior de los álabes logra aumentar hasta en un 18% la eficiencia de las turbinas H-Darrieus [6]. Con base a lo anterior el presente trabajo tiene el objetivo de evaluar mediante dinámica de fluidos computacionales (CFD) el impacto que tiene una abertura circular en álabes tipo NACA en la eficiencia de la turbina H Darrieus.

Palabras clave: Eficiencia, CFD, H Darrieus, Ansys.

Método

La investigación fue llevada a cabo en los diferentes módulos del software ANSYS 2022.2 ®. Se seleccionaron los perfiles NACA 0018 y 4415 para realizarles modificaciones geométricas, véase la Figura 1 y 2, se configuraron 4 modelos, dos estándares y dos modificados. Las dimensiones de la abertura circular serán las mismas para el álabe simétrico y asimétrico.

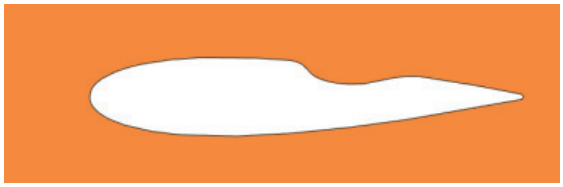


Figura 1: Diseño del caso NACA 0018

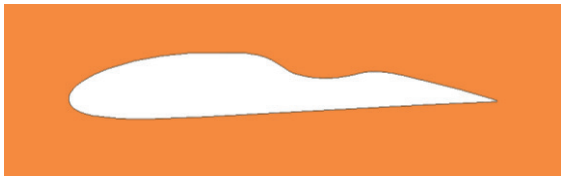


Figura 2: Diseño del caso NACA 4415

La discretización de los dominios se hizo en 2D en el módulo de mallado ICEM CFD (Véase la Figura 3). Se definió una velocidad del fluido de 1 m/s en la entrada del sistema y se usa el modelo de turbulencia k-ε realizable. Los parámetros evaluados son el coeficiente de momento y de potencia de la turbina.

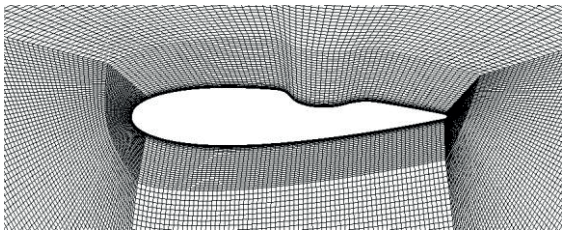
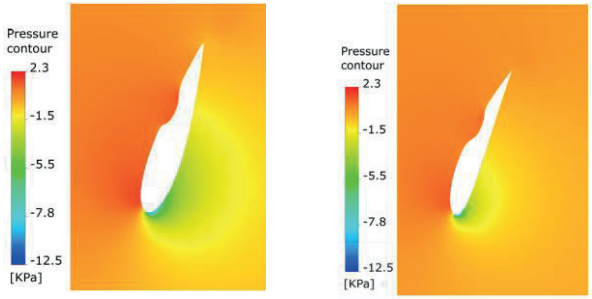


Figura 3: Discretización del álabe simétrico (NACA 0018)

Resultados

De acuerdo con los resultados, los casos estándar NACA 0018 y NACA 4415 poseen una eficiencia de 42% y 47% respectivamente. Asimismo, los casos con modificaciones NACA 0018 y NACA 4415 presentaron un rendimiento de 51.88% y 56.32% respectivamente, esto se debe a magnitud de diferencia de presión entre la superficie superior e inferior del alabe, la cual es mayor el caso NACA 4415 con modificaciones. La Figura 4 presenta el contorno de presión para los casos NACA 0018 y 4415 con modificaciones.



a) *b)*

Figura 4: Contornos de presión de a) álabe simétrico b) álabe asimétrico

Referencias

[1] IDEAM. (2011). Informe del estado del medio ambiente y de los recursos naturales renovables 2010.

[2] Dyner, I., Alvarez, C., & Cherni, J. (2005). Energy Contribution to Sustainable Rural Livelihoods in Developing Countries: A System Dynamics Approach.

[3] Vargas, J. A., Clavijo, F. V., & Torres Gómez, C. (2016). "Desarrollo del prototipo de un hidrogenerador eléctrico como alternativa de generación de energía limpia en zonas rurales".

[4] Kirke, B. (2020). "Hydrokinetic turbines for moderate sized rivers". *Energy for Sustainable Development*

[5] Mohamed, O. S., Ibrahim, A. A., Etman, A. K., Abdelfatah, A. A., & Elbaz, A. M. R. (2020). Numerical investigation of Darrieus wind turbine with slotted airfoil blades. Energy Conversion and Management

[6] Beyhaghi, S., & Amano, R. S. (2017). Improvement of Aerodynamic Performance of Cambered Airfoils Using Leading-Edge Slots. Journal of Energy Resources Technology

[7] Yousefi Roshan, M., Khaleghinia, J., Eshagh Nimvari, M., & Salarian, H. (2021). "Performance improvement of Darrieus wind turbine using different cavity layouts". *Energy Conversion and Management*

CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE UNA TURBINA HIDRÁULICA DE VÓRTICE GRAVITACIONAL

Laura Velásquez (1), Edwin Chica (1)

1. Grupo de Energía Alternativa, Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Calle 70 No 52-21, Medellín, Colombia.

Núcleo Temático: Energías del futuro

Introducción

Hoy, la tendencia global se centra en la descarbonización y el uso de energías renovable para producir electricidad. Como energías renovables encontramos la energía solar y eólica, las centrales oceánicas, geotérmicas y de biomasa, las centrales hidráulicas y los sistemas hidrocinéticos. En la actualidad, la matriz de generación de energía eléctrica de Colombia está basada en un 68% en el recurso hídrico. Si bien el uso de la fuerza del agua para la generación de electricidad es utilizado en el mundo desde hace ya muchos años; a gran escala esta fuente de energía tiene un campo de expansión limitado; en los países en desarrollo los grandes proyectos pueden chocar con obstáculos de carácter financiero, ambiental y social. Como una opción, se han desarrollado instalaciones de menor capacidad denominadas Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH) las cuales pueden aprovechar los bajos caudales de los ríos con captaciones laterales o a filo de agua sin la necesidad de crear grandes embalses, conservando así los caudales ecológicos y limitando los efectos medioambientales de grandes obras civiles. A las turbinas convencionales para generación (Pelton, Kaplan y Francis) se han sumado nuevas turbinas, que por sus características de diseño pueden ser instaladas en lugares donde las turbinas convencionales no podrían operar o lo hacen a muy baja eficiencia. Una de esas nuevas turbinas son las turbinas de vórtice gravitacional (TVG). Una TVG es una turbina de baja carga hidráulica que extrae energía de un vórtice de agua inducido artificialmente en una cámara de circulación cónica [Timilsina, 2018]. Con una eficiencia promedio de 52%, las TVGs aún cuentan con eficiencias inferiores a las que reportan los sistemas convencionales de generación, por los tanto se plantea en este trabajo un estudio de optimización de una TVG.

Métodos

A través de la metodología por superficie de respuesta, se han optimizado los componentes principales de la TVG: canal de entrada, cámara de circulación y rodete. Este método de optimización explora la relación entre un grupo factores independientes y su efecto combinado en una respuesta [Şenaras, A. E., 2019]. Para la optimización de la turbina se seleccionaron 9 parámetros independiente (d/D, H/D, h/D, w/D, L/d, γ, D_b/D, n y p=k/H) y la eficiencia de generación (η) como variable respuesta. n es el número de álabes del rodete y D_b es el diámetro medio de los álabes. La geometría base seleccionada para la optimización se muestra en la Figura 1.

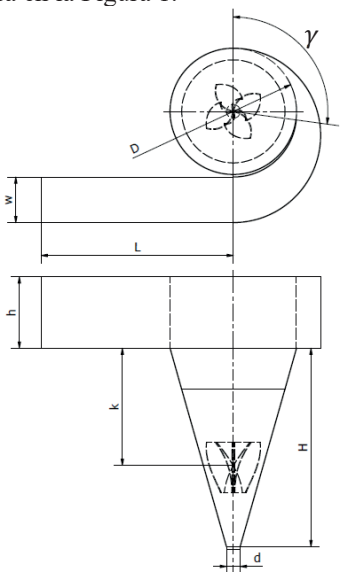


Figura 1: Geometría base.

Resultados

Los valores de las variables independientes que dan la mayor eficiencia (65.2%) fueron d/D=0.167, H/D=1.840, w/D=0.2, h/D=0.599, L/D=0.500, γ=179.976 °, D_b/D = 0.45, n = 6 y p=0.6 [Velásquez, 2022]. La Figura 2 muestra la relación entre dos de las variables independientes y su influencia en la eficiencia.

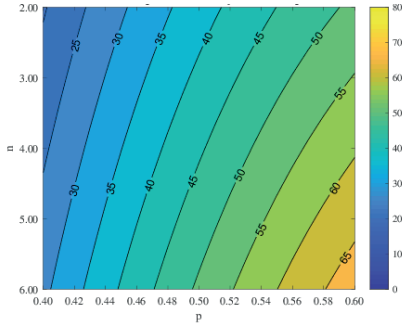


Figura 2: Gráficas de contorno de la superficie de respuesta para la interacción de D_b/D y n.

Discusión

Como los parámetros utilizados en la optimización son adimensionales, los resultados se pueden escalar para construir turbinas más grandes o pequeñas según las características como caudal y cabeza del sitio de instalación.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero de la convocatoria No. 890 de 2020 “Convocatoria para el fortalecimiento de CTeI en Instituciones de Educación de Educación Superior (IES) Públicas 2020” (Contrato No. 2022-0453).

Referencias

A.B. Timilsina *et al,* Clean Technologies and Environmental Policy, 2018.
Şenaras, A. E. In Sustainable Engineering Products and Manufacturing Technologies, 2019.
Velásquez, L. *et al*, Renewable Energy, 2022.

APLICACIÓN DE ALGORITMOS INTERACTIVOS A SISTEMAS DINÁMICOS DE CONTROL

Jhon Nicolás Solorza Domínguez (1), Luini Leonardo Hurtado Cortés (2)

1. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia 2. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

Núcleo Temático: Educación en ingeniería

Introducción

Un algoritmo son saberes direccionados e instruidos donde su característica principal es la resolución de problemas por medio de secuencias que están claramente ordenas, donde en algunos casos están regidos bajo otras normas o parámetros y para que se dé un correcto funcionamiento se necesita cumplir a cabalidad procesos anteriores, ahora bien, el manejo de un algoritmo interactivo será una nueva forma de ver los algoritmos y de ejecutarlos. Con este algoritmo interactivo se busca es que con cualquier modificación en algunos de los parámetros se ocasionaran cambios significativos dentro del algoritmo facilitando de una u otra manera el funcionamiento del mismo y que, como consecuencia se busca que éste sea más sencillo de ejecutar y de recordar.

Las metodologías de enseñanza se han venido reinventado a través de los años y de los sucesos que marcan el diario vivir, podemos decir entonces, que la enseñanza y el contenido temático varía con el tiempo, de igual manera sucede con los sistemas de control y su aplicación en la vida misma, anteriormente la solución de estos sistemas sin importar su naturaleza era resuelto con algoritmos complejos de entender y solo desarrollados por profesionales que entendían el concepto [Orlando Regalón Anias et al., 2012], sin embargo, la propuesta que se hace es para generar todo lo contrario involucrando de manera directa textos que pueden servir como guía de instrucción, imágenes que complementen mejor el contenido o hipervínculos entre muchas otras herramientas que serán lo que complemente el algoritmo, dando una buena solución, con mejor capacidad receptiva para los lectores y sin tantos tecnicismos. Se hará la demostración directa con 3 ejemplos comunes de sistemas de control para demostrar la eficacia explicada.

Palabras clave

Metodologías, secuencias, enseñanza, procesos, tiempo

Métodos

Los problemas de sistemas de control tienden hacer muy similares entre sí y pueden ser extrapolables, esto significa que, se pueden aplicar en distintas áreas dentro de cualquier conocimiento, no es necesario que esté dentro de la ingeniería. Los ejemplos escogidos se desarrollarán con el algoritmo interactivo anteriormente descrito y con la herramienta de [MathWorks®, 2022] Live Editor de Matlab, esta nueva herramienta se ha venido actualizando de manera constante siempre con buenas mejoras y aciertos, en su interfaz nos mostrará 2 ventanas de forma vertical, una mostrara la parte del código, el texto, la inserción de imágenes, hipervínculos etc. y la otra ventana nos mostrara el compilado del código. ¿La novedad? No hay necesidad de estar ejecutando el código de manera iterativa para poder ver los resultados parciales del mismo, esta interfaz garantizará un aprendizaje moderno y sencillo, la reducción en tiempos, entre muchas otras ventajas.

Los problemas escogidos para la representación de estos algoritmos interactivos son aquellos con los que se han encontrado más similitud a la hora de replicar y reproducirlos dentro de cualquier área sin importar que no sean propios de la ingeniería específicamente sistemas de control y control dinámico, a su vez el programa nos da la facilidad de replicar el problema de forma gráfica, con mapas, diagramas de flujo y la representación misma del componente a utilizar, este último se podrá ubicar de manera individual lo que será un plus a la hora de mostrar y enseñar el algoritmo. Finalmente existe la posibilidad de generar un documento extraíble de la solución del problema para una posible distribución de fácil y libre acceso.

Resultados

El estudio realizado demostró que con la aplicación de estos nuevos algoritmos interactivos la recepción de conocimiento y el apropiamiento del mismo incremento significativamente en las personas que recibían tanto los documentos extraíbles, como el archivo en extensión de Matlab Live Editor, la

formulación de los problemas y las ecuaciones involucrados en ellos se entendieron de mejor manera dando paso para que las personas, primero, no sintieran algún tipo de frustración y segundo que ellos también tuvieran la oportunidad de modificar parámetros para que aprendieran como cambian los resultados del sistema variando de manera directa, por ejemplo, el valor de alguna constante o de un parámetro, esto con la intención de que los aprendices se dieran cuenta de manera autónoma el funcionamiento del mismo y no solo se queden con lo expuesto.

Referencias

Regalón Anias, O., Rodríguez Diez, V., Diez Rodríguez, M., & Báez Prieto, R. (2012). Aplicación de algoritmos de control clásico, adaptable y robusto a sistemas dinámicos de parámetros variables. Ingeniería Energética, XXXIII(3),184-195.[fecha de Consulta 25 de Octubre de 2022]. ISSN: Recuperado de: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=329127751002

Mathworks®, Live Editor Task Development Overview, En: https://la.mathworks.com/help/matlab/creating_guis/live-task-development-overview.html, 2022

OPTIMIZACIÓN DE LA CÁMARA RESONANTE DE OLA DE UNA COLUMNA OSCILANTE DE AGUA

Edwin Lenin Chica Arrieta[1], Juan David Parra Quintero[1], Ainhoa Rubio-Clemente[1],

1. Grupo de Investigación Energía Alternativa (GEA), Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Calle 70 N° 52-21, Medellín 050010, Colombia.

Núcleo Temático: Energías del futuro

Introducción

Las columnas de agua oscilante constan de una estructura parcialmente sumergida hueca por la parte de abajo (cámara resonante de ola) dentro de la cual hay una cámara de aire por debajo del nivel del mar. El movimiento del olaje se traduce en presión sobre el aire situado en el interior de la cámara, que se expansiona y comprime accionando una turbina Wells que a su vez acciona un generador eléctrico [Wang 2022. En este trabajo usando la metodología de superficie de respuesta y la dinámica de fluido computacional se presenta la optimización de una cámara resonante de ola que se adapte a las condiciones del oleaje de las zonas costeras de Colombia y pueda ser usada para la diversificación de la matriz energética.

Métodos

A través de la metodología de superficie de respuesta y usando la dinámica de fluido computacional con el método de volumen de fluido (VOF) se ha optimizado la cámara resonante de ola en función de 4 parámetros geométricos (h1/a, b2/a, α, d/b2) de la cámara mostrados en la Figura 1. La olas que ingresan a la cámara resonante pueden ser caracterizadas bajo parámetros como altura (H), periodo (T), longitud (λ) y amplitud (A) de onda, así como, la elevación de la superficie libre de agua (η) y la profundidad en la cual se propagan las olas (a) [Theodoro 2021]. Teniendo en cuenta las condiciones del oleaje del Oceano Pacifico Colombiano reportadas por Portilla et al. [Portilla 2015], se realizó el dimensionamiento de un canal de olas a escala de laboratorio capaz de reproducir el comprotamiento hidrodinámico de las olas. Para el proceso de simulación se usaron las siguientes caracteristicas del frende de hola H=0.02, λ=1.47 m y a=0.225 m que corresponden a un escalamiento hidrodinámico de la ola 1:50.

Los valores de L, θ, f, fueron definidos como 1.47 m, 21.8° y 0.65a respectivamente. La variable respuesta fue el rendimiento de la cámara resonante (ε) que puede ser evaluado mediante la relación que existe entre la potencia de ola incidente Pinc y la potencia neumática media que se obtiene a la salida del dispositivo (Pout), tal como lo define [Alfonso 2022]. Pinc y *Pout* fueron calculados a partir del análisis de resultados de la simulación 2D del dominio computacional mostrado en la Figura 1 empleando el software Ansys Fluent.

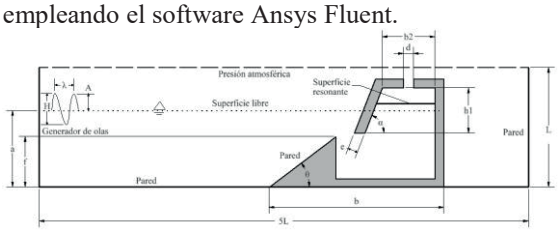


Figura 1: Dominio computacional y geometría de la cámara resonante de ola.

Resultados

Los valores de las variables independientes que dan la mayor eficiencia (67.005%) fueron 0.670, 0.779, 0.446, 89.389, 0.086 para los parámetros h1/a, b2/a, α, d/b2 respectivamente.

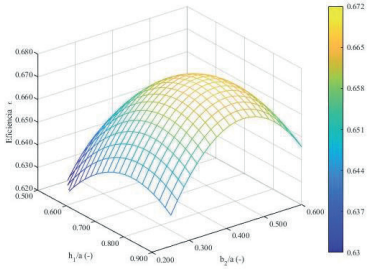


Figura 2. Superficie de respuesta

Discusión

Como los parámetros utilizados en la optimización son adimensionales, los resultados se pueden escalar para construir una cámara resonante de ola más grandes o pequeñas según las características de las olas del sitio de instalación.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero de la convocatoria No. 890 de 2020 “Convocatoria para el fortalecimiento de CTeI en Instituciones de Educación de Educación Superior (IES) Públicas 2020” (Contrato No. 2022-0452).

Referencias

C. Wang *et al*. Renew. Energy, 184:100-114, 2022.
Y. Theodoro *et al*. Appl. Sci. 11(18):8630, 2021.
J. Portilla *et al*. Ocean Model., 92:149–168, 2015.
A. Alfonso *et al*. Energies, 15(7): 1–26, 2022.

ANÁLISIS DE UNA PLANTA BRAYTON SOLAR HIBRIDA MULTIETAPAS A PARTIR DE UN MODELO ENERGÉTICO Y EXERGÉTICO.

Faustino Moreno-Gamboa (1), Cesar Nieto-Londoño (2)

1. Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia; 2. Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia

Núcleo Temático: Energías de Futuro (Energías limpias)

Resumen

En la actualidad hay mucho interés en los sistemas solares de concentración aplicados a plantas térmicas. En este trabajo se presenta la evaluación de diferentes configuraciones de plantas solares hibridas de ciclo Brayton, a partir, de un modelo con un número arbitrario de etapas de compresión (N_c) y enfriamientos intermedios. Adicionalmente el sistema puede contar con un número arbitrario de etapas de expansión (N_t) y recalentamientos intermedios (Moreno, 2021). En la Figura 1(a) se pueden observar el esquema de la planta y el sistema de concentración solar y la cámara de combustión principal.

En el modelo desarrollado se tienen en cuenta las irreversibilidades del campo de heliostatos, las pérdidas de calor de calor en el receptor. Las N_t turbinas y N_c compresores se evalúan a partir de sus eficiencias isentrópicas. Los intercambiadores de calor y el regenerador se valoran por su efectividad. Para estimar la radiación solar directa que ingresa al sistema de concentración solar se acopla el modelo Daily Integration Approach presentado por Gueymard (Gueymard, 2000). Lo anterior permite, no solo evaluar una planta en diferentes configuraciones de compresión y expansión. También, permite evaluar el sistema en diferentes lugares y días del año, debido a que es posible utilizar las condiciones ambientales del lugar. Todo el modelo integrado se procesó en un compilador Dymola con leguaje Modelica para el día 20 de julio en la ciudad de Barraquilla, Colombia (Moreno, 2022).

En la Figura 1(b) se presenta la evolución de la eficiencia global para diferentes configuraciones de planta, se observa que la configuración con dos compresores y dos turbinas presenta la mayor eficiencia, debido a su mayor capacidad de generar potencia. También se observa la perdida de eficiencia cuando existe aporte energético del sistema de concentración solar. En la Figura 1(c) se puede observar que las configuraciones con dos etapas de expansión (N_t: 2), son las configuraciones con mayor destrucción de exergía debido al consumo de combustible en los recalentadores. El aporte solar también aumenta la destrucción de exergía.

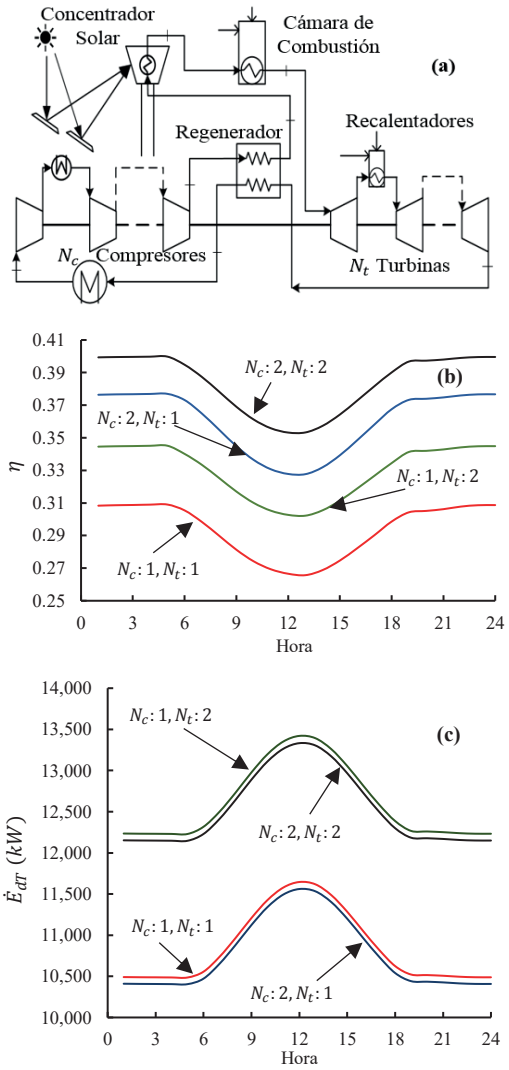


Figura 1: Esquema del sistema (a), Eficiencia global (b), Destrucción total de exergía (c).

Referencias

Moreno *et al*, Hybrid Brayton Multi-Stage Concentrated Solar Power Plant, J Energy Resource Technology ASME, 143(6):062108, 2021.

Moreno *et al*, Alternatives to improved Performance and Operation a Hybrid Solar Thermal Plant, J Sustainability, 14(15):9479, 2022.

INFLUENCIA DEL GRAFITO EN EL COMPORTAMIENTO ELECTROQUÍMICO DEL ALUMINIO

Carlos Pino (1), Adriana Esguerra (2), Johanna Esguerra (2)

1. Ingeniería Mecánica, Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Colombia. 2. Ingeniería Industrial, Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Colombia

Núcleo Temático: Diseño, Materiales y Procesos

Introducción

Las aleaciones de aluminio son ampliamente utilizadas en la industria por su relación entre resistencia mecánica y peso, además de su ductilidad, durabilidad y resistencia a la corrosión [Krishnan, 2019]. Un foco de estudio se basa en la inclusión de partículas dentro de la estructura del aluminio (AMMCs – Aluminium Metal Matrix Composites) dado que, cuando se genera una aleación con pocos defectos, se exhibe una mejora directa en las propiedades mecánicas y químicas del material [Sharath, 2021], especialmente con inclusiones de partículas no metálicas [Choi, 2018]. Para esto se emplea la pulvimetalurgia que permite realizar aleaciones en estado sólido, sin embargo, una preocupación es el efecto sobre la resistencia a la corrosión de la matriz, principalmente por la porosidad residual de los compuestos de pulvimetalurgia [Baradeswaran, 2015], enfocando los estudios al análisis del sistema tribocorrosivo.

El presente trabajo abarca la influencia del contenido de grafito (Gr) en AMMCs en las propiedades electroquímicas a través de caracterización por espectroscopía de impedancia electroquímica y polarización en solución de cloruro de sodio (NaCl) al 3.5%.

Métodos

De procesos de mecanizado por sierra se extrajo viruta de aluminio serie 7000, la cual se sometió a procesos de molienda. Las muestras se obtuvieron mezclando polvo metálico con 0%, 0.5%, 1% y 2% de grafito con posterior sinterización.

Las pruebas de espectroscopía de impedancia electroquímica y polarización se realizaron en una solución de NaCl al 3.5% estabilizando las muestras durante 25 minutos

Resultados

En las gráficas BODE mostradas en la Figura 1 se aprecia el aumento de la resistividad a bajas frecuencias para las muestras con grafito, seguido a esto los valores del módulo de impedancia |Z| convergen. A demás, se observa una variación en el comportamiento de pasivación del material en la Figura 2 con presencia de grafito donde el comportamiento catódico y anódico están solapados en todas las muestras.

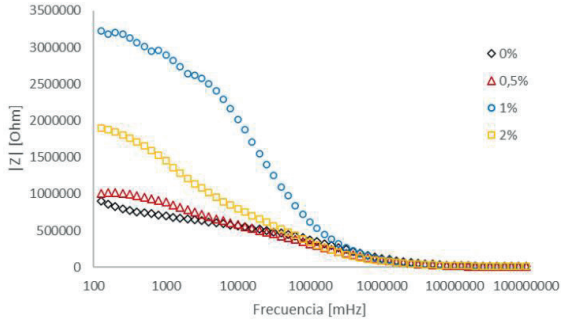


Figura 1: Diagrama de BODE por EIS.

Discusión

En la curva Tafel mostrada en la Figura 2 se observa un desplazamiento a valores más positivos de potencial exhibiendo un comportamiento levemente mejor, aunque la región de pasivación es menos pronunciada. En relación con los resultados de EIS se atribuye la protección del material principalmente al aumento de la resistividad en función del porcentaje de grafito.

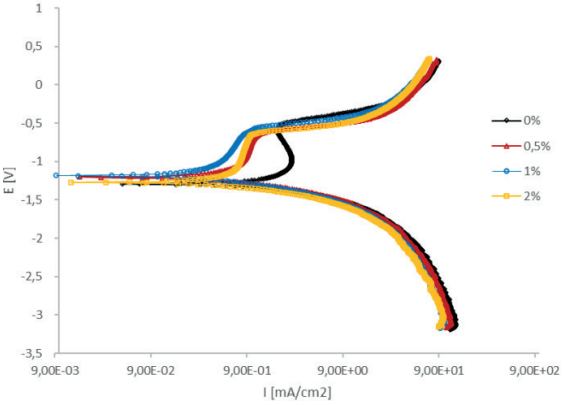


Figura 2: Curva de polarización Tafel.

Referencias

Krishnan, P. K *et al*, J Alloys Compd, 784:1047-1061, 2019.

Sharath, B. *et al,* Materials, 14 no. 11, 2895, 2021.

Choi, N. *et al,* J Alloys Compd, 763:546-557, 2018.

Baradeswaran, A., & Perumal, E., Tribol. Trans, 78:1-6, 2015

EVALUACIÓN EXPERIMIENTAL DE UNA TURBINA HIDRÁULICA DE VÓRTICE GRAVITACIONAL

Johan Betancourt (1), Edwin Chica (1)

1. Grupo de Energía Alternativa, Departamento de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Calle 70 No 52-21, Medellín, Colombia.

Núcleo Temático: Energías del futuro

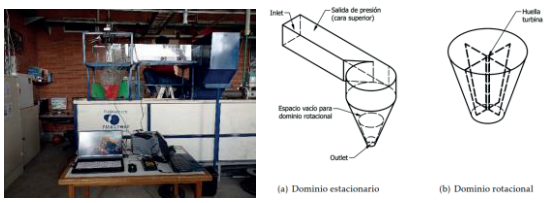
Introducción

Las turbinas de vórtice gravitacional (TVG) son dispositivos que pueden extraer energía de pequeños saltos hidráulicos de entre 1 m y 5 m de altura y así producir electricidad. En comparación con las grandes centrales hidroeléctrica que emplean turbinas Pelton, Francis y Kaplan para el proceso de transformación energética, las pequeñas centrales hidroeléctricas con TVG suponen relativamente pequeñas intervenciones en los ríos y pueden ser usadas para la generación distribuida en los centros de consumo o en las zonas no interconectadas. Las TVG no intervienen en la migración de la fauna acuática y pueden mejorar el contenido de oxígeno en el agua [Faraji 2022, Velásquez 2022].

En este trabajo se presenta la evaluación experimental de una TVG que puede ser usada para contribuir a la diversificación energética de Colombia.

Métodos

Mediante un banco hidráulico compuesto por un reservorio, una bomba hidráulica (IHM 30A-15W), un sensor de flujo (SITRANS F M MAG 5100W) y un sistema de control se validó experimentalmente el comportamiento de una TVG previamente simulada en el software Ansys fluent usando el modelo de malla deslizante y una dominio computacional 3D de la TVG compuesto, por el canal de entrada, camara de descarga y turbina. La TVG fue fabricada en acrílico para visualizar el comportamiento del flujo en su interior. Las variables medidas fueron la presión a la entrada de la turbina, velocidad de angular y el torque de la turbina; variables medidas usando el sensor Futek TRS 605-FSH02057. A partir de estas variables se determinó la eficiencia de la turbina.



a) b)

Figura 1:a) Instalación experimental para la caracterización de la turbina. b) dominio computacional

Resultados

La eficiencia máxima obtenidas a partir de las simulaciones numéricas y experimentales fueron 52.2% (a 150.73 RPM) y 49.9 (a 140.25 RPM) respectivamente. En la Figura 2 se muestran los resultados de simulación numérica y experimental de la TVG.

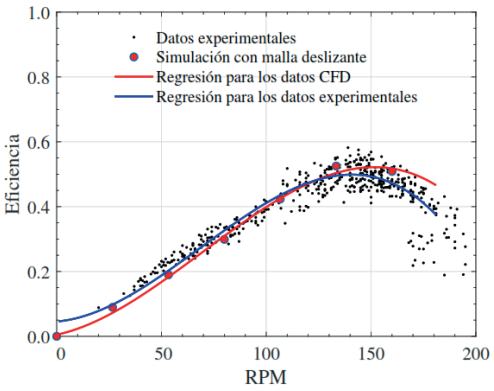


Figura 2. Resultados numéricos y experimentales de la TVG

Discusión

Los resultados experimentales muestran un buen ajuste con respecto a los datos numéricos. Una velocidad de 0.05 m/s a la entrada del canal de la TVG permitió la correcta generación del vórtice, tanto para las simulaciones numéricas como para la verificación experimental.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero de la convocatoria No. 890 de 2020 “Convocatoria para el fortalecimiento de CTeI en Instituciones de Educación de Educación Superior (IES) Públicas 2020” (Contrato No. 2022-0453).

Referencias

Faraji A, et al., Energy Sci Eng 00:1055-1066, 2022.

Velásquez, L. et al, Renewable Energy, 187: 508-521, 2022.

EVALUACIÓN DE RELEVANCIA DE CARACTERÍSTICAS ASOCIADAS A LA PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO DE CULTIVOS DE MAÍZ EN COLOMBIA

Brayan Sierra (1), Julio Barón (2), Sebastian Vanegas (3)

1.Estudiante de Maestría, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia; 2. Doctorado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia; 3. Maestría, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia.

Núcleo Temático: Agroindustria

Palabras Clave

Rendimiento, Predicción, Maíz, Redes Neuronales Artificiales, Regresión Lineal, Evaluación de Relevancia.

Introducción

En Colombia, el maíz representa el 9% del suministro diario de calorías, sin embargo, el 74% de su demanda es cubierta con importaciones [CIAT, 2019]. Predecir el rendimiento de cultivos de maíz es de suma importancia para la toma de decisiones guiadas que permiten mejorar su gestión [Khaki, 2020]. Sin embargo, estimar el rendimiento de cultivos no es una tarea fácil, se requiere de un adecuado proceso de análisis y selección de factores a ser empleados [Robnik & Konenko, 2003]. El objetivo de esta investigación es identificar el conjunto de características con mayor grado de relevancia en la predicción del rendimiento de cultivos de maíz en Colombia, a través de la aplicación de técnicas de evaluación de relevancia y aprendizaje automático, para elaborar modelos más precisos con aplicación regional.

Métodos

Esta investigación emplea la metodología CRISP-DM como marco de referencia, ampliamente utilizada por diversos autores para describir el ciclo de vida de proyectos estándar en minería de datos. Las fases que componen esta metodología son: entendimiento del problema, entendimiento de los datos, preparación de datos, modelado, evaluación y despliegue.

Resultados

La preparación del conjunto de datos consistió en la depuración de atributos de los conjuntos de datos a través del análisis de frecuencia de su utilización en investigaciones relacionadas, integración de conjuntos de datos, eliminación de valores anómalos y normalización. Como resultado se obtiene un conjunto de datos con 6121 registros y 6 variables incluido el rendimiento.

Para la selección de características relevantes, se utilizó el algoritmo *RReliefF* que estima la calidad de los atributos mediante el cálculo de su distancia euclidiana con respecto al rendimiento. Como resultado se obtuvo que la precipitación, presión de vapor y temperatura máxima son las características con mayor grado de relevancia.

Finalmente, con el objetivo de comprobar la relevancia de los atributos seleccionados, se elaboraron dos modelos predictivos empleando Redes Neuronales Artificiales y Regresión Lineal. El resultado obtenido se muestra en la Tabla 1.

Modelo	Entrenamiento			Validación		
	MSE	RMSE	MAE	MSE	RMSE	MAE
Red Neuronal Artificial	0.038	0.195	0.153	0.039	0.198	0.157
Regresión Lineal	0.039	0.198	0.152	0.040	0.201	0.157

Tabla 1: Desempeño de modelos predictivos.

Discusión

La precipitación, la tensión de vapor y la temperatura máxima son los atributos con mayor grado de influencia, lo cual evidencia como la interacción entre estos a lo largo del ciclo de crecimiento de las siembras, determina el rendimiento final de la cosecha.

El modelo basado en Redes Neuronales Artificiales obtuvo el mejor desempeño con un RMSE de 0,198 que equivale a una precisión de 80,2%, en comparación con el modelo de Regresión Lineal que obtuvo un RMSE de 0,201 equivalente a una precisión de 79,9%.

Referencias

CIAT, & CIMMYT, Maiz para Colombia visión 2030, 2019.

Khaki, S., Wang, L., & Archontoulis, S. V., A CNN-RNN Framework for Crop Yield Prediction, 1–14, 2020.

Robnik, M., & Konenko, I., Theoretical and empirical analysis of ReliefF and RReliefF, 53(1--2), 23–69, 2003.

VALIDACIÓN MEDIANTE MECÁNICA COMPUTACIONAL DE TURBINAS EÓLICAS DE EJE VERTICAL

Jonathan Fábregas (1), Lauriza Díaz (2), Henry Santamaria (3), Argemiro Palencia (4)

1. Universidad Autónoma del Caribe, Colombia. DDP- Universidad Benito Juárez G., México; 2. Corporación Universitaria Americana, Colombia; 3. Universidad Autónoma del Caribe, Colombia; 4. Universidad Tecnológica de Bolívar, Colombia

Núcleo Temático: Energías del Futuro

Introducción

En la actualidad se incentiva a incursionar en métodos que permitan dimensionar y evaluar la captación de energía alternativa conservando recursos, además, el gobierno colombiano se adopta la política de transición energética de la ley 1714 de 2014 de Colombia que tiene como objetivo promover el desarrollo y uso de fuentes de energías sustentables como la energía eólica, siendo esta una de las formas de hacer uso razonable de la energía. [Chan et al., 2018] estudiaron la forma del alabe de la turbina eólica tipo Savonius para mejorar su coeficiente de potencia mediante herramientas computacionales evaluando su comportamiento, optimizando el diseño y logrando mejoras de hasta un 33% en el desempeño de la turbina. Adicionalmente, [Zemamou et al., 2017] hicieron una revisión de trabajos relacionados con el uso de rotores de eje vertical Savonius como fuente alternativa de generación de energías limpias destacando el desempeño de estos rotores. [Mohammad et al., 2020] Realizaron un diseño experimental con enfoque Taguchi de nivel mixto y simulaciones de dinámica de fluidos computacional (CFD) con el propósito de optimizar el desempeño de una turbina de eje vertical hidrodinámica.

El objetivo de esta investigación está enfocado en la ruta para simular mediante CFD el dimensionamiento, comportamiento, y validación del diseño de turbinas de eje vertical, evaluando y analizando su desempeño como generador eólico.

Métodos

Se establece el método para realizar simulaciones utilizando herramientas CFD que permita obtener el comportamiento de una turbina de eje vertical de tipo helicoidal utilizada para el abastecimiento energético de bajas potencias, con la cual se validara el coeficiente de desempeño al comparar el sistema con el simulado. Ver tabla 1 de propiedades.

Propiedades	Turbinas eólicas	
Potencia generada (W)	200	300
Diámetro de alabes (m)	0.42	0.52
Peso del sistema (kg)	20	23
Altura de alabe (m)	0.9	1.05

Tabla 1: Propiedades físicas de los sistemas.

Identificadas las características físicas del sistema, se genera utilizando diseño asistido por computador (CAD) el modelo solido de la turbina, del cual al aplicar los materiales y dimensionamiento adecuado se calcula como aspecto fundamental los momentos de inercia del sistema. Ver figura 1.

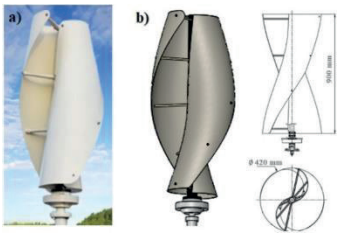


Figura 1: a) Sistema físico, b) Diseño CAD.

Resultados

Una vez modelado el sistema se obtienen los perfiles de velocidad y estelas de viento que describen el comportamiento fluido dinámico del aire al pasar por los alabes de las turbinas, además del comportamiento del torque, velocidad angular del rotor, velocidad especifica de turbina (TSR), y el coeficiente de potencia del sistema. En la Figura 2 se presentan contornos de velocidades para la turbina.

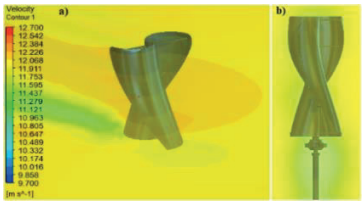


Figura 2: Perfil de velocidad del sistema.

Discusión

El uso de herramientas computacionales para la evaluación de sistemas eólicos presenta ventajas que permiten optimizar diseños y ahorrar recursos físicos, además de la apropiada selección de sistemas existentes.

Referencias

Chan et al, Applied Energy, 213:148-157, 2018.
Mohammad et al, AECM, 222:113-235, 2020.
Zemamou et al, E Procedia, 141:383-388, 2017.

SOLDADURA POR FRICCIÓN Y AGITACIÓN APLICANDO MULTIFÍSICA COMPUTACIONAL PARA JUNTAS DISIMILES

Fainer Cerpa (1), Jonathan Fábregas (2), Wilmer Velilla (3), Argemiro Palencia (4)

1. Maestrante en ingeniería mecánica, Universidad Autónoma del Caribe, Colombia, Universidad de La Guajira, Colombia; 2. Universidad Autónoma del Caribe, Colombia; 3. Universidad Austral de Chile, Chile; 4. Universidad Tecnológica de Bolívar, Colombia

Núcleo Temático: Diseño, Materiales y Procesos

Introducción

Las herramientas computacionales ayudan a minimizar el gasto excesivo de recursos físicos como materiales y energía, son de vital importancia para hacer uso racional de materia prima en procesos industriales, como lo es el proceso de soldadura por fricción-agitación (SFA), que es un proceso de soldadura en estado sólido que permite la unión de juntas por medio de una herramienta que genera fricción hasta alcanzar determinada temperatura de ablandamiento [Martínez et al, 2019]. La SFA presenta ventajas para la unión de materiales comparados a la soldadura por fusión tradicional, las zonas afectadas térmicamente no presentan grandes tensiones residuales por transformaciones microestructurales. [Pavan et al, 2018] validaron experimentación y simulación de SFA realizando análisis no destructivos, comparando la microestructura resultante del proceso. Otros autores como [Gaoqiang Chen et al, 2018] desarrollaron simulaciones de SFA en aleación de aluminio AA204, evaluando la fricción en la interfaz de contacto y comparando con pruebas experimentales. Mientras [Sasikumar et al, 2019] desarrollaron SFA disímil entre juntas de aleaciones de aluminio 5052 y 6082. Por la importancia que tienen en la actualidad las herramientas computacionales para simular SFA. En el presente estudio se presentan los métodos para realizar soldadura disímil por medio de acoplamiento de métodos de multifísica (MF) para simular el proceso de SFA.

Métodos

Los fenómenos físicos que componen la SFA como la transferencia de calor, efecto visco-plástico, mecánica de materiales, se deben integrar por MF para desarrollar la simulación. Ver la figura 1 de parámetros físicos del proceso SFA.

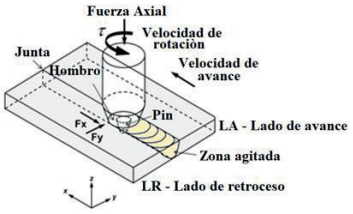


Figura 1: Parámetros del proceso SFA.

Teniendo en cuenta los fenómenos asociados, en este trabajo se ha utilizado el software ANSYS para el desarrollo de la simulación con MF por presentar la capacidad de interconexión de sub-herramientas para modelar operaciones específicas. La ecuación 1 a continuación se modela para la viscoplasticidad de los materiales en SFA.

$$\mu = H(T)\begin{pmatrix}\mu_\infty + (\mu_0 + \mu_\infty) \\ * [1 + \gamma^2\lambda^2]^{(n-1)/2}\end{pmatrix} \qquad (1)$$

Donde λ es una constante de tiempo, γ es la tasa de cortante, n identifica el tipo de fluidez, siendo el valor de 1 para fluido Newtoniano, $n > 1$ para fluidos diletantes, y $n < 1$ como fluido pseudo plástico.

Resultados

Resolviendo simultáneamente por medio de MF se obtienen los perfiles térmicos, esfuerzos cortantes, torque, entre otras variables de interés para todas las regiones del proceso SFA. En la figura 2 se representan los perfiles térmicos iniciales en el precalentamiento, y la presentación para un material 1 y 2 en soldadura disímil.

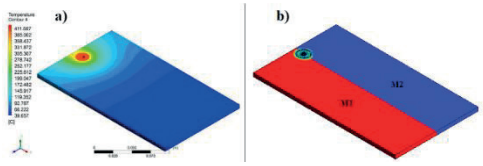


Figura 2: a) perfil térmico de SFA. b) Materiales.

Discusión

El proceso SFA desarrollado por medio de programas de modelación, aporta una gran ventaja para el aprovechamiento de recursos físicos, además proporciona la obtención de variables que en la experimentación presenta grandes inconvenientes para poder analizar dichas lecturas.

Referencias

Gaoqiang Chen et al, JMST, 34:128–134, 2018.
Martínez et al, IJE, 32(2):184-191, 2019.
Pavan et al, PM, 20:187–194, 2018.
Sasikumar et al, MRE, 6:1-12, 2019.

DISEÑO PARA FATIGA ESTOCÁSTICA DE LAS ALAS DE UN PLANEADOR AUTÓNOMO PARA TRANSPORTE DE INSUMOS PEQUEÑOS

José Escudero (1), Jhonattan Llamas (2), Jaime Jimenez (3), Edgardo Arrieta (4)

Universidad Tecnológica de Bolívar,Cartagena, Colombia

Diseño de sistemas mecánicos, Materiales y Estructuras.

Introducción

Este proyecto tiene el objetivo de solucionar una problemática de salud presentada en la zona rural de San Andrés de Sotavento debido a las largas distancias que tienen que recorrer los indígenas Zenú para ser atendidos en el Centro de atención Manexka. La solución planteada para la población es el servicio de telemedicina, debido a que hoy en día se presentan dificultades para la toma de muestras de laboratorio. Se diseño un planeador que pueda transportar una carga establecida desde el resguardo indígena hasta el centro médico para mejorar los tiempos de evaluación.

Metodología

El diseño para fatiga estocástica de las alas garantiza la integridad de las mismas durante su tiempo de vida útil; se hallan los parámetros teniendo en cuenta los cálculos del valor medio y desviación estándar tanto para los esfuerzos como para la resistencia del material. Luego de esto se calcula la probabilidad de falla y el factor de seguridad del ala con la finalidad de encontrar dimensiones que cumplan con los requerimientos establecidos.

Resultados

La probabilidad de falla para fatiga fue evaluada usando el criterio de la ASME elíptica. Se consideraron cargas de viento de acuerdo al registro estocástico de patriones de viento en Cartagena en los últimos veinte años. Se utiliza la regla de miner para determinar daño acumulativo en la estructura. Los esfuerzos son medidso usando modelado CAE.

En la siguiente imagen se puede apreciar la estructura alar del planeador el cual utilizará un eje de aluminio, y una vigas de madera de balso, con el fin de proporcionar estabilidad a las alas del planeador.

Figura 1: Estructura de la ala en madera de balso.

Referencias

Barzallo, J. (2018). Desarrollo y Construcción de un Vehículo Aéreo No Tripulado de Despegue y Aterrizaje Vertical [Trabajo de grado]. UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO..

Mosquera, B., Pulecio, A. & Ruiz, S. (2017). Diseño y construcción de un vehículo aéreo no tripulado tipo planeador de ala recta, con paneles solares [Trabajo de grado]. Universidad Militar Nueva Granada.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN SOSTENIBLE DE ENERGÍA ELECTRICA PARA UN VEHÍCULO ECOAMIGABLE PARA LA ASOCIACIÓN DE CEVICHEROS EN CARTAGENA

Miguel Cristancho, Jesus Leiton, Edgardo Arrieta (1)

1.Universidad Tecnológica de Bolívar

Núcleo Temático: Diseño mecánico. Diseño de vehículos. Vehiculos sostenibles.

Introducción

La venta de ceviche en las playas de Cartagena es una actividad económica que desde sus inicios se ha realizado informalmente y en unas condiciones de buenas prácticas de higiene no óptimas para el transporte, almacenamiento y manipulación del camarón. Debido a la corrosión de las partes mecánicas y estructurales del vehículo que la asociación de cevichero actualmente usa, el ambiente caluroso, húmedo y salino; junto con la inexistencia de un control de temperatura en el almacenamiento y conservación del camarón en el vehículo, el ceviche se ve afectado directa e indirectamente en su composición, características organolépticas y su inocuidad.

Basado en el diseño de un vehículo con criterios dados por la asociación de cevicheros y sin afectar el medio ambiente [Barragan D, Ruiz J, 2021] se instala una nevera para el control de temperatura del ceviche y un motor eléctrico para el traslado en la playa sin emisiones de gases que afecten la calidad del aire en el ambiente, estos dos dispositivos están alimentados por un sistema eléctrico con generación de energía solar con un sistema fotovoltaico, el cual, tiene como objeto este trabajo.

Métodos

Estudio de la tecnología actual para sistemas fotovoltaicos aislados y las normas que deben cumplir para su implementación. Estimación del recurso energético teniendo en cuenta la potencia instalada y la cantidad de energía demandada por la nevera y el motor. Dimensionamiento y cálculos del sistema.

Resultados

Para la instalación del sistema se tienen en cuenta el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE - 2013 y el código eléctrico colombiano NTC2050 - 1998.

Se estima que los dos dispositivos conectados demandan una carga de 6.88 KWh como se aprecia en la tabla 1.

Dispositivo	Potencia [W]	Horas de uso [h]	Demanda de carga [Wh]
Motor	800	3	2400
Nevera	60	8	480
	TOTAL		3680

Tabla 1: Carga demandada por los dispositivos

Se dimensiona el banco de baterías a partir de la ecuación 1, con la cual, se calcula la cantidad de baterías en paralelo necesarias para poder usar los dispositivos en la cantidad de horas de uso necesarias.

$$N° = \frac{E_{crit}\, T_a}{V_{SCD}\, LDP\, Ah_{Batería}} \qquad (1)$$

Donde:

E_{crit}: Consumo diario de energía.
T_a: Tiempo de autonomía.
V_{SCD}: Voltaje del sistema CD
LDP: Límite de descarga profunda
$Ah_{Batería}$: Capacidad de cada batería

Como resultado de ingresar el consumo diario de energía total demandada por el sistema de la tabla 1 en la ecuación 1 se calcula la capacidad necesaria de la batería para alimentar el sistema.

Discusión

Se utiliza un selector de tres posiciones para desconectar y aislar el circuito, de tal modo que se alimente un solo dispositivos según lo requiera el operador del vehículo. Usando un elevador de voltaje DC-DC se obtiene que con una batería es suficiente para alimentar el motor y la nevera.

Referencia

Barragan D, Ruiz J, Diseño estructural y térmico usando modelo CAE y construcción de vehículo ecológico para transportadores de ceviche (ECO-CEVICAR). Universidad Tecnológica de Bolívar. Colombia. Cartagena. 3:6-8, 2021.

DISEÑO DE UN MANIPULADOR 4R DE BAJO COSTO Y ACCESO ABIERTO PARA USO EDUCATIVO.

Andrés F. Zuleta (1), Andrés F. Forero (1), Iván M. Hernández (1), Juan F. Ramírez (1)

1. Universidad Nacional de Colombia, Colombia

Núcleo Temático: Educación En Ingeniería

Palabras clave

Sistema Robotizado, Manufactura aditiva, Aprendizaje, Optimización de costos.

Introducción

La limitación en recursos para la educación colombiana supone un reto en la formación de profesionales de calidad, esto ha llevado a que el acceso a manipuladores de desarrollo sea limitado en las diferentes facultades de ingeniería del país, y es aquí donde los avances recientes en manufactura aditiva permiten la creación de nuevos manipuladores a un costo reducido. El proyecto desarrollado logra a través del diseño mecatrónico un manipulador de cuatro grados de libertad comparable en desempeño y funcionalidad con manipuladores significativamente más costosos disponibles en el mercado.

Métodos

El diseño se realizó mediante la identificación de los requerimientos mínimos que requiere un manipulador de desarrollo enmarcado en el campo de la educación. Adicional a esto, se realizó un análisis de mercado buscando una reducción del costo de la fabricación en un 40% respecto a manipuladores similares ya disponibles con el fin de proveer una alternativa viable económicamente para su utilización en diferentes etapas del aprendizaje.

Dentro de las consideraciones que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de este prototipo de manipulador, estuvo la reducción de la inercia aparente en el motor de la segunda articulación rotacional, para lo cual se empleó un sistema de transmisión de potencia basado en una correa sincrónica. Teniendo en cuenta un acercamiento típico introductorio al aprendizaje de robótica en las universidades del país, se planteó un eslabón final manufacturado en resina que permitiera acoplar un marcador estándar a un servomotor didáctico véase Tabla 1.

Cantidad	Descripción	Material/Referencia
4	Eslabones	PLA
1	Efector Final	Resina
3	Motor DC	JGA 25-370
1	Servomotor	MG90S
2	Correa sincrónica	400-2GT-6
2	Poleas simples	2GT-8-20-8MM
1	Polea Doble	2GT-9-20-8MM-D

Tabla 1 Materiales empleados

El control del manipulador se realiza en un esquema de lazo cerrado conocido como PD+ véase Ilustración 1

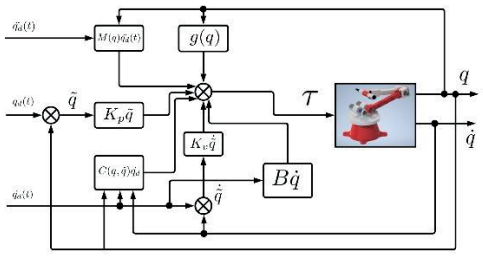


Ilustración 1 Diagrama de bloques controlador PD+

Resultados y Discusión

Se diseño un manipulador utilizando las ventajas ofrecidas por los procesos de manufactura aditiva para la optimización de costos véase Ilustración 2.

Ilustración 2 2 Modelo CAD manipulador 4R en Autodesk Inventor

A partir del trabajo realizado se obtuvo un manipulador 4 GDL el cual permitiría masificar la enseñanza de la robótica en contextos donde los recursos son limitados y dada su versatilidad los estudiantes pueden experimentar con el sistema robotizado, integrando conocimientos que se ven a lo largo de carreras de ingeniería como electrónica, mecánica y mecatrónica.

Referencias

Hernández Niño, S. (2016). *Diseño e Identificación paramétrica de un Robot de configuración industrial.* Instituo Politécnico Nacional.

Reyes Cortés, F. (2011). *Robótica CONTROL DE ROBOTS MANIPULADORES.* Alfaomega.

MODELO DE DETECCIÓN DE LA ENFERMEDAD DE LA ROYA EN HOJAS DE CAFÉ MEDIANTE ANÁLISIS DE IMAGEN

Camilo E. Rocha Calderón (1), Julio Barón Velandia (2), Sebastián C. Vanegas Ayala (3)

1. Estudiante de maestría, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia; 2. Doctorado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia; 3. Maestría, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia.

Núcleo Temático: Las Ingenierías y la Industria 4.0

Introducción

La identificación de enfermedades en las plantas, es una de las actividades más importantes en el campo agrícola, dado que, de manera temprana permite aplicar un tratamiento ajustado al cultivo y enfermedad [Barbedo, 2017], previniendo pérdidas económicas que a nivel mundial alcanza cifras alrededor de $ USD 220 mil millones [Khan, 2019]. Particularmente, la enfermedad de la Roya presentada en los cultivos de café, ha generado grandes pérdidas económicas a los caficultores latinoamericanos, disminuyendo la producción entre un 16% y 30% [Avelino, 2015].

El sector agrícola se ha involucrado en la aplicación de avances tecnológicos en sus diferentes campos de acción, entre los cuales destaca la detección de enfermedades en plantas a través de algoritmos de Machine Learning y Deep Learning [Matsunaga, 2017][Toseef, 2018], estimándose que para el año 2016 se invirtieron 5098 millones de dólares en el mercado de la agricultura inteligente [Barbedo, 2017].

El modelo supervisado resultado de esta investigación, está enfocado en el uso de sistemas de inferencia difusa para detectar la enfermedad de la roya en hojas del cultivo de café, a través del análisis a nivel de píxel de una imagen de la hoja del cultivo, utilizando el índice de color GCC para determinar si el estado de la hoja es sano o enfermo.

Métodos

La técnica metodológica empleada para el desarrollo de la investigación se basa en la experimental [Coutelieris, 2018]. En la Figura 1 se presenta el procedimiento empleado, comenzando con la carga respectiva de las imágenes 48, que posteriormente se analizan a nivel de pixel bajo el índice de color GCC para extraer los valores característicos que identifiquen un pixel como sano o enfermo, permitiendo configurar los conjuntos de entrada y de salida de un sistema de lógica difusa diseñado para la detección temprana de la enfermedad probado con la misma cantidad de ejemplos utilizados para el análisis.

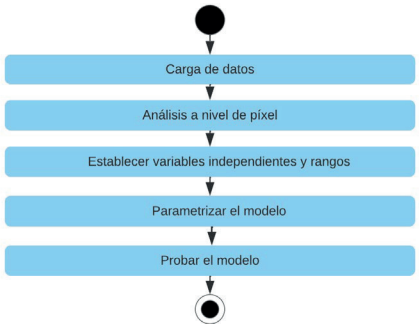


Figura 1: Metodología utilizada.

Resultados

Se evaluaron 48 píxeles característicos de 48 imágenes (24 con estado sano y 24 enfermo) bajo el índice de color GCC, obteniéndose los siguientes intervalos:

- GCC
  - Sano: [0.4479, 0.7216]
  - Enfermo: [0.2821, 0.4588]

Evidenciándose que para el estado del píxel se discrimina mejor bajo el índice GCC, se formuló un sistema de inferencia difusa con base en los valores obtenidos. Se probó con otros 48 píxeles y obtuvo un 93.75% de precisión.

Discusión

El modelo realizado aporta al sector agroindustrial un prototipó que discrimina un píxel característico de una imagen con estado sano o enfermo de manera temprana, con una precisión del 93.75% en un entorno controlado con base en un solo píxel. Complementándolo con una técnica que permita extraer los píxeles característicos, a partir de la diferencia en su cambio de tonalidad se podría determinar de manera automatizada si una hoja presenta la enfermedad de la roya o no.

Referencias

F. Coutelieris *et al*, Experimentation Methodology for Engineers, 2018.
J. Avelino *et al*, Food Secur, 7: 303–321, 2015.
J. Barbedo, European Journal of Plant Pathology, 147: 349-364, 2017.
M. A. Khan *et al*, IEEE A., 7: 46261-46277, 2019.
M. Toseef *et al*, Com. Elec. Agric., 153: 1-11, 2018.
T. Matsunaga *et al*, Breed. Sci., 67: 316–319, 2017.

ANÁLISIS DE VIBRACIONES Y DE PRESIÓN PARA DETERMINAR FALLAS EN VÁLVULAS DE ADMISIÓN Y ESCAPE EN MOTOR CFR

Daniel Salazar(1), Ricardo Moreno (1)

1. Grupo de Diseño Mecánico (GDM), Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Calle 70 No. 52-21, Medellín, Antioquia, Colombia

Núcleo Temático: Motores de Combustión Interna.

Introducción

La identificación del estado de funcionamiento del motor de combustión interna (MCI) es un gran reto dada la naturaleza transitoria de su operación y a las altas temperaturas, presión y fricción a las que está sometido, lo que posibilita la aparición de problemas como desgastes y desajustes. Tradicionalmente, la detección de este tipo de fallas se realiza desarmando el motor, lo que implica, tiempos de parada largos y altos costos en el mantenimiento [Moreno, 2014].

Este trabajo propone y valida un procedimiento para hacer un diagnóstico de la condición de ajuste de las válvulas de admisión y escape en un motor CFR (Cooperative Fuel Research) partiendo del análisis de vibraciones mecánicas y de la evaluación de las señales de presión en el múltiple de admisión.

Metodología

El correcto ajuste de los componentes de un MCI tiene un efecto directo en su potencia, consumo de combustible y emisiones [Tabaszewski, 2020]. Los análisis de vibraciones mecánicas y de señales de presión en la admisión, son procedimientos no invasivos, que usan sensores de fácil montaje, los cuales no interfieren con el funcionamiento general del MCI.

Para un diagnóstico acertado de la condición del MCI, por medio de estos métodos, es ideal tener un histórico de su desempeño sin averías, siendo este registro, la base de comparación con puntos de operación donde se presente algún tipo de falla.

El montaje experimental se realizó en un motor CFR, ubicando acelerómetros en el bloque que contiene al pistón, sobre los ejes X, Y y Z, conectados a un módulo de adquisición de datos NI9234, además de un sensor de presión ubicado en la admisión, conectado a un módulo NI9215.

Se recopiló información del sistema con sus válvulas correctamente asentadas, que corresponden al punto de operación de referencia; y luego se realizaron modificaciones simulando fallos en los ajustes de las mismas, generando un desajuste de 0.7 mm.

Las mediciones se hacen usando únicamente el motor de arrastre con el fin de evitar la superposición (ruido) que generaría la combustión.

Haciendo uso de Matlab R2020b®, se realizaron diferentes post-procesamientos a las señales temporales (filtros, FFT -Fast Fourier Transform- y TSA -Time Synchronic Average-) que permitieron identificar adecuadamente, tanto los fallos en la válvula de admisión como en la de escape.

Resultados y discusión

En la Figura 1, se puede observar que las señales de presión en la admisión y de vibración reflejan los cambios de los fallos respecto a la referencia sin fallos. Por tal motivo, se pudieron proponer los parámetros de procesamiento en las señales que permitieron identificar los fallos en las válvulas.

El uso simultaneo de señales vibración y presión para la detección de este tipo de fallos, facilita la comprensión de los diferentes fenómenos que ocurren en el equipo, en un instante particular, con la ventaja de que actúan de una manera no invasiva, lo que abre la puerta a la posibilidad de realizar nuevos tipos de diagnósticos, de manera precisa y sin la necesidad de destapar el motor.

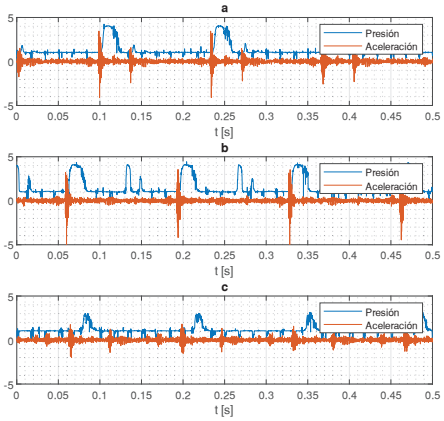


Figura 1. Señales temporales. a) Ambas válvulas en posición de referencia. b) Válvula de admisión en posición de fallo. c) Válvula de escape en posición de fallo.

Referencias

Moreno, R., Chicharro, J.M. & Pintado, P. Comparison of Minimum Detectable Crack Size in a Geared System From Three Different Vibration Transducer Types. Exp Tech 38: 76, 2014

Tabaszewski M, Szymański GM. Engine valve clearance diagnostics based on vibration signals and machine learning methods. Maintenance and Reliability; 22 (2): 331–339, 2020

SISTEMAS DE UNIDADES: INTERNACIONAL VS. INGLÉS -CURIOSIDADES Y PROBLEMAS DE LA COEXISTENCIA

Medardo Fonseca (1), Arjuna Castrillón-Camacho (1,2), Henry Moreno-Acosta (1)

1. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia; 2. Universidad Politécnica de Cataluña, España.

Núcleo Temático: Educación en Ingeniería

Introducción

En el presente trabajo de reflexión en el que se aborda una breve historia de la medición y las unidades de medida que van surgiendo, sus procesos de estandarización hasta la coexistencia actual de los sistemas métrico y el anglosajón. Se desarrolla una curiosidad en las medidas de longitud con una cuasi- relación de π entre unidades los sistemas métrico e inglés. Se destacan algunas pérdidas millonarias por usar el sistema equivocado..

¿Por qué medimos con los pies si la cama cabe en la habitación?

A falta de cinta métrica, o flexómetro, cuando se busca apartamento, resulta natural usar contar pies para tener una medida aproximada de un espacio como una habitación. Esta es una idea ancestral…. referencia y datos. Con pies grandes y pequeños aparece la necesidad de estandarización.

El sistema métrico decimal

Su origen… esfuerzos por su uso mundial y qué países se resisten a usarlo. por ejemplo un kilopondio parece del sistema inglés siendo del métrico…, así ¿cómo se espera que no haya confusiones?

Coexistencia de los sistemas métrico e inglés.

Vivimos en una mezcla de sistemas, compramos leche por litros y gasolina por galones, ya se está haciendo la transición de medidas de televisores de pulgadas a centímetros, aunque se entienda de cuentos centímetros se habla no nos hacemos a la idea hasta que no nos dicen las pulgadas

π, entre pulgadas y centímetros, ¡Vaya curiosidad!

Es posible hallar el perímetro de un objeto circular midiendo su diámetro en el sistema anglosajón y decir el perímetro, sin hacer operación complicada alguna. El error en la aproximación del 'π' implícito es menor del 1%; es como multiplicar por c de una ojeada [Fonseca, 2023].

Problemas por coexistencia de dos sistemas de unidades

Un avión se queda sin combustible a mitad de vuelo… y la NASA pierde en Marte una sonda espacial por "error matemático" [Mantilla, 2019] al usar el sistema de unidades equivocado.

A manera de conclusión

Podemos decir que la coexistencia de los sistemas resulta afortunada en cálculos instantáneos a ojo, como la curiosidad de π, pero resulta catastrófico cuando se equivoca de sistema.

Referencias

Dilke, Oswald Ashton Wentworth, *Mathematics and measurement*. 26, 1987 ISBN 978-0-520-06072-2.

Barbrow, Louis E.; Judson, Lewis V.. *Weights and Measures Standards of the United States: A brief history* 1976

Fonseca, Medardo. *Aprendiendo Python 3, con ejemplos en física… y un tris de humor*. En proceso de Edición. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. ~2023.

Historia de la Ciencia de medir desde la antigüedad hasta el siglo XVI, E.T.S. Ing. Industriales, Univ. Politécnica de Madrid, 1976.

Maier, Jorge,. *Antigüedades siglos XVI-XX*. Madrid: Real Academia de la Historia. p. 54. 2005

Mantilla P., Ignacio, El error matemático más fantástico de la NASA, 14 de noviembre de 2019. https://blogs.elespectador.com/actualidad/ecuaciones-de-opinion/error-matematico-mas-fantastico-la-nasa, consultado en octubre de 2022.

Russ Rowlett, How Many? A Dictionary of Units of Measurement». Center for Mathematics and Science Education, University of North Carolina at Chapel Hill.

MODELO TEÓRICO DE LA CABEZA HIDRÁULICA DE UNA BOMBA OPERADA COMO TURBINA BASADO EN PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DEL IMPULSOR

Daniel Arenas-Múnera (1), Diego Penagos-Vásquez (1), Diego Hincapié-Zuluaga (1), Jonathan Graciano-Uribe (2)

Departamento de Electromecánica, Instituto Tecnológico Metropolitano, Colombia.
Universidad de Girona, España.

Núcleo temático: Energías limpias y Energía hidráulica

Introducción

Una bomba operada como turbina (PAT) es una turbomáquina que aprovecha la energía potencial y cinética del agua para generar electricidad, por medio del acople a un generador [Yang *et al*, 2012]. El impulsor es el elemento mecánico de mayor interés para los investigadores, debido que allí se produce la conversión energética y se generan las mayores pérdidas hidráulicas [Miao *et al*, 2015]. La cabeza hidráulica depende del comportamiento fluidodinámico del agua. Por esto, se han identificado modelos teóricos que estiman el rendimiento hidráulico de las PAT [Carravetta *et al*, 2014]. Sin embargo, hasta lo indagado en la literatura, no se encontraron estudios que consideren la relación directa de las variables geométricas y la cabeza hidráulica. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación es desarrollar una expresión alternativa que modele la cabeza hidráulica de una PAT, exclusivamente con parámetros geométricos del impulsor.

Metodología

La investigación tomó como referencia la ecuación de Euler para turbomáquinas, considerando el triángulo de velocidades formado en la succión y descarga del álabe. Posteriormente, haciendo uso de la ley de conservación de la masa y el teorema de transporte de Reynolds, se obtuvo una expresión en función de los parámetros geométricos del impulsor en el punto de mayor eficiencia (BEP). La figura 1 expone los parámetros del impulsor en un esquema del volumen de control de un álabe, descritos en la Tabla 1. Finalmente, la Ecuación 1 muestra la expresión resultante del modelo matemático desarrollado con base en la metodología planteada en este estudio.

Resultados

Se obtuvo un modelo matemático empleando parámetros geométricos del impulsor en el BEP. El modelo matemático se validó mediante la cabeza hidráulica experimental de 20 PAT encontradas en la literatura, considerando un error admisible del 20% [Barbarelli *et al*, 2018]. Se calculó el error relativo de la cabeza hidráulica, obteniendo un promedio del 18%. Por tanto, el modelo es aceptable y puede emplearse como una aproximación para el cálculo de la cabeza hidráulica de PAT radiales.

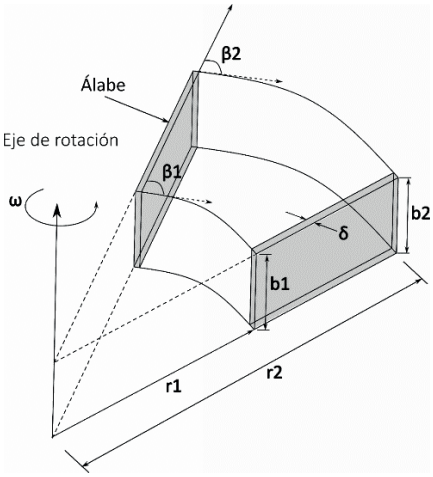


Figura 1: Parámetros geométricos considerados.

Parámetro	Símbolo
Velocidad angular (rad/s)	ω
Radio (m)	r
Ancho del álabe (m)	b
Espesor (m)	δ
Ángulo del álabe (°)	β
Número de álabes (-)	n

Tabla 1: Nomenclatura de los parámetros del impulsor.

$$H_{BEP} = \frac{\omega r_2}{g}\left[r_2 - \frac{r_1 b_1 \tan\beta_1 (2\pi r_1 - n\delta)}{b_2 \tan\beta_2 (2\pi r_2 - n\delta)}\right] \qquad (1)$$

Referencias

Yang *et al*, Renewable Energy, 48:507–513, 2012.
Miao *et al*, AIME, 7(9):1–9, 2015.
Carravetta *et al*, Proc. Eng., 89: 581–587, 2014.
Barbarelli *et al*, SDEWES, 6:323-340, 2018.

NUEVO MÉTODO PARA ESTIMAR LOS PARÁMETROS DE UN SISTEMA DINÁMICO L.T.I. DE SEGUNDO SOBRE AMORTIGUADO

Jesús Barrera Cobos

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Colombia

Educación en ingeniería

Resumen

Para el poder realizar el diseño del sistema de control es necesario disponer de un modelo matemático del sistema objeto del control que sea lo más preciso, de manera que los resultados de la implementación sean los esperados. Diversos métodos han sido planteados para determinar los parámetros del sistema, algunos de ellos usan la curva de respuesta al escalón y con base en la información de algunos puntos de la curva, generalmente dos, y con ayuda de gráficos y curvas estandarizadas se determinan los parámetros. Otros métodos hacen uso de técnicas de identificación como mínimos cuadrados, así como mediante algoritmos genéticos. Este artículo plantea la determinación de los parámetros de la función de transferencia para un sistema de segundo orden sobreamortiguado, ξ, ω_0 y K_{DC}, a partir de la información de dos puntos de la curva de respuesta al escalón, pero a diferencia de otros planteamientos basados en los parámetros antes mencionados se expresa el problema en términos de p_1, α y K_{DC} siendo p_1 el polo dominante, α la razón entre p_1 y p_2 el polo más veloz ($\alpha = p_2/p_1$) y K_{DC} la ganancia del sistema. Lo que se logra es que la estimación esté basada en expresiones analíticas para p_1 y α. Algunos de los métodos gráficos planteados se mencionan, luego de lo cual se indica el método para la estimación de los parámetros K_{DC}, p_1 y α, de forma analítica a partir de la expresión de la señal de salida en términos de parámetros K_{DC}, p_1 y α, mediante el uso de dos puntos, y a través de ellos la determinación de ξ y ω_0, todo lo anterior sin el uso de gráficos como lo indicado por los métodos usados actualmente. Finalmente se presentan algunos ejemplos, el primero de ellos corresponde a la simulación de un sistema eléctrico sobreamortiguado para el cual se aplica el método propuesto y los diversos métodos indicados, con el cual se aprecia los resultados logrados mediante la aplicación de lo propuesto. Los resultados se comparan mediante la integral del error cuadrático. Finalmente, el método permite estimar los parámetros de un sistema de primer oren con retardo.

INGENIERÍA INVERSA PARA EL MANTENIMIENTO DE EMBARCACIONES DEPORTIVAS A TRAVÉS DE MODELOS CFD

Javier Pisonero (1), Jorge López- Rebollo (1), Roberto García-Martín (2), Diego Gonzalez-Aguilera (1)

1. Dept. de Ingeniería Cartográfica y del Terreno, Universidad de Salamanca, Ávila, España

2. Dept. de Ingeniería Mecánica, Universidad de Salamanca, Zamora, España

Núcleo Temático: Diseño, Materiales y Procesos: Mantenimiento y gestión de activos

Introducción

Las técnicas de mapeado láser permiten digitalizar objetos y espacios obteniendo nubes de puntos que pueden ser convertidas en modelos CAD. La automatización de este proceso denominado Ingeniería Inversa [Woodbury, 2022] supone un impulso para el mantenimiento y gestión de activos ya que permite disponer de modelos de calidad con bajos costes para llevar a cabo simulaciones.

La modelización de formas parametrizables puede ser automatizada mediante procedimientos generalistas a través de planos, mientras que la modelización de formas no paramétricas utiliza herramientas para detectar superficies que permite semiautomatizar y facilitar este proceso.

Gracias a este procedimiento, se puede obtener un modelo actual que puede ser introducido en un software de análisis CAE y comprobar su estado con el fin de analizar sus prestaciones y optimizar posibles operaciones de mantenimiento.

Métodos

Para llevar a cabo la digitalización se empleó un Láser Escáner Terrestre (TLS), que permite generar una nube de puntos con precisiones milimétricas. A continuación se aplicó un proceso de limpieza de la nube de puntos empleando para ello un algoritmo de reducción de ruido [Zhongwei, 2019].

El paso de nube de puntos a modelo CAD requiere un procesado para obtener una malla a partir de triangulaciones de puntos que dará como resultado un modelo sólido que puede ser transformado en CAD. Para este proceso se emplearon superficies NURBS (Non-Uniform Rational B-Splin) cuyo proceso de ajuste fue automatizado.

La exportación del modelo a un software CAE que utilice el Método de los Elementos Finitos (FEM) permite analizarlo mediante mecánica de fluidos computacional (CFD) [Khalil, 2021].

Resultados

La digitalización mediante TLS y la limpieza de la nube de puntos se muestra en la Figura 1.

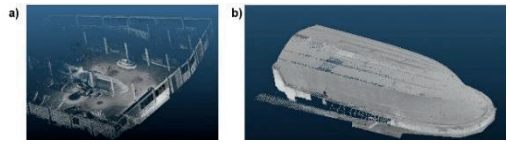


Figura 1. Nubes de puntos a) Taller naval; b) Embarcación.

La Figura 2 muestra los resultados durante el proceso de conversión de nube de puntos a modelo sólido CAD.

Figura 2. a) Mallado; b) Superficies NURBS; c) Solidificación del modelo.

Para el análisis CFD, se definió en primer lugar el mallado tanto para el fluido como para el sólido (Figura 3a). A continuación, se establecieron las condiciones de contorno con la lámina de agua en dirección transversal a la embarcación (Figura 3b). Finalmente, se muestran en la Figura 3c las líneas de flujo obtenidas por el análisis CFD.

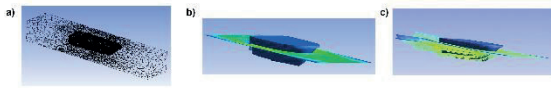


Figura 3. Procesado CFD del casco de la embarcación. a) Mallado MEF del modelo; b) Definición de la lámina de agua. C) Líneas de flujo.

Discusión

El mapeado láser permitió obtener una digitalización precisa del casco de la embarcación, representando su estado actual con desperfectos como abolladuras.

La automatización de la obtención de superficies NURBS facilitó el paso de nube de puntos a modelo CAD, reduciendo considerablemente el coste computacional y mejorando la calidad del modelo.

Finalmente, la versatilidad del método CFD permite llevar a cabo distintas simulaciones que muestran el desempeño de la embarcación en el agua, comprobando la afección de los desperfectos detectados y facilitando la toma de decisiones de cara a su mantenimiento.

Referencias

Khalil, E. E. (2021). CFD history and applications.
Woodbury. Inverse engineering handbook. Crc press, 2002.
Zhongwei et al. Anisotropic denoising of 3D point clouds by aggregation of multiple surface-adaptive estimates. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2019, v27, n6, p. 2851-2868.

Agradecimientos

El trabajo se ha llevado a cabo con la colaboración de GHENOVA Ingeniería en el marco del proyecto CIEN de CDTI, READY TWIN, Research in Emerging technologies to Achieve innovative solutions for Digital TWINs.

EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y AMBIENTAL DE UN VEHÍCULO CICLO OTTO USANDO MEZCLAS ISO-BUTANOL/GASOLINA EN UN DINAMÓMETRO DE RODILLOS Y BAJO CONDICIONES DE ESTADO ESTACIONARIO

Cristian David Aguirre, Anderson Gallego Montoya, Yuhan Arley Lenis, Sergio Andrés Herrera, Álvaro Delgado Mejía

Grupo de investigación e innovación en energías (GIIEN), Institución Universitaria Pascual Bravo, Calle 73ª-226, Medellin, Colombia.

Núcleo Temático: Energías del futuro

Resumen

Actualmente, las emisiones de los motores de combustión interna que usan combustibles fósiles son tema de preocupación mundial, en particular aquellos que operan bajo el ciclo Otto y Diésel. Esto debido a que sus emisiones representan una amenaza a la salud pública y al medio ambiente (Arango, 2019). De estas, las más comunes son los hidrocarburos sin quemar (HC), el monóxido de carbono (CO), material particulado (PM) y óxidos de nitrógeno (NO_X) (Fenkl et al., 2016; Yusoff et al., 2018).

Es por esta razón que se han aumentado la búsqueda de alternativas, soluciones y/o propuestas sostenibles que reduzcan el impacto que generan sectores como el parque automotor. Entre las alternativas más comunes está el uso de bioalcoholes, es especial estas surgen como una estrategia amigable con el medio ambiente (Tian et al., 2020). Por esta razón, en este trabajo, se realizaron pruebas de con el uso de mezclas gasolina e iso-butanol en un vehículo Renault Logan acoplado a un dinamómetro de chasis MD150 de Mustang, tal como se nota en la Figura 1.

De esta manera, la operación de este vehículo se realizó simulando un régimen de estado estacionario a diferentes cargas (20 Nm, 40 Nm y 60 Nm) y con diferentes velocidades (2700 RPM; 3200 RPM y 3700 RPM). A su vez, las mezclas de iso-butanol y gasolina corresponden al 10%, 20% y 30%.

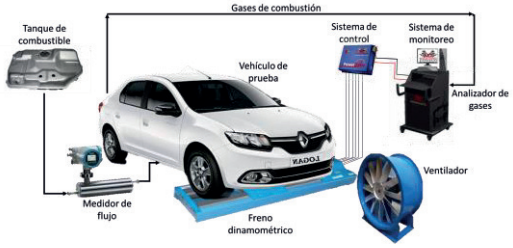


Figura 1. Montaje experimental para pruebas en dinamómetro

En la Figura 2 se muestra el consumo específico de combustible cuando se usa B10 (10% de iso-butanol), con esto se obtuvo que el consumo específico de combustible se aumenta, lo cual puede atribuirse a la reducción del poder calorífico, lo que hace que el motor compense esta reducción energética por una mayor masa de combustible. Este resultado es similar con B20 y B30.

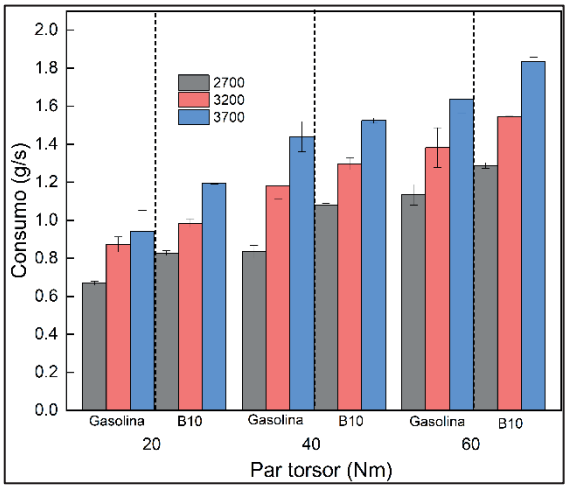


Figura 2. Consumo específico de combustible para B10

Finalmente, en la Figura 3 se muestran las emisiones de hidrocarburos sin quemar (HC) para B10 comparado con gasolina, acá se muestra una reducción de estos gases, lo cual puede atribuirse al alto contenido de oxígeno del iso-butanol, lo cual favorece la combustión completa. Este resultado es consistente con lo obtenido con B20 y B30.

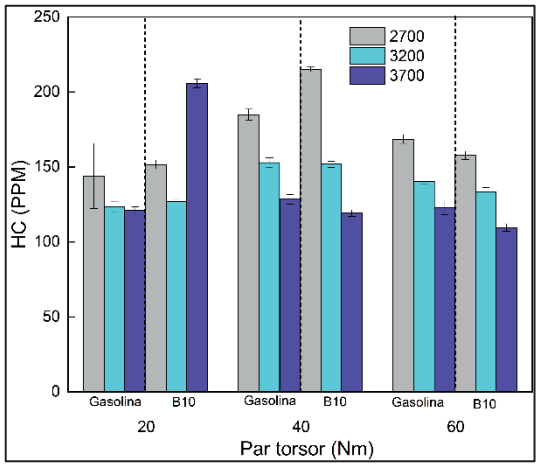


Figura 3. Emisiones de hidrocarburos para B10 comparado con gasolina.

Palabras clave

Motores de combustión, eficiencia energética, contaminación ambiental, gasolina, alcohol, estacionario

Referencias

Arango, M. C. (2019). *Panorama energético de Colombia*. https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/capital-inteligente/actualidad-economica-sectorial/especiales/especial-energia-2019/panomara-energetico-colombia

Fenkl, M., Pechout, M., & Vojtisek, M. (2016). N-butanol and isobutanol as alternatives to gasoline: Comparison of port fuel injector characteristics. *EPJ Web of Conferences*, *114*, 1–5. https://doi.org/10.1051/epjconf/201611402021

Tian, Z., Zhen, X., Wang, Y., Liu, D., & Li, X. (2020). Comparative study on combustion and emission characteristics of methanol, ethanol and butanol fuel in TISI engine. *Fuel*, *259*(September 2019), 116199. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116199

Yusoff, M. N. A. M., Zulkifli, N. W. M., Masjuki, H. H., Harith, M. H., Syahir, A. Z., Khuong, L. S., Zaharin, M. S. M., & Alabdulkarem, A. (2018). Comparative assessment of ethanol and isobutanol addition in gasoline on engine performance and exhaust emissions. *Journal of Cleaner Production*, *190*, 483–495. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.183

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BIODIGESTOR DE 30L EN LA UNIVERSIDAD ECCI

Juan Camilo Medina Méndez (1), Marggie Lisbeth Tovar Torres (1), Alberth Renné González Carantón (1)

1. Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad ECCI, Bogotá, Colombia

Núcleo Temático: Energías del futuro

Resumen

El Grupo de Investigación en Aprovechamiento Tecnológico de Materiales y Energía, GIATME, de la Universidad ECCI enfoca su investigación en diversas temáticas, una de ellas, aprovechamiento energético de biocombustibles [Universidad ECCI, 2022], como es el caso del biogás obtenido a partir de diferentes tipos de biomasa. Para estos proyectos se requiere de un biodigestor que favorezca la investigación formativa, por consiguiente, se propone el diseño y la construcción de un biorreactor de 30L en acero inoxidable, hermético y automatizado, con lector de temperatura y presión. Para esto, se establecieron condiciones de diseño y operación para el sistema de biodigestión anaerobia; posteriormente, se construyó el biorreactor, y se busca caracterizar el funcionamiento del prototipo, a partir de pruebas de producción de biogás con excremento de marrano.

Para la construcción del biodigestor, se establecieron las características de diseño en base al CAD, Solidworks 2021, como se aprecia en la Figura 1.

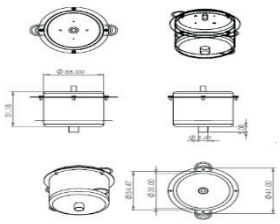


Figura 1. Propuesta de diseño para construcción del prototipo, en CAD Solidworks 2021

Para el diseño, se tuvo en cuenta el material de fabricación, calibre del material, temperatura, presión, pH, instrumentos para la construcción y que fuese portátil.

Para el diseño y fabricación de las tapas inferior y superior se usaron parámetros estándar de volumen teniendo en cuenta medidas ya preestablecidas, y para el cálculo del volumen del cilindro se usaron las ecuaciones 1 y 2.

$$A = \frac{\pi * \emptyset^2}{4} \qquad (1)$$

$$V = A * h \qquad (2)$$

A partir de los cálculos y del diseño, se procedió con la fabricación del Biodigestor en la que se utilizó lámina de acero inoxidable calibre 12, de la siguiente manera:

- A partir de una máquina hidráulica que a presión y junto a un molde, se le dio la forma abombada solicitada en el plano; luego con una cortadora láser se hicieron agujeros en el centro para poder acoplar una manivela en la tapa superior y una válvula de 2" en la tapa inferior. Por último, soldaron acoples para colocar el manómetro, la termocupla, la válvula de alivio y la válvula de salida del biogás.
- Con barras en acero, que se doblaron en una máquina denominada roladora, da forma de aros a las barras que luego se soldan a la tapa superior y al cilindro. Los flanches son soldados para poder ajustar los tornillos y cerrar el biodigestor brindando hermeticidad.
- Haciendo uso de una roladora más grande para doblar una lámina de acero inoxidable calibre 12 de 110 cm de largo x 21 cm de alto se da la forma cilíndrica deseada.

En la figura 2 se puede observar el prototipo experimental finalizado.

Figura 2. Prototipo de biodigestor de 30L construido

El paso a seguir es verificar fugas en el quipo, para iniciar con el montaje de biomasa de excremento de marrano en un período de 30 días, y así verificar el funcionamiento del prototipo, para la producción de biogás; proceso durante el cual se deben tomar datos de presión, de temperatura, estimación teórica de cantidad de gas obtenido, y composición química del gas a partir de cromatografía de gases [Garzón, 2016].

Referencias

Universidad ECCI. *Investigación – Grupos de investigación*. Obtenido de https://www.ecci.edu.co/grupos-de-investigaciones/

Garzón, D. B. *Desarrollo de una propuesta para la mejora de un modelo de biodigestor anaerobio convencional a escala banco a partir de una mezcla de residuos bovinos y lodos en la finca el Recodo de Tabio, Cundinamarca*. Tesis de Pregrado. Fundación Universidad de América. Bogotá D.C. 2016

SIMULACIÓN DEL LDC EN REGIMEN TURBULENTO APLICANDO DIFERENTES ESQUEMAS CONVECTIVOS

Carlos Barrera (1), David Fuentes (2).

1. Estudiante doctorado, Escuela de Ingeniería Mecánica, UIS-Colombia; 2. Profesor planta, Escuela de Ingeniería Mecánica, UIS-Colombia.

Núcleo Temático: Mecánica de fluidos computacional.

Resumen.

Introducción – El problema del *Lid-driven cavity* (LDC), juega un papel importante en la mecánica de fluidos computacional ya que es uno de los principales referentes para comprobar y validar algoritmos en la solución de situaciones asociadas al flujo de fluidos [Tamer A., et al, 2016]. Mediante este estudio se busca comparar las soluciones numéricas obtenidas a partir de la aplicación de diferentes esquemas convectivos de alto orden en las ecuaciones de momento y su influencia en los perfiles de velocidad y líneas de corriente para un problema en régimen turbulento con Reynold de 10000, basado en la longitud de la cavidad.

Metodología – Se desarrollaron algoritmos propios en lenguaje de programación C++ mediante la implementación del método de volúmenes finitos, para la solución del acoplamiento entre la velocidad y la presión se usó el algoritmo SIMPLE y diferentes modelos TVD para el termino convectivo (*Upwind*, *Van Leer*, *Van Albada*, *Min-Mod*, *Superbee*, *Sweby*, *Quick, Umist* y *Muscl*) [Versteeg, H K., et al, 2007], el modelo RANS utilizado fue el $K-\omega$ 2006 [Pope, S., 2000] con un mallado fino en las paredes. El problema se realizó con los siguientes parámetros: dominio cuadrado de lado $L = 0.1\,m$, fluido con densidad de $\rho = 1\,Kg/m^3$, velocidad en la frontera superior en dirección x de $V_x = 1\,m/s$ y viscosidad calculada a partir del número de Reynolds.

Resultados – Se compararon los resultados con respecto a los datos de referencia reportados en [Ghia, U., et al, 1982] obteniéndose un porcentaje medio de errores para el esquema *Upwind* de 45%, mientras que para el esquema Superbee este porcentaje fue de 20% respecto a los perfiles de velocidades en los ejes de simetría del dominio, lo que se traduce en una mejora significativa del 25%. De igual forma vale aclarar que para los esquemas TVD, fue necesario disminuir el paso de integración temporal para llegar a la convergencia.

Discusiones – En la solución dada por los esquemas TVD se obtiene un comportamiento en los extremos de los perfiles de velocidad que se ajusta al de los datos de referencia, sin embargo, en el plano medio de los perfiles hay un desajuste que origina errores significativos.

Palabras claves – Método de volúmenes finitos, Esquemas TVD, RANS.

Referencias

Davidson, L., An introduction to turbulence models, 2010.
Ghia, U., et al, Journal of Computational Physics, 48: 387 – 411, 1982.
Pope, S., Turbulent flows, 2000.
Tamer A., et al, Alexandria Engineering Journal, 2016.
Versteeg, H K., et al, An introduction to computational fluid dynamics: The finite volume method, 2007.
Yapici, k., et al, Brazilian Journal of Chemical Engineering, 30 – 04: 923 – 937, 2013.

SOLIDIFICADORA DINÁMICA DE METALES

Cristian Barrera, Álvaro Villar, Mauricio Cetina, Carlos Castro

Universidad de La Sabana, Universidad Libre, Colombia

Núcleo Temático: Oscilaciones, Fundición, Diseño

Mejora microestructural del metal: ¿Cómo lograrla?

En la actualidad, el sector de industria metalúrgica tiene como uno de sus pilares fundamentales, los procesos de fundición estática. A través de diversos estudios, se ha demostrado que las características microestructurales de los metales pueden mejorarse con un proceso de solidificación dinámica, al reducir la aparición de defectos internos denominados dendritas, desencadenando mejoras en las características mecánicas de las distintas piezas.

Para tal fin, se consolida el diseño de un dispositivo que permita hacer el tratamiento dinámico respectivo al metal, mediante oscilaciones armónicas de alta frecuencia mientras el metal pasa por su fase de solidificación luego de fundirse. Al momento de evaluar los diseños, se considera mediante una matriz QFD los diferentes parámetros que en conjunto proporcionan el mejor diseño para tal fin. Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, se tomó como base el diseño estructural cubico que permite una buena estabilización y una buena transferencia de calor, de igual forma se diseña una cubierta exterior que permita proteger los componentes internos del calor, para el receptor de metal fundido, se diseña una camisa de arena con silicato de sodio al 7% y a su vez este sirve de molde con dimensiones de 20cm de alto por 5cm de diámetro, lo que asegura un entorno de trabajo controlado, a su vez, se elige un servomotor de 400W de potencia y 1,27 Nm, suficientes para mover la carga neta de trabajo de 6kg, para esto, la programación del servomotor se ajusta, para que el receptor de metal fundido oscile a intervalos de 0° a 90° con velocidad angular de 3000 rpm (50Hz) durante un periodo de 10 segundos, para luego extraer la probeta y llevarla a su posterior maquinado para pruebas de tensión y caracterización metalográfica, con el fin de evaluar las propiedades físicas del material.

Imagen 1: Estructura externa completamente ensamblada.

Imagen 2: Estructura interna con servomotor y transmisión

Con el diseño hecho y una vez construida la máquina, se evaluó los parámetros de funcionamiento mediante ensayos en vacío y con carga, luego se procede con el tratamiento dinámico del metal, para estos ensayos, se decide utilizar aluminio, ya que este proporciona mas estabilidad en el tratamiento. Se hace una prueba en estado estático para tener control y eventualmente se realiza 3 tratamientos dinámicos al aluminio, obteniendo los siguientes resultados.

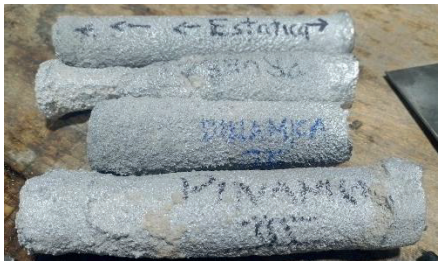


Imagen 3: Probetas resultantes antes y después del tratamiento dinámico

En primer lugar, la probeta estática tiene una forma más estilizada, procurando la geometría cilíndrica base del molde, mientras que en las pruebas dinámicas se observa la consecuencia del movimiento oscilatorio generado por el sistema de arrastre, se observa también las irregularidades estructurales a nivel macroscópico en donde se evidencia el efecto de la aceleración y desaceleración del sistema, esto permite establecer un más que evidente cambio en la estructura del material tratado.

Referencias

- Cardoso-Legorreta, E., Arenas Flores, A., & García, F. L. (2014). Effect of Mechanical Vibration during the Solidification Process of an Aluminium Alloy A356. In Advanced Materials

Research (Vol. 976, pp. 14–18). Trans Tech Publications, Ltd. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.976.14
- Chen, J., Chen, X., & Luo, Z. (2018). Effect of mechanical vibration on microstructure and properties of cast AZ91D alloy. Results in Physics, 11, 1022–1027. https://doi.org/10.1016/j.rinp.2018.10.047
- D. G. Morris (1981) Melting and solidification during dynamic powder compaction of tools steel, Metal Science, 15:3, 116-124, DOI: 10.1179/030634581790426606
- Miwa, K., Tamura, T., Li, M. J., Omura, N., & Murakami, Y. (2011). Effect of Vibration during Solidification to Obtain High Potential Metallic Materials. In Materials Science Forum (Vol. 690, pp. 162–165). Trans Tech Publications, Ltd. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.690.162
- P. Appendino, G. Crivellone, C. Muss, S. Cipriano. (2002). Dynamic solidification of sand-cast aluminium alloys. Metallurgical science and technology, 20, pp. 27-32.
- Ramesh Babu, N., Ramesh, M., Kiran Aithal, S., & Kotresh, K. (2018). Effect of Lateral Vibrations during Directional solidification on Mechanical Properties of Al-18%wt Si Alloys. In Materials Today: Proceedings (Vol. 5, pp. 6954–6962). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.358
- Sánchez-Cruz, A., Bedolla-Jacuinde, A., Guerra, F. V., & Mejía, I. (2020). Microstructural modification of a static and dynamically solidified high chromium white cast iron alloyed with vanadium. Results in Materials, 7. https://doi.org/10.1016/j.rinma.2020.100114
- Yadav, S., Tewari, S.P., Singh, J.K. et al. Effects of mechanical vibration on the physical, metallurgical, and mechanical properties of cast A308 (LM21) aluminium alloy. Int J Miner Metall Mater 29, 1206–1215 (2022). https://doi.org/10.1007/s12613-020-2209-7
- Yang, Z.-J & Cang, D.-Q & Li, Yu. (2011). Effect of mechanical vibration on solidification structure of pure Al. 60. 77-79+82.
- Zhai W and Wei B. (2019). Dynamic Solidification of Multiphase Alloys Within Ultrasonic Field. In F. Kongoli, G. Baiden, D. Dzombak, L. Guo, L. Liu, M. Poulton, P. Somasundaran (Eds.), Sustainable Industrial Processing Summit SIPS2019 Volume 6: Parameswaran Intl. Symp. / Sustainable Mining and Smelting (pp. 80-81). Montreal, Canada: FLOGEN Star Outreach
- Zhao, Zheyu & Fan, Z. & Dong, X. & Tang, B. & Pan, D. & Li, J.. (2010). Influence of mechanical vibration on the solidification of a lost foam cast 356 alloy. China Foundry. 7. 24-29

DISEÑO DE UN SISTEMA DE REALIDAD VIRTUAL ESCALABLE PARA SIMULAR LA UTILIZACIÓN DE UN TORNO INDUSTRIAL

Jose Adolfo Robayo; Luis Miguel Méndez
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
Núcleo Temático: Educación en Ingeniería, Realidad Virtual.

INTRODUCCIÓN

El diseño de un sistema de realidad virtual de un torno industrial permite al usuario conocer los procesos de mecanizado más comunes realizados con esta herramienta mecánica en la industria real. Este proyecto permite adquirir la experiencia de uso, conociendo los riesgos que puede tener para su integridad y así usarla de manera inadecuada.

El correcto uso de los tornos industriales requiere de varios requisitos, los cuales son omitidos por no conocerlos, alguno de ellos son utilizar ropa adecuada y accesorios de seguridad como gafas protectoras, ropa ajustada y evitar tener accesorios que puedan enredarse con las herramientas del sistema, ya que puede causar accidentes muy graves para el usuario. La intención de este sistema de realidad virtual es brindar al usuario el conocimiento del correcto uso del torno y así mismo experimentar la forma como se realizan los tipos de mecanizado de cilindrado recto, cilindrado cónico, ranurado, contra punto y refrentado. Este es un proyecto escalable para utilizar la variedad total de operaciones que se ejecutan con esta herramienta mecánica.

PROCESO:

La Modelación 3D: de los elementos físicos que se utilizan y observan en el proceso de torneado de piezas. De forma paramétrica, mediante software CAD, se modela cada pieza necesaria para la visualización del usuario y se ensamblan para verificar las dimensiones de acuerdo con los catálogos de los diferentes fabricantes de torno industriales. Esto permite ensamblar un conjunto estándar adaptable para el aprendizaje e identificar sus partes: el carro transversal, carro longitudinal, husillo, la caja Norton, entre otros. Esto se exporta a Unity, el motor y software de diseño de videojuegos. [García, 2021]

La Programación y ajuste de los elementos modelados en el software CAD, son programados mediante código *"Csharp"* (C#) para generar las secuencias de funcionamiento de la realidad virtual y mostrar al usuario su correcto uso, donde se programa un "*canvas*" de bienvenida o menú de inicio instructivo en el que se encontrarán con las advertencias de seguridad del uso de la herramienta y el reto a mecanizar una pieza para el aprendizaje.

En la realidad virtual se puede encontrar diferentes variables que el usuario podrá controlar de acuerdo con los parámetros del sistema, como el tipo de mecanizado, el movimiento de los carros, la velocidad del husillo, posición del buril, material a mecanizar y elementos de seguridad como se ve en la *ilustración 1*. También controlables por mandos físicos donde el usuario puede mover los carros como en la realidad, montaje similar a la *Ilustración 2*

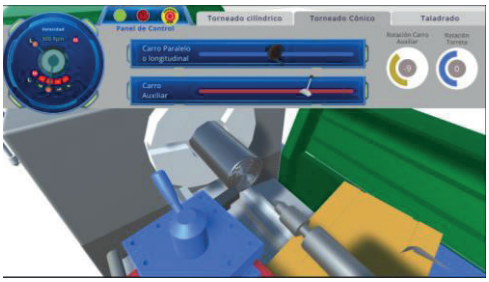


Ilustración 1:Interfaz de realidad virtual Simulación de Mecanizado.

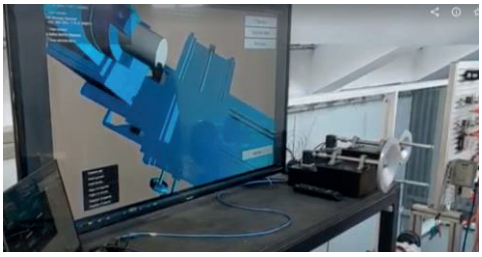


Ilustración 2:Conexión con mandos físicos, perillas de torno en función de la realidad virtual de Unity 3D.

CONCLUSIÓN:

El uso de la realidad virtual está a favor del aprendizaje en la ingeniería reduciendo la posibilidad de tener accidentes mientras se aprende en un torno real, generando conciencia en los usuarios de las normas de seguridad que deben de tener en cuenta.

REFERENCIAS

- García, Santiago Andrés. Módulo de comunicación entre un volante háptico de carro de avance y un entorno de realidad virtual para la simulación de un torno híbrido virtual. 2021.
- Barrios, David. Desarrollo y Ensamble de Scripts en el lenguaje C# para Videojuegos de plataformas independientes con enfoques sociales mediante el motor de Unity 3D. 2019.

ÁNALISIS EXERGÉTICO DE UN DISTRITO TÉRMICO OPERANDO CON FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGÍA

Daniel Beltran Torres, Juan Zapata-Mina, Alvaro Restrepo

Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia

Núcleo Temático: Energías limpias

Introducción

Ante el aumento del deterioro ambiental los gobiernos alrededor del mundo han buscado emplear estrategias orientadas a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), así como el uso de sustancias agotadoras de ozono (SAO). Este fenómeno, ha provocado un aumento en la demanda de energía eléctrica en sectores como el residencial, comercial e industrial [Ritchie et al, 2019]., debido al intensivo uso de equipos acondicionadores de aire [IEA, 2018]. Una alternativa para subsanar dicho problema son los distritos térmicos (DT), los cuales son un conjunto de dispositivos interconectados que actúan como sistemas centralizados, con el fin suplir la demanda de calentamiento o enfriamiento de las edificaciones [Guelpa et al, 2019]. Sin embargo, con regularidad estos sistemas dependen de fuentes convencionales de energía (FCE) como combustibles fósiles y gas natural, lo cual hace que sea una solución parcial. Por lo tanto, en los últimos años se ha incentivado el uso de fuentes no convencionales de energía (FNCE) como la energía solar, eólica, biogás, entre otras, en la operación de los DT. No obstante, la evaluación de estos sistemas operando con FNCE, se ha realizado desde perspectivas económicas y ambientales, sin considerar aspectos técnicos que pueden afectar su desempeño. La evaluación de desempeño de los DT es de gran importancia, por lo tanto, es necesario establecer una metodología que considere las interacciones del sistema con el ambiente y a su vez los cambios que se presentan durante el funcionamiento del mismo [Dincer, 2015]. El análisis exergético permite evaluar un proceso considerando los aspectos mencionados anteriormente, y ha sido ampliamente utilizado para determinar el desempeño de un sistema operando en diferentes condiciones [Szargut et al, 1987]. Por lo tanto, el propósito de este trabajo es realizar un análisis basado en primera y segunda ley de la termodinámica de la operación de un modelo de DT convencional, cuya energía es suplida por medio de una fuente no convencional de energía.

Métodos

El estudio se realizó considerando un DT convencional, el cual se compone de una unidad generadora tipo turbina de gas, un chiller eléctrico que opera con R-134a, un chiller de absorción que utiliza una mezcla de bromuro de litio con agua, una torre de enfriamiento de tiro forzado y una serie de cámaras de mezclado que comunican los equipos (chiller) con la edificación y la torre, como se muestra en la Figura 1. Para la evaluación exergética del DT se plantearon tres alternativas, una primera alternativa o línea base en la que se considera el conjunto previamente descrito, en la segunda alternativa se opera el DT con biogás obtenido a partir de residuos sólidos urbanos, y en la tercera se considera un ciclo de absorción modificado operando con biogás.

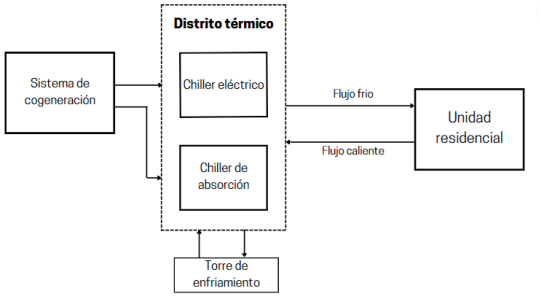


Figura 1: Configuración del esquema DT a analizar.

Resultados y discusión

Como resultados parciales de esta investigación se ha logrado determinar que los procesos asociados a intercambios de calor de gran magnitud generan una mayor destrucción de exergía, así mismo, se ha comprobado que el análisis exergético es altamente susceptible al cambio de las condiciones ambientales, probando que estos reflejan con mayor exactitud los comportamientos de sistemas térmicos.

Referencias

IEA, The Future of Cooling, IEA, 2018.

Guelpa, E, *et al*. Thermal energy storage in district heating and cooling systems: A review. Applied Energy, 252, 113474, 2019.

Ritchie, H, *et al*. Energy. Our World in Data, 2022.

Szargut, Jan, David R. Morris, and Frank R. Steward. Exergy analysis of thermal, chemical and metallurgical processes. 1987.

Dincer, Ibrahim, and Marc A. Rosen. Exergy analysis of heating, refrigerating and air conditioning: methods and applications. Academic Press, 2015.

DISEÑO DE TURBINA MICHELL BANKI PARA LAS CONDICIONES DEL DISTRIRO DE RIEGO CANAL IGUÁ – CAMPOALEGRE (HUILA)

Camila Cerquera Sandoval[1], Freddy Sotto Capera[1], Juan Gonzalo Ardila Marín[1]
1. Universidad Surcolombiana, Colombia.

Núcleo Temático: Energía Hidráulica (Energías del Futuro)

Introducción

El Canal Iguá es un distrito de riego que está ubicado entre los municipios de Campoalegre y Hobo. En el lugar conocido como "La Parrilla" se dispone de un caudal superior a los 800 L/s con una cabeza de 20 m. Para lograr el objetivo de diseñar una turbina Michell Banki se procedió con la determinación in situ de los parámetros necesarios para emplearlos como inputs en el cálculo de la turbina, el sistema de transmisión, la estructura y la conducción de fluido desde una bocatoma hasta el inyector, teniendo en cuenta las recomendaciones de la OLADE y otra literatura disponible; posteriormente se procedió con la planeación de la fabricación e instalación de la micro-central y la tubería de conducción empleando herramientas CAD.

Métodos, Resultados y Discusión

El antecedente de este proyecto es el trabajo de [Cerquera & Ramírez, 2020], que consistió en el estudio del potencial energético del canal Iguá. La verificación del salto aprovechable por el método topográfico se realizó con una estación total Nikon NPL 322 de pulsos láser sin prisma. Para la verificación del caudal disponible se realizaron aforos directos, y se empleó el método de área y velocidad basado en el principio de continuidad. los datos de diseño fueron altura total H = 20 m, altura de diseño Hd = 15 m, caudal de diseño Q = 240 L/s. Atendiendo las recomendaciones de [OLADE, 1982] se establece la rapidez de giro del rotor según el rango de aplicación definido por los números específicos de revoluciones Nq entre 18 y 60 y Ns estre 60 y 200. Entonces se establece un rango de rapidez de giro entre 80 y 930 rpm, pero teniendo en cuenta que el diámetro del rotor es inversamente proporcional a dicha rapidez y que la vida útil de los elementos de máquinas rotativos depende de la cantidad de ciclos de trabajo, se optó por diseñar geométricamente el rotor para que, dadas las condiciones, girará con una rapidez media-baja, así para este proyecto se diseñó para una rapidez de giro de 400 rpm. El análisis del diseño hidráulico se llevó a cabo mediante los triángulos de velocidades a la entrada y salida de cada etapa de interacción del fluido con el rotor como fue propuesto por [Vásquez, 2007], quien sugiere adoptar un ángulo $\alpha_1 = 16.102^o$ entre la velocidad absoluta y la velocidad tangencial a la entrada de la primera etapa, con lo que se obtiene un ángulo $\beta_1 = 30^o$ entre la velocidad relativa y la velocidad tangencial. Además, afirma que, según investigaciones realizadas, el coeficiente de velocidad del inyector kc = 0,967. A partir de acá se establecieron los diámetros externo De = 0.38m e interno Di = 0.25m del rodete y se verificó la potencia entregada en cada etapa de 23.7 y 6.6kW, respectivamente, para estimar la potencia total de 30.39kW y la potencia eléctrica esperada de 24kW, considerando eficiencias de generador 85%, de transmisión 93% y la de turbina de 64.7% se calculó según la ecuación general de las turbinas reportada por [OLADE, 1982]. La selección del número de álabes se realizó en base al diámetro y las condiciones de altura y caudal, teniendo en cuanta las recomendaciones de [Cardona, 2016], así se estableció que el número óptimo de álabes sería 30. El ancho del rodete se estableció en función del área de admisión, el paso entre álabes y el número de álabes en la admisión, para determinar este último parámetro se empleó la relación de número de álabes sugerida por [Arellano, 2015] < 0.35. Usando 0.13 se previeron 4 álabes en la admisión, para lo cual el ancho del rodete se estableció en 0.28m. Se atendieron las sugerencias de [OLADE, 1982] para el dimensionamiento del inyector a partir del diámetro del rodete. En la Figura 1 se presenta el modelo CAD de la turbina diseñada.

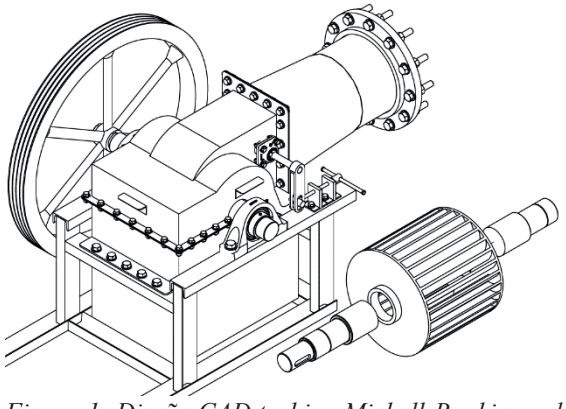


Figura 1: Diseño CAD turbina Michell-Bnaki canal Iguá (Campoalegre – Huila).

Referencias

Cerquera & Ramírez, USCO, 2020.
OLADE, OLADE, 1982.
Vásquez, USAC, 2007.
Cardona, ITM, 2016.
Arellano, UNCP, 2015.

DISEÑO CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE IMPRESIÓN 3D PARA PASTAS CERÁMICAS

Johan Sebastian Niño Zartha, David Steven Vivas Rincón, Edgar Absalón Torres Barahona, Edwin Francis Cárdenas Correa

Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia, Colombia

Diseño, materiales y procesos

Introducción

El presente resumen muestra el diseño, construcción y evaluación de desempeño de un sistema de inyección y extrusión de pasta cerámica, acoplado a una unidad de posicionamiento cartesiano, para constituir un dispositivo de impresión 3D. El propósito es la obtención de piezas cerámicas con características personalizadas o de geometría compleja difíciles de obtener por técnicas convencionales de producción.

La impresión 3D tiene un desarrollo importante en el contexto mundial con la impresión de materiales poliméricos y metálicos, sin embargo, la impresión de material cerámicos se viene dando solo durante la última década, mostrando un alto potencial para la exploración de productos cerámicos avanzados. En el ámbito internacional el tema ha sido abordado en china (Zhao et al., 2020), además de algunos avances que se han dado en otros países como España(Varghese et al., 2018) e India. Este campo se ha desarrollado con más celeridad desde el año 2017. A su vez en el ámbito nacional la universidad de Antioquia realizó un trabajo del tema caracterizando un material y realizando un estudio después de generar algunas probetas de material cerámico (Ordoñez et al., 2019).

Metodología

La metodología empleada en la construcción de este dispositivo fue el diseño experimental, como resultado el dispositivo cuenta con tres sistemas principales. El sistema mecánico constituido por una unidad de posicionamiento cartesiano que integra una estructura, 4 motores paso a paso y 3 sensores fin de curso.

El sistema de inyección es un dispositivo de cilindro-émbolo, de diseño propio. El émbolo para arrastre de material es accionado por un sistema externo de presión de aire que garantiza el suministro de material requerido por el sistema de extrusión.

El sistema de extrusión es un dispositivo de diseño propio que cuenta con un tornillo basado en el principio del tornillo de Arquímedes, además una camisa que permite el ingreso de material.

El hardware para el control, lo integra una tarjeta Arduino mega 2560, 4 drivers controladores TB6600. El sistema es parametrizado por el firmware Marlín (código abierto) y controlado por el software Cura.

Resultados

Se consolidó un dispositivo de impresión tridimensional con la capacidad de modificar sus parámetros tales como velocidad de movimiento en cada uno de los ejes, control de presión de aire en el inyector, control de flujo de material y velocidad de extrusión. El sistema desarrollado que permite fabricar piezas en pastas cerámicas, las cuales cuentan con diferentes composiciones químicas y propiedades mecánicas.

El sistema, mostrado en la figura 1, es aplicado en el Laboratorio de Materiales Cerámicos, de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Figura 1: proceso de impresión de piezas cerámicas.

Referencias

Ordoñez, E., Gallego, J. M., & Colorado, H. A. (2019). 3D printing via the direct ink writing technique of ceramic pastes from typical formulations used in traditional ceramics industry. *Applied Clay Science*, *182*(53), 105285. https://doi.org/10.1016/j.clay.2019.105285

Varghese, G., Moral, M., Castro-García, M., López-López, J. J., Marín-Rueda, J. R., Yagüe-Alcaraz, V., Hernández-Afonso, L., Ruiz-Morales, J. C., & Canales-Vázquez, J. (2018). Fabricación y caracterización de cerámicas medinate impresión 3D DLP de bajo coste. *Boletin de La Sociedad Espanola de Ceramica y Vidrio*, *57*(1), 9–18. https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2017.09.004

Zhao, H., Ye, C., Xiong, S., Fan, Z., & Zhao, L. (2020). Fabricating an effective calcium zirconate layer over the calcia grains via binder-jet 3D-printing for improving the properties of calcia ceramic cores. *Additive Manufacturing*, *32*(December 2019). https://doi.org/10.1016/j.addma.2019.101025

CALIDAD SUPERFICIAL EN COMPONENTES DE ACERO OBTENIDOS POR MANUFACTURA ADITIVA FFF

Isabel Cristina Sierra Calderón (1), Liz Karen Herrera Quintero (2)

1. Universidad Nacional de Colombia, Colombia; 2. Universidad Nacional de Colombia, Colombia

Diseño, materiales y procesos: Manufactura aditiva

Introducción

Dentro de los procesos de producción que han revolucionado la industria manufacturera moderna del metal se encuentra la manufactura aditiva (AM por sus siglas en inglés), también conocida como impresión 3D, la cual hace uso de tecnologías de diseño asistido por computador (CAD) para crear sólidos tridimensionales mediante la unión de capa tras capa de material con la composición y forma requerida [Burkhardt, 2020].

Los métodos de fabricación por AM permiten trabajar con gran variedad de materiales incluyendo metales, cerámicos, intermetalicos, compuestos y aleaciones; por ello pueden ser clasificados en base al tipo de materia prima utilizada [Bandyopadhyay, 2020]. También pueden clasificarse según el tipo de energía utilizada en procesos basados en fusión y basados en sinterización, estos últimos incluyen procesos de extrusión de material, injección de aglutinante, y fotopolimerización. Dentro de la categoría de extrusión de material se encuentra la tecnología de fabricación de filamentos fundidos (FFF) proceso en el cual el material es extruido a través de una boquilla; los materiales típicos usados son pellets o filamentos de polímeros termoplásticos, compuestos, y polímeros de alto llenado con metales o cerámicos [Gonzalez-Gutierrez, 2018].

Las ventajas de esta técnica son que hace uso de equipo de bajo costo, maneja gran variedad de materiales, tiene facilidad de uso, se permite en espacios de construcción pequeños y grandes, y tiene posibiliad de piezas de multi-materiales. Sin emabargo también presenta importantes desventajas como superficies rugosas limitadas por el radio de boquilla, baja precisón y velocidad, anisotropía de las propiedades, y necesidad de uso de estructuras de soporte.

En general, las tecnologías de AM basadas en sinterización, incluido el proceo FFF, cuentan con cientos de parámetros que necesitan ser controlados, desde la obtención de los polvos metálicos, la preparación de la mezcla de termoplásticos y elaboración de los filamentos, pasando por el proceso de impresión en donde además de los parámetros intrínsecos del proceso interviene la calidad de las herramientas y capacidad tecnológica, hasta los procesos de remoción del aglutinante y sinterizado [EPMA, 2017].

Por lo anterior, se busca obtener componentes metálicos de acero de herramientas mediante FFF garantizando la calidad superficial y confiabilidad del proceso de fabricación identificando cómo las variables de tiempo y temperatura se sinterización influencian la variación dimensional, así como la porosidad.

Métodos

Se realizó un diseño experimental para evaluar el efecto de las variables tiempo y temperatura de sinterización en la densidad, contracción y rugosidad superficial de componentes de acero de herramientas H13 obtenidos por FFF. Se manejaron temperaturas entre los 1350°C y 1450°C y tiempos entre 60 y 120 minutos. Se realizó todo el proceso de fabricación partiendo de los polvos metálicos e incluyendo la preparación de la mezcla de polímeros, pelletizado, extrusión del filamento, impresión de probetas, despolimerizado y sinterización. Se tomaron mediciones a las probetas impresas y sinterizadas para evidenciar los cambios entre ambas fases del proceso. Las mediciones de densidad y contracción se hicieron por el método de Arquímedes en balanza digital y metrología dimensional; la rugosidad superficial fue medida mediante la técnica de microscopía óptica confocal.

Resultados

La Tabla 1 muestra un resumen de los resultados obtenidos.

Etapa	Densidad [g/cm^3]	Contracción [%]	Rugosidad [µm]
Impresión	4,43	1,5	25,653
Sinterizada	6,99	16	17,026

Tabla 1: Resultados promedios de mediciones en densidad, contracción y rugosidad.

Se evidenció un incremento en la densidad promedio de casi el 57%, obteniendo densidades cercanas al 90-95% de la densidad del acero H13. La contracción volumétrica tomando como referencia el modelo original en CAD fue de aproximadamente el 16%, correspondiendo un 10% a la contracción en el plano XY, y un 6% a la contracción en el eje Z de impresión.

En cuanto a la rugosidad superficial, se muestran datos promedios, sin embargo, ésta muestra gran variación con la temperatura de sinterización. Se obtuvieron rugosidades superficiales de aproximadamente 15,424 µm en la dirección del plano XY de impresión y de 22,347 µm en la dirección del eje Z.

Discusión

Los resultados obtenidos muestran una directa relación de las variables estudiadas con los parámetros de tiempo y temperatura de sinterización, ya que, si bien se pueden evidenciar defectos de procesos previos al de sinterización, la correcta combinación de estos dos parámetros genera el ambiente propicio para una mayor densificación de los componentes, reducción de porosidades y así mismo mejor acabado superficial alcanzando rugosidades por debajo de los 20 µm.

Por otra parte, se evidenció que a mayor temperatura de sinterización hay una mayor distorsión geométrica de los componentes ya que se promueve la formación de fase líquida, sin embargo, puede ser compensado con los tiempos de sinterización y con el porcentaje de carga metálica. De igual manera sinterizar en presencia de fase líquida genera una mayor probabilidad de segregación de partículas de segunda fase como carburos y un mayor crecimiento de granos, de esta forma no se sacrifican propiedades mecánicas o estructurales por calidad superficial y se mejora la competitividad de la técnica en el mercado.

Referencias

Bandyopadhyay A. et al, «Recent developments in metal additive manufacturing,» Current Opinion in Chemical Engineering, vol. 28, pp. 96-104, 2020.

Burkhardt C., «Beginner's Guide to 3 Leading Sinter-based Metal Additive Manufacturing Technologies,» Powder Injection Moulding International, vol. 14, nº 1, 2020.

EPMA, Introduction to Metal Injection Moulding Technology, Reino Unido: Cuarta Edición, 2017.

Gonzalez-Gutierrez J. et al, «Additive Manufacturing of Metallic and Ceramic Components by the Material Extrusion of Highly-Filled Polymers: A Review and Future Perspectives,» Materials, vol. 11, nº 840, 2018.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado a través del proyecto: Desarrollo tecnológico para la fabricación de herramientas metálicas mediante técnicas de manufactura aditiva basada en extrusión para aplicaciones de alta temperatura y desgaste usadas por la industria de autopartes colombiana, código 82305 con contrato de financiamiento de recuperación contingente número 2021-1012 de 2021 celebrado entre el instituto colombiano de crédito educativo y estudios técnicos en el exterior "Mariano Ospina Pérez"- ICETEX, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación y la Universidad Nacional de Colombia.

ANÁLISIS DE ESFUERZO Y DEFORMACION DE UN MODELO SIMPLIFICADO DE TURBINA H-DARRIEUS CON PERFIL NACA 0018

José D. Cardona C. (1), Juan G. Ardila M. (2), Diana C. Polania M. (2)
1. Instituto Tecnológico Metropolitano, Colombia; 2. Universidad Surcolombiana, Colombia.

Núcleo Temático: Energía Hidráulica (Energías del Futuro)

Introducción

Para la transformación de la energía que se encuentra en el flujo de agua, se requieren dispositivos como las turbinas hidrocinéticas [Ibrahim, 2021]. Dentro de la familia de las turbinas hidrocinéticas, la turbina H-Darrieus conserva el mismo principio de funcionamiento que su equivalente eólica [Guney, 2011]. Dentro de los parámetros de diseño, se tienen presente las dimensiones del rotor y la geometría del perfil hidrodinámico [Lam, 2016]. La variación de estos parámetros permite aumentar o disminuir la capacidad en el aprovechamiento de energía cinética que contiene el flujo. Sin embargo, los esfuerzos y las deformaciones a las que se somete este tipo de dispositivos dependerán de la densidad del fluido [Bahaj, 2003]. Al aumentar la turbulencia del fluido, no solo se afecta la eficiencia de la turbina, sino que también se aumentan los esfuerzos mecánicos en la estructura, lo cual contribuye a la deformación de los componentes de la turbina H-Darrieus [Gorle, 2021].

Métodos

La realización del presente estudio constó de dos etapas. En la primera etapa se realizó el modelamiento del rotor de la turbina en 2D. El cual consta de un dominio rotacional compuesto por dos anillos (diámetro exterior 1200 mm y diámetro interior 600 mm) y los álabes se encuentra ubicados en un diámetro de 900 mm como se presenta en la Figura 1.

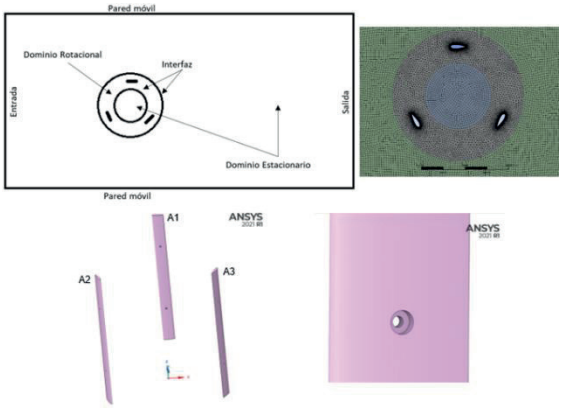


Figura 1: Geometría 2D y mallado para CFD, y geometría 3D para FEA.

Estos modelos se desarrollaron para las posiciones de 0°, 30°, 60° y 90°, en las cuales el rotor fue rotado y se tomó de referencia uno de los álabes. Luego de ser mallado y discretizado el modelo 2D de la turbina, se procedió a realizar la configuración de la simulación en el módulo *FLUENT®* de *ANSYS®*. Allí se implementó una solución en estado estático, posteriormente se seleccionó el modelo de turbulencia *k-ω SST (shear stress transport),* seguidamente se configuró el agua como fluido de trabajo con un 10% de turbulencia, además de una velocidad de entrada de 1 m/s y una presión de salida de 0 Pa manométricos. Para la segunda parte del estudio, se procedió a la exportacion de los valores de presión generados, luego, se realizó el modelado 3D. Finalmente, tanto el modelo 3D simplificado de la turbina como los datos de presión, fueron llevados al módulo de *FEA®* de *ANSYS®* con un material PA66.

Resultados

En la Figura 2 se presentan los resultados de esfuerzo y deformacion del modelo simplificado de la turbina H-Darrieus, en ella se presenta el punto en el cual la turbina presentan sus mayores valores de esfuerzo y deformacion, en una posicion de 30° con 1.69 MPa y 2.73 mm, respectivamente.

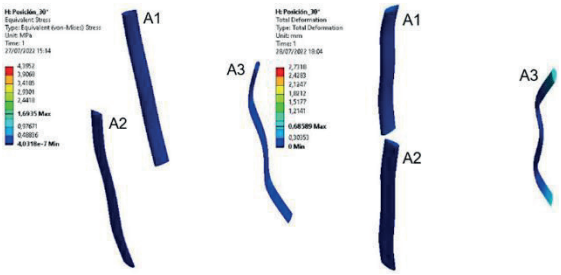


Figura 2: Esfuerzo (a) y deformación (b).

Discusión

Se lograron evidenciar los esfuerzos y las deformaciones a las cuales es sometido el dispositivo, especialmente en los puntos donde se ubican los soportes fijos, ya que es allí donde se concentran las mayores fuerzas.

Referencias

Bahaj *et al*, *Renewable Energy*, 2205–2211, 2003.
Gorle *et al*. *Sustainable*, 2021.
Guney *et al, Renewables*, 3669–3675, 2011.
Ibrahim *et al*, *Energy Reports*, *7*, 2021–2042, 2021.
Lam *et al*, *Renewable Energy*, *90*, 386–39, 2016.

ESTIMACIÓN DE LA PRESIÓN ADECUADA EN UN SISTEMA PCAST PARA LA FABRICACIÓN DE HIDROSOCKETS

Laura González-Henao (1), Cesar Arevalo-Cabrera (1), Claudia Lara-Herrera (1), Gladys Villamizar-Garzón (2)

1. Universidad ECCI, Bogotá, Colombia; 2. Hospital Militar Central, Bogotá, Colombia

Núcleo Temático: Biomecánica

Introducción

El socket es parte fundamental en un dispositivo protésico, por tanto, se debe garantizar un buen ajuste entre este y el muñón con la finalidad de brindar confort y satisfacción en la movilidad del paciente [Tuner, 2020]. Por tal razón, se han venido implementando nuevas alternativas de moldeo del socket, con las cuales se busca depender menos de las habilidades y experiencia del protesista, obteniendo iguales o mejores resultados en el molde. Una de estas técnicas, utilizada en países en desarrollo, es el moldeo por presión hidrostática (PCAST), en la cual, la presión interna requerida en el tanque (Figura 1) para obtener el molde, depende principalmente del peso y la geometría del muñón [Laing, 2011]. En este trabajo se estima la presión interna adecuada en un dispositivo PCAST, teniendo en cuenta, además del peso del paciente y el perímetro del muñón, la actividad física y la firmeza del tejido. Este dispositivo será usado para la obtención de hidrosockets en pacientes con amputación transfemoral y transtibial del Hospital Militar Central.

Métodos

En el sistema PCAST una membrana sirve como interfaz entre el muñón y el agua interna del tanque.

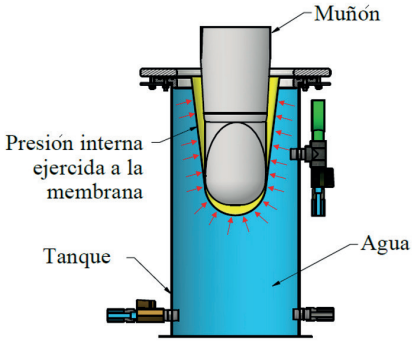


Figura 1: Tanque para moldeo por presión hidrostática (PCAST).

Para equilibrar la presión ejercida por el peso del paciente y, adicionalmente, obtener de forma fiel la geometría del muñón, se bombea agua desde una fuente externa hasta alcanzar la presión interna adecuada, determinada con anterioridad, en función de las condiciones del paciente. Esta presión fue estimada usando el principio de Pascal y otros parámetros como: el perímetro de la circunferencia del muñón [Hamzah, 2022], la firmeza del tejido (suave, medio y firme) [Colombo, 2016] y el nivel de la actividad física del paciente (K1, K2, K3, K4) [Medicare, 2018].

Resultados

La Figura 2 presenta el comportamiento de la presión que se debe alcanzar al interior del tanque en función del peso del paciente (30 kg - 170 kg) y la circunferencia del muñón (230 mm - 580 mm), para obtener un hidrosocket con ajuste adecuado.

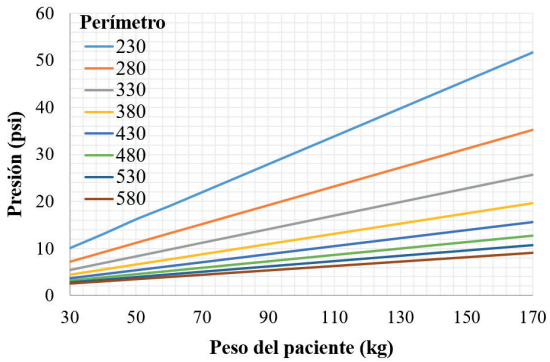


Figura 2: Presión requerida en el sistema PCAST con respecto al peso y el perímetro del paciente.

Discusión

A partir de los resultados se concluyó que las variables que más aportan en la estimación de la presión de moldeo son el peso y el perímetro del muñón. Observando que, a mayor peso del paciente y menor perímetro, la presión aumenta, teniendo así una relación directa e inversamente proporcional, respectivamente. Sin embargo, la firmeza del tejido y el nivel de actividad física, también influyen en menor porcentaje en la presión de moldeo.

Referencias

Colombo G. *et al*, Digital Human Modeling and Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management, 75-81, 2016.

Hamzah N. *et al*, BioMed Research International, 1-9, 2022.

Laing S. *et al*, Annals Academy of Medicine, 40:,2011.

Medicare, Local Coverage Determination, 2018.

Tuner S. *et al*, Archives of Rehabilitation Research and Clinical Translation, 2:1-10, 2020.

DISEÑO DE UN RECOLECTOR DE ENERGÍA DISPONIBLE EN DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES

Ana Patricia Jaimes Marcelo (1), Jorge Bedolla Hernández (2), Juan Manuel Juárez Rodríguez (3)
1. Estudiante, México; 2. Docente, México; 3. Estudiante, México

Núcleo Temático: Energías del Futuro, Energía hidráulica

Introducción:

Existen diversos sistemas de producción en los cuales se genera energía cinética, como en chimeneas, líneas de vapor, descargas de agua, vibraciones sostenidas. Las descargas de agua son una alternativa de alto nivel para la recuperación de energía, ya que se ha identificado con una cantidad elevada de generación de energía cinética. Por lo que se propone el estudio y diseño de sistemas que puedan capturar esa energía de desecho, considerando geometrías que interactúen o puedan interactuar con la energía cinética de desecho.

Métodos:

Dentro de la empresa Confetex S.A. de C.V. en Teziutlán Puebla se encuentra una planta tratadora de agua la cual se encarga de la limpieza del fluido, esta esta dividida en puntos específicos; Se presenta el análisis de energía cinética disponible en un punto bypass donde se retorna el 70% de agua al punto dos, denominado laguna:

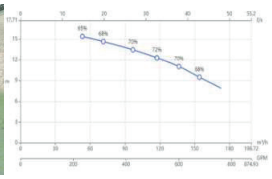


Figura 1 Bypass de retorno, Figura 2 Curva caracteristica, bomba de 7.5 hp [CV,2022]

Esta salida de bypass se utiliza ya que la bomba sumergible que se encuentra en el fondo de la laguna es de una potencia elevada arrojando alrededor de 30 l/s, ya que la altura a la que debe elevar el fluido es alrededor de 10 a 12 metros, se cuenta con bomba sumergible de 7.5 Hp, en la actualidad se ha trabajado con bombas de menor potencia, pero estas tienden a dejar de funcionar ya que la densidad y temperatura del agua es mayor que con la que son caracterizadas, por lo que provoca que se deba utilizar una de mayor potencia, el bypass se origina a partir de que la entrada permisible al siguiente punto denominado DAF es de un máximo de 10 l/s en su eficiencia del 100%, en la actualidad permite como máximo 8.9 l/s, contemplando lo anterior se calcula y se mide un retorno a la laguna de aproximadamente 20 l/s . Para la obtención de la información necesaria para el dimensionamiento del diseño se obtuvieron los datos que se involucran para generar energía cinética.

Los datos mostrados en las figuras 3 y 4 se pudieron obtener realizando muestras durante 20 días dentro de la planta tratadora por lo que se procedió a realizar la modelación de la energía cinética disponible. [I. Martín,2011]

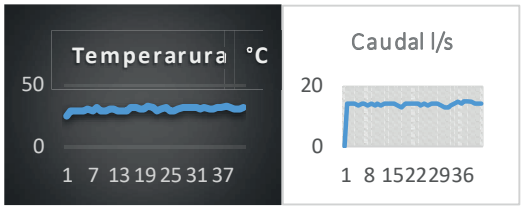


Figura 3 Temperatura °C y Figura 4 Caudal l/s

Resultados:

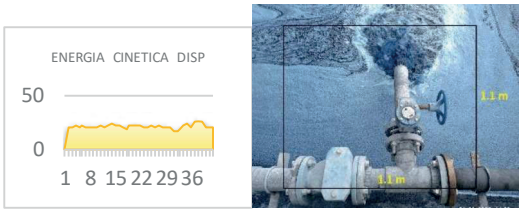


Figura 5 Energía cinética disponible

Figura 6 Dimencionamiento y origen de recolector

$$Ec = \frac{FM1 * V1^2}{2} \qquad (1)$$

Con la ecuación 1, se estima una recolección aproximada de 20 W por lo que se procedió a realizar el dimensionamiento del recolector teniendo un modelo de microturbina ilustrado en las figuras 7 y 8. [Díez.2019]

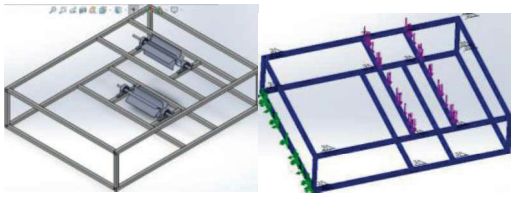


Figura 7 y Figura 8 Sistema Recolector

Discusión: El trabajo presentado anteriormente se encuentra en desarrollo teniendo como primer prueba y caracterización en el mes de enero del año entrante, con un generador de energía acoplado, hasta el momento se encuentra viable el aprovechamiento de esta energía en perdida.

Referencias

CV, N. I. (12 de Octubre de 2022). *NABOHI EQUIPOS SUMERGIBLES*. Obtenido de NABOHI EQUIPOS SUMERGIBLES: hpps://www.nabohi.com/es/index

Díez, P. F. (13 de NOVIEMBRE de 2019). TURBINAS HIDRAULICAS. CANTABRIA.

I. Martín, R. S. (2011). *MECÁNICA DE FLUIDOS*. CALIFORNIA: Castro Street.

ESTRATEGIA PARA ASIGNAR CONJUNTOS DE TOLERANCIAS EN INGENIERÍA INVERSA EN PIEZAS FABRICADAS POR MANUFACTURA ADITIVA

Victor Ruiz R. (1), John Forero C. (2)

1;2 Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

Núcleo Temático: Diseño, Materiales y Procesos

Introducción

El reemplazo de partes mecánicas sin información técnica de producto supone el reto de lograr un conjunto de dimensiones y tolerancias que garantice la funcionalidad en servicio a un costo apropiado. [Hoffman,2014]

El desarrollo de ingeniería inversa apoyado técnicas de metrología óptica y manufactura aditiva se convierten en una herramienta poderosa para lograr reemplazar partes de una manera muy aproximada a la pieza original, sin embargo, es necesario controlar los aspectos asociados a la asignación adecuada de tolerancias combinada con los factores asociados al proceso de manufactura que pueden influir en la calidad y por tanto en el desempeño de la pieza en operación.

Se propone una estrategia de asignación de tolerancias de manufactura a partir de un diseño experimental que involucra partes de un ensamble físico controlado, escaneo óptico de las piezas originales, obtención del modelo CAD, asignación de tolerancias y nueva fabricación mediante manufactura aditiva y escaneo óptico de las piezas fabricadas y verificación respecto a las dimensiones originales.

En el análisis no se tuvo en cuenta el acabado superficial únicamente las características dimensionales y geométricas.

Métodos

Se trabajó sobre un ensamble de bloque en V, el cual fue adquirido sin información dimensional específica.

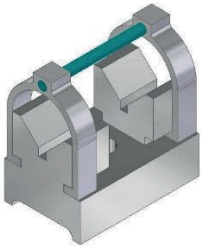


Figura 1: Ensamble trabajado en el análisis experimental

A partir del escaneo óptico se obtuvo un modelo CAD y se asignó un conjunto dimensional para iniciar la manufactura de las piezas. Se planteó un diseño experimental de Taguchi variando la velocidad de impresión, la altura de capa, la temperatura de la boquilla y la orientación de la parte a ser fabricada. Se obtuvieron 12 corridas del experimento.

Una vez se fabricaron las piezas se midieron mediante escaner óptico y se compararon los datos obtenidos respecto al modelo inicial. También se revisó la intercambiabilidad de las partes obtenidas para diferentes corridas.

A partir de los resultados de las comparaciones se planteó una asignación de tolerancias para cada pieza que garantizara el adecuado montaje entre partes e intercambiabilidad entre las mismas.

Resultados

Se evidenció que la orientación de las partes para la impresión es uno de los aspectos que mayor influencia tiene al analizar las dimensiones, , la velocidad de impresión y la altura de capa tienen igualmente influencias dentro de lo esperado, de acuerdo con la literatura consultada [Lieneken,2016],[Schaechtl,2020].

La intercambiabilidad es un aspecto a tener en cuenta pues se presentaron dificultades para ensamblar partes de diferentes corridas. es posible definir conjuntos de tolerancias de acuerdo con la criticidad de las cotas para el ensamble de una manera más controlada que la simple asignación de tolerancias sugeridas por las normas ISO 2768-1 y 2.

Discusión

Se evidenció la influencia de las condiciones del proceso en las dimensiones finales de las partes requiriendo conjuntos de tolerancias que sean poco sensibles a las condiciones del proceso. Es recomendable desarrollar análisis de acumulación de tolerancias para controlar la criticidad de las cotas y mejorar la intercambiabilidad entre partes.

Referencias

Hoffman et al, Procedia CIRP 84:311–315, 2019
Lieneke et al, Procedia CIRP 43:286-291, 2016
Schaechtl, et al, Procedia CIRP 92:27-32, 2020

CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE FILAMENTO EXTRUIBLE PARA IMPRESIÓN 3D, FABRICADO A PARTIR DE ÁCIDO POLILÁCTICO (PLA) Y ADITIVADO CON POLIURETANO TERMOPLÁSTICO (TPU) Y POLIETILENGLICOL (PEG)

Cristian Felipe Otálora Roa (1), Liz Karen Herrera Quintero (2)

1. Ingeniero Químico, Universidad Nacional de Colombia, Estudiante de maestría en Ingeniería - Materiales y Procesos, Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica de la Facultad de Ingeniería, Bogotá, Colombia, cfotalorar@unal.edu.co

2. PhD. Ingeniería de Materiales, Universidad Nacional de Colombia, Docente del departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica de la Facultad de Ingeniería, Bogotá, Colombia, lkherreraq@unal.edu.co

Palabras clave: ***plastificante, deformación, FDM, SEM, tracción y fractura.***

Núcleo Temático: Diseño, Materiales y Procesos | Manufactura Aditiva

Introducción

El PLA es un material termoplástico de bastante interés en la industria, debido a que por su naturaleza biológica cuenta con múltiples aplicaciones y características que no poseen muchos de los materiales poliméricos sintéticos. Es obtenido a partir de recursos o fuentes renovables, lo que lo convierte en un ejemplar bastante apetecido en la industria de materiales, además, es muy utilizado como agente de impresión 3D, debido a que en la industria de la manufactura aditiva es de los materiales que presenta mejor desempeño de impresión.

Resinas vírgenes de PLA resultan difíciles de extruir por si solas, dada la alta higroscopía y dureza del PLA como componente puro. Por ello es que en los últimos años, se ha estudiado el uso de aditivos para el proceso de extrusión que permitan obtener un filamento imprimible, aditivos que incluso pueden llegar a superar una concentración del 40% en peso y que, en el proceso de impresión pueden eliminarse, representando un riesgo para la salud de quien los esté procesando.

Por lo anterior, es que en el presente proyecto de investigación se tiene como objetivo generar filamentos de impresión 3D utilizando ácido poliláctico (PLA) de la serie 2003D, de la marca Nature Works, aditivándolos con poliuretano termoplástico (TPU) y polietilenglicol (PEG) para mejorar su deformación y flexibilidad, además de su *printability*. Con este fin, se llevaron a cabo dos experimentos con diferentes mezclas a estudiar, las primeras involucran TPU bajo tres diferentes concentraciones, 5%, 10% y 15% en peso, mientras que las segundas involucran TPU con una concentración fija al 10% en peso y PEG al 3% y 5% en peso.

Métodos

Se llevaron a cabo mezclas según el diseño experimental descrito. Gracias a las concentraciones recién expuestas se obtuvo un comportamiento óptimo en extrusión, fabricando filamentos imprimibles, con diámetro homogéneo equivalente a 1.75mm. Adicionalmente, se imprimieron probetas tipo DogBone en una impresora FDM (*Fused Deposition Modeling*) Creality Ender 3 V2, las cuales junto con los filamentos, fueron ensayadas a tracción en una máquina universal marca Shimadzu AG-IS de 5kN. Asimismo, el mecanismo de fractura de la probeta ensayada fue caracterizado bajo la técnica de Microscopía Electrónica de Barrido (SEM), utilizando un microscopio electrónico de barrido Phenom XL, identificando la topografía y el tipo de fractura de las diferentes mezclas.

Resultados y discusión

Al aumentar la concentración de TPU en mezcla se hace evidente tanto para las probetas impresas como los filamentos extruidos, un aumento considerable en la deformación a fractura y una disminución en el módulo de Young, obteniendo una material menos rígido y con deformación plástica. Además, se observa incluso un efecto de *necking* en la sección trasversal de los filamentos ensayados a tracción, cuando la concentración de TPU supera el 10% en peso. Al involucrar fracciones en peso de 3% y 5% en peso de PEG se encontró que el efecto plastificante resulta ser más perceptible, sin embargo, el PEG le otorga al filamento una sensación al tacto menos agradable, con pequeñas estrías sobre la superficie, porosidad en el cuerpo y un acabado rugoso, lo que a concentraciones altas dificultaría su impresión y no permitiría garantizar la estabilidad dimensional del filamento. En cambio, los filamentos aditivados con TPU cuentan con un acabado equiparable al filamento comercial.

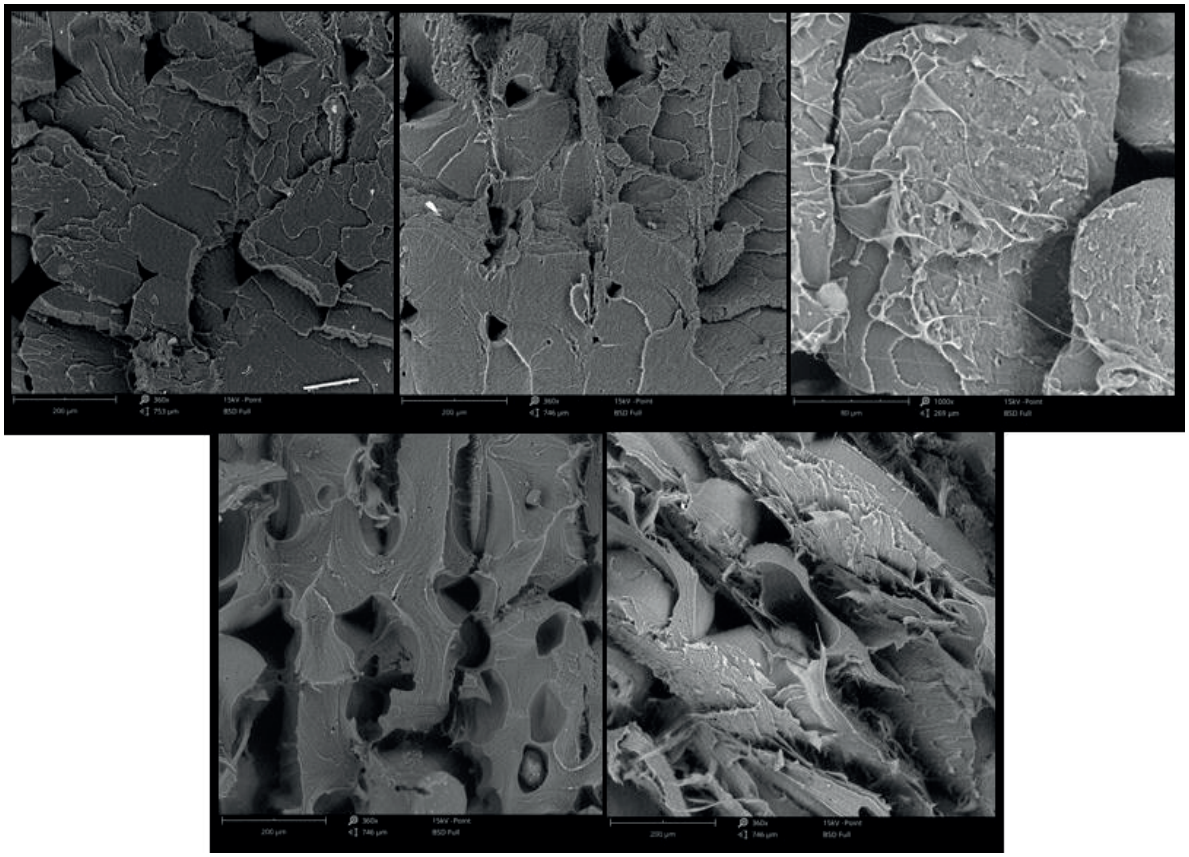


Figura 1: Imágenes microscopía electrónica de barrido (SEM). De izquierda a derecha: (a) 5% TPU, (b) 10% TPU, (c) 15% TPU, (d) 3% PEG y (e) 5% PEG

Resultado de caracterización por SEM sobre la superficie de fractura para aquellas probetas ensayadas a tracción, se observa que probetas impresas a partir de mezclas de 5% de TPU, cuentan con una superficie de fractura frágil y acabado tipo escama, mientras que al aumentar la concentración a 10% y 15% en peso, se manifiesta un acabado dúctil con deformación plástica y presencia de hilos, dada la alta deformación del material. Se valida que a pesar de que el PEG funcione como plastificante, aumenta la porosidad del filamento y maximiza la probabilidad de falla por concentradores de esfuerzos.

Se concluye que la fabricación de filamentos imprimibles a partir de mezclas de PLA-TPU y PLA-TPU-PEG es factible y puede incluso reducir la inclusión de otro tipo de aditivos. De igual modo, vale la pena realizar futuras pruebas que permitan validar el efecto de la memoria de forma, propio del PLA, en función de la deformación mejorada que adquiere el material al ser aditivado con otros materiales termoplásticos.

Referencias

Barletta M et al., 4D printing of shape memory polylactic acid (PLA) components. (2021). Journal of Manufacturing Processes. Vol. 61. Pages 473-480.

Liu Z et al., Mechanical characteristics of wood, ceramic, metal, and carbon fiber-based PLA composites fabricated by FDM. (2019). Journal of Materials Research and Technology. Vol. 8, pp 3741-3751

Mehrpouya M et al., 4D printing of shape memory polylactic acid (PLA). (2021). Polymer journal. Volume 230 – 124080.

Singh N et al., Advances in polymers for bio-additive manufacturing: A state of art review. (2021). Journal of Manufacturing Processes. Vol. 72. Pages 439-457.

Agradecimientos

Este trabajo es financiado por la Universidad Nacional de Colombia a través de la División de Investigación de la sede Bogotá. Convocatoria programas estratégicos de la dirección de investigación y extensión sede Bogotá. Código del proyecto 50474 “implementación de ácido poliláctico obtenido del suero de queso como materia prima en impresión en 3D” y el apoyo del Centro de Materiales y Ensayos del SENA Regional Bogotá.

INTERACCIÓN DE LOS ELEMENTOS INORGÁNICOS PRESENTES EN LA BIOMASA Y LA ARENA DE SÍLICE Y SU EFECTO SOBRE LA AGLOMERACIÓN DURANTE LA COMBUSTIÓN

Sebastian Achury Ortiz (1), Diana Carolina Guío Pérez (2), Sonia Lucia Rincón Prat (1), Pedro Joaquín Perilla Vargas (1), Thomas Cramer (1)

1. Universidad Nacional de Colombia, Colombia; 2. Chalmers University of Technology, Suecia;

Núcleo Temático: Energía

Introducción:

La biomasa es considerada un recurso energético renovable y neutro en términos de emisiones (Niu, 2016). La biomasa enfrenta varios retos entre los cuales se encuentran las dificultades técnicas en la implementación a gran escala provocada por la ceniza como el escoramiento **(slagging),** ensuciamiento **(fouling)** y aglomeración (Niu, 2016; Vamvuka, 2007). En la combustión en lecho fluidizado, aditivos como arena de sílice pueden acelerar la aglomeración debido a las interacciones con algunos componentes de la ceniza (Hupa,2012). Se han desarrollado herramientas teóricas, conocidas como índices, que tienen el propósito de evaluar el potencial de diferentes problemas a partir de la composición de la ceniza (Vamvuka, 2007).

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la interacción química entre la arena de sílice y la ceniza de biomasas residuales, usando los índices reportados en la literatura y la caracterización geomorfológica de mezclas producidas de arena/ceniza. Para ello se estudiaron tres biomasas comunes en Colombia: 1) Cascarilla de café, 2) Cuesco de palma de aceite y 3) Tusa de palma de aceite. La selección de la biomasa responde al alto potencial energético encontrado para ellas en el contexto colombiano (Cáceres, 2016).

Metodología:

Se genera la ceniza de las biomasas bajo la norma ASTM E1755. La temperatura de generación de ceniza de 550 +- 25 °C. Se caracterizan las cenizas macroscópica y microscópicamente (Estereomicroscopio y SEM) y los elementos químicos principales y menores por medio de fluorescencia de rayos (FRX). Posteriormente se realiza una mezcla de arena sílice/ceniza, con una relación 10% ceniza y 90% arena. La mezcla se expone a 550 +- 25°C por una hora y posteriormente se lleva a la temperatura interacción que se desea estudiar (en este trabajo 700, 800 y 900 °C). Un mismo tipo de mezcla se somete a diferentes temperaturas de interacción (2,4,6 y 8 horas). Todos los experimentos fueron realizados a una tasa de calentamiento de 10 K/min.

Resultados

A partir de las composiciones de las cenizas se obtienen los índices seleccionados para este estudio. En la tabla 1, se observa el resultado obtenido con los diferentes índices y se concluye que las tres biomasas tienen el potencial para aglomerarse (BI > 0.15, I1 >1 y I2 >2). Se puede deducir también que la cascarilla de café es susceptible a formar deposiciones por predominancia de fouling (Fi>1) a diferencia del cuesco y la tusa de palma de aceite que tienden a formar deposiciones en los equipos por fouling y slagging (Fi>1 y SI>65).

Biomasa	Fi	SI	BI	I1	I2	Rb/a
Cuesco de palma de aceite	11.56	82.59	0.15	1.41	4.81	0.59
Tusa de palma de aceite	11.01	69.86	0.19	8.53	1.96	1.96
Cascarilla de café	718.23	8.13	1.79	4.46	1.43	16.60

Tabla 1: Indices de combustible. Fi= Fouling index, SI = Slagging index, BI = bed agglomeration index, I1=Index 1 Agglomeration, I2= Index 2 agglomeration, Rb/a = Ratio Basic to acid.

Las estructuras vítreas (Figura 1) entre las partículas de la ceniza y la arena de sílice (aglomeración) son resultado de la fusión parcial en los puntos eutécticos del sistema SiO2-K2O-CaO. Estos resultados describen una primera aproximación sobre la interacción de los elementos inorgánicos y la arena de sílice.

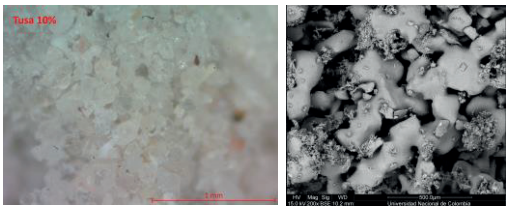


Figura 1: Imágenes obtenidas por estereoscopio de la interacción ceniza y arena de ceniza de tusa de palma de aceite (800°C por 8 horas).

Referencias

Vamvuka D *et al*, Bioresour. Tech, 99:3534-3544, 2007.

Yanqing Niu *et al*, P Energy and comb science, 52:1-61, 2016.

Caceres *et al*, ISBN 978-95857711-2-3, 1:106 – 111,2006.

Hupa M, Energy and Fuels, 26:4-14, 2012.

PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE BALDOSAS CERÁMICAS CON ADICIÓN DE VIDRIO ÁMBAR RECICLADO

Leonardo Carrillo (1), Daniel Villalobos (1), Sandra Romero (1), Óscar Porras (1), Carlos Nieto (2), Yudi Ramírez (2)

1. Universidad ECCI, Colombia; 2. Cerámica San Lorenzo, Colombia

Núcleo Temático: Diseño, materiales y procesos

Introducción

En la actualidad las industrias están realizando procesos que les permiten ser más amigables con el medio ambiente, como por ejemplo hacer uso de materiales reciclados, uno de estos es el vidrio, que en el caso específico de Bogotá representa el 3,67% de los residuos sólidos y solo se reutiliza para fabricar botellas [UAESP, 2021]. Este panorama motivó a la realización del presente trabajo, en donde se evaluó el efecto de la incorporación de vidrio ámbar reciclado en la industria cerámica, específicamente, en la fabricación de pisos y revestimientos cerámicos.

Métodos

Para fabricar las baldosas se utilizó como materia prima: arcilla y vidrio ámbar reciclado, que fueron caracterizados en cuanto a su granulometría (por tamizado) y análisis químico por medio de la técnica FRX. Las combinaciones de arcilla y vidrio se muestran en la *Tabla 1*. La materia prima se preparó por vía húmeda y se moldeó por compresión. El proceso de cocción se realizó en un horno de rodillo marca Sacmi entre 1105°C-1138°C. Las baldosas obtenidas se caracterizaron en cuanto a su resistencia mecánica a la flexión y la absorción de agua.

Notación	Descripción (% en peso)
100A	100% Arcilla
95A-5V	95% arcilla – 5% vidrio
90A-10V	90% arcilla – 10% vidrio
85A-15V	85% arcilla – 15% vidrio

Tabla 1. Combinaciones de materias primas.

Resultados

La *Tabla 2* muestra algunos datos del análisis químico realizado a la materia prima.

Compuesto	Arcilla (%pe)	Vidrio ámbar (%pe)
Na_2O	0,4	5,1
Al_2O_3	19,1	2,2
SiO_2	64,2	79,2
CaO	2,9	12,3

Tabla 2. Análisis químico de las materias primas.

Los resultados de resistencia a la flexión y absorción de agua de las combinaciones de material se muestran en la *Figura 1 (a-b)*, evidenciando una influencia positiva en estas propiedades, al incorporar vidrio en la materia prima, especialmente en las muestras 90A-10V y 85A-15V.

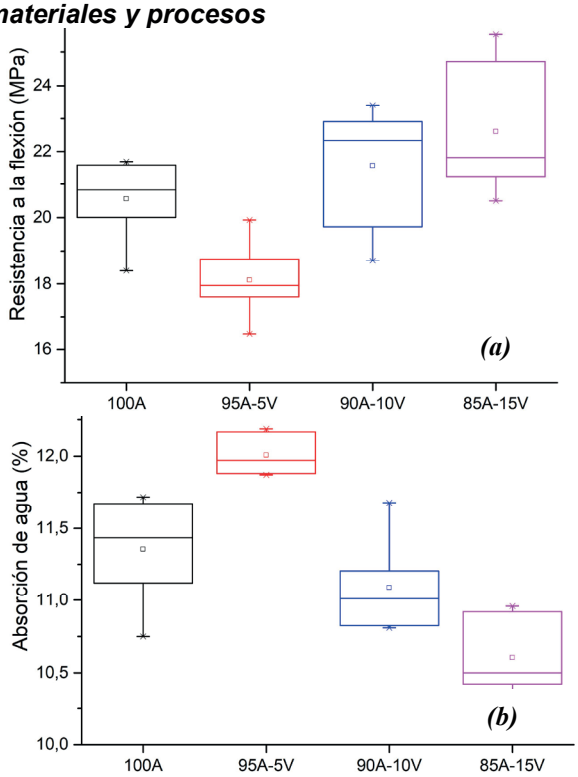


Figura 1. Propiedades de las baldosas cerámicas. a. Resistencia a la flexión, b. Absorción de agua.

Discusión

En la *Tabla 2* se evidencia que el incremento de un 1175% del óxido alcalino Na_2O en el vidrio respecto a la arcilla en la materia prima, incrementa la fundencia en la combinación, aumentando el estado vítreo [Silva et al, 2017] y por lo tanto disminuyendo la porosidad lo que incrementa la resistencia mecánica a la flexión y disminuye la absorción de agua como se evidencia en la *Figura 1*. También, como se evidencia en la *Tabla 2* existe un incremento del 324,14 % de CaO en la composición del vidrio respecto a la arcilla, este compuesto podría favorecer la formación de la fase wollastonita [Salman et al, 2017] que ayuda a desvitrificar formando cristales, lo que incrementa también la resistencia a la flexión.

Referencias

Salman et al, Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 56: 205-214, 2017.
Silva et al, J. Clean. Prod., 167: 346-364, 2017.
UAESP, Modelo de aprovechamiento Bogotá, 2021.

ANÁLISIS DE COEFICIENTES CONVECTIVOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR EN UNA CÁMARA CALORIMÉTRICA

Juan Zapata-Mina, Alvaro Restrepo

Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia

Núcleo Temático: Eficiencia energética

Introducción

La estimación del flujo de calor en edificaciones es un problema recurrente para la selección y diseño de sistemas de acondicionamiento de aire, dado que, una elección errónea de los equipos afecta el confort térmico y la eficiencia energética del mismo. (Cholewa *et al*, 2017). Por otro lado, cuando se diseña el sistema de acondicionamiento de un espacio, el principal inconveniente es la cuantificación de los coeficientes convectivos, ya que, dependen de las propiedades termofísicas del fluido, el régimen de flujo y la geometría de la superficie con la cual tiene contacto, especialmente en recintos que se encuentran bajo efecto de equipos de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire [Goethals *et al*, 2011]. Además, algunos estudios estiman que la transferencia de calor convectiva representa un gran porcentaje del flujo del calor, afectando el valor de la capacidad de enfriamiento y calefacción hasta en un 27% [Obyn and Van Moeseke, 2015]. Por lo tanto, en este estudio se pretende analizar el efecto de los coeficientes convectivos sobre el flujo de calor de un recinto utilizado para realizar ensayos de capacidad de enfriamiento y eficiencia energética de equipos acondicionadores de aire.

Métodos

El análisis se llevo a cabo en un recinto operando con equipos acondicionadores de aire de 9000, 12000, 18000 y 24000 Btu/h, determinando la capacidad de enfriamiento bajo la norma ISO 5151. El recinto consiste en una cámara interior que se encuentra cubierta por un anillo térmico para disminuir los efectos de transferencia de calor y una cámara exterior. Las cámaras utilizan equipos acondicionadores de aire de precisión para mantener las variaciones de temperatura y humedad dentro de los rangos establecidos en la norma. Además, se encuentra instrumentado con 13 termómetros de resistencia de platino tipo PT100 con una exactitud de +/- 0,01°C y una resolución de 0,005°C para temperaturas de aire, 26 termocuplas tipo T con una exactitud de +/- 0,1°C y una resolución de 0,005°C para contacto superficial, y de 20 termocuplas tipo T para temperatura de aire. Adicionalmente, se caracterizaron las dimensiones de cada cámara, categorizando la geometría en paredes, piso y techo.

Finalmente, basado en la literatura y a partir de los datos experimentales se propuso un modelo matemático para el cálculo de los coeficientes de convectivos de las superficies analizadas, los cuales dependen del jet momentum y el número de Arquímedes (ver Tabla 1).

Superficie	Correlación
Paredes	$h = 1{,}6+92{,}6\ J^{0{,}5}$ para $0{,}002<J<0{,}012$
Piso	$h = 3{,}2+44\ J^{0{,}5}$ para $0{,}002<J<0{,}011$ y $Ar<0{,}3$
Techo	$h = 0{,}6+59{,}4\ J^{0{,}5}$ para $0{,}002<J<0{,}011$ y $Ar<0{,}3$

Tabla 1. Correlaciones propuestas.

Resultados y discusión

En el estudio se encontró que los coeficientes convectivos son altamente susceptibles a los cambios de aire por hora (CAH), los cuales se presentan con regularidad en la operación de un acondicionador de aire y afectan significativamente el flujo de calor en el recinto. Por otro lado, los coeficientes determinados convergen a los valores presentes en la literatura. Además, se determino que las correlaciones presentadas se integran de forma mas apropiada a este tipo de aplicaciones, ya que consideran la operación real de múltiples acondiciones de aire, y los cambios presentes en los mismos, permitiendo estimar de forma precisa la eficiencia energética de los equipos.

Referencias

Cholewa *et al*. On the heat transfer coefficients between heated/cooled radiant ceiling and room. Applied Thermal Engineering, 117:76–84, 2017.

Goethals *et al*. Sensitivity analysis of predicted night cooling performance to internal convective heat transfer modelling. Energy and Buildings, 43(9):2429–2441, 2011.

Obyn, and Van Moeseke, G. Variability and impact of internal surfaces convective heat transfer coefficients in the thermal evaluation of office buildings. Applied Thermal Engineering, 87:258–272, 2015.

EVALUACIÓN DE UN DISTRITO TÉRMICO OPERANDO CON FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGÍA A PARTIR ANÁLISIS DE DECISIÓN MULTICRITERIO

Maria Camila Gutierrez, Juan Zapata-Mina, Andrés Felipe Arias, Alvaro Restrepo

Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia

Núcleo Temático: Energías limpias

Introducción

La implementación de políticas internacionales que buscan reducir las emisiones de gases efecto invernadero es un reflejo de la preocupación de las naciones por mitigar el impacto de las mismas en el medio ambiente. Desde el punto de vista de la refrigeración, los equipos de acondicionamiento son objeto de estudio debido al alto consumo energético y al índice de emisiones que demanda su operación, que representan el 4% del total de las emisiones contaminantes que se generan en Colombia [Nieves *et al*, 2019]. Los distritos térmicos (DT) están proyectados como modelos de desarrollo urbano sostenible, debido a que se encaminan en ser una alternativa viable para generación en masa de energía térmica que supla la necesidad de climatización de diferentes infraestructuras. La operación de un DT debe llevarse a cabo a partir del uso de un energético primario como el gas natural. Sin embargo, algunos países de la Unión Europea han propuesto diferentes fuentes no convencionales de energía (FNCE) para el funcionamiento de un DT con el fin de reducir el impacto ambiental y generar un sistema energético sostenible [Guelpa and Verda, 2019]. Por lo tanto, este estudio pretende evaluar la incorporación de FNCE en DT, a partir de un método de toma de decisión multicriterio, considerando indicadores de sustentabilidad (económicos, técnicos y ambientales).

Métodos

Para el desarrollo del trabajo se realizó una revisión de la literatura identificando las características operativas de un DT y las fuentes de energía convencionales como el gas natural y el diésel que son frecuentemente usadas. Además, se identificaron las FNCE que pueden ser utilizadas para la operación de los DT como la solar, eólica y biomasa. Posteriormente, se seleccionaron indicadores de sustentabilidad, tales como la eficiencia energética de la fuente, las emisiones de CO_2 equivalente, el consumo de combustible, el costo nivelado de energía, y los costos de inversión, operación, y mantenimiento. Después, se evaluó la viabilidad de las diferentes fuentes de energía por medio de un análisis de toma de decisión multicriterio realizado mediante el método TOPSIS, considerando el peso de los indicadores valorados a partir de la entropía de Shannon [Lee and Chang, 2018]. Finalmente, se construyó una interfaz gráfica que permite visualizar e identificar los escenarios más convenientes a partir de un análisis de sensibilidad.

Resultados y discusión

Entre los principales resultados del análisis se observa que a partir de los criterios establecidos (indicadores), el método de decisión multicriterio presenta como mejor elección a la energía solar, como se muestra en la Figura 1. Sin embargo, es importante destacar que la energía a partir de fuente eólica presenta un índice de dominancia significativo, el cual podría ser mayor, pero los altos costos asociados a la capacidad instalada dificultan tomarlo como una decisión de interés para el distrito térmico evaluado.

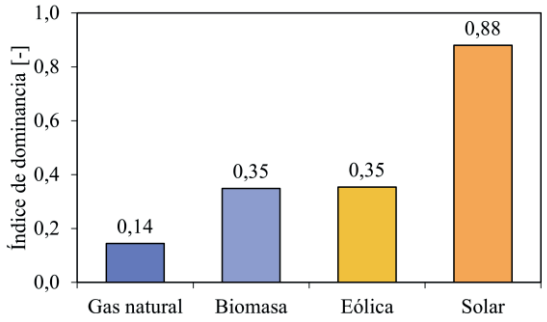


Figura 1: Índice de dominancia

El análisis de decisión multicriterio es una herramienta que permite seleccionar de forma más idónea cualquier fuente de energía que se quiera incorporar a un proyecto de distrito térmico, ya que, tiene en cuenta aspectos técnicos, económicos y ambientales para tomar una decisión sin sesgo.

Referencias

Guelpa and V. Verda. Thermal energy storage in district heating and cooling systems: A review, Applied Energy, 252:113474, 2019.

Lee and Chang. Comparative analysis of MCDM methods for ranking renewable energy sources in Taiwan, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 92:883–896, 2018.

Nieves *et al*. Energy demand and greenhouse gas emissions analysis in Colombia: A LEAP model application, Energy, 169:380–397, 2019.

ADAPTACIÓN DE LA PRUEBA WBT 4.2.3 PARA LA EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y AMBIENTAL DE ESTUFAS DE BIOMASA EN LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

Juan S. Alarcón Hernández (1), Julián A. Cano Robayo (2), Oscar J. Arcila Igirio (3), Oscar M. Carmona Agudelo (4), Sebastián Castro Quiroz (5), Andrés David Morales Rojas (6)

1,2,3,4,5. Semillero de investigación S-GIIEN, I. U. Pascual Bravo, Colombia;
6. Grupo GIIEN, I.U. Pascual Bravo, Colombia, andres.morales@pascualbravo.edu.co

***Palabras clave**: Estufas de biomasa, eficiencia energética, emisiones gaseosas.*

Núcleo Temático: Energías del futuro

Introducción

Actualmente, en muchas zonas rurales del país se evidencia la carencia de sistemas de cocción eficientes, adecuados técnica y ambientalmente. Esto arraigado principalmente a familias de bajos recursos económicos, que por lo general se les hace muy difícil acceder a la energía eléctrica para desarrollar las labores del día a día. Adicionalmente, los altos costos y la falta de redes de distribución de los gases usados para cocinar, hace difícil que esta población pueda acceder a este tipo de sistemas. Por otro lado, la utilización de estufas de leña, que por lo general son construidas por las mismas familias, generan un excesivo gasto de madera y una mala disposición de los gases de combustión, lo que trae como consecuencia una alta deforestación de bosques cercanos a la vivienda y enfermedades cardio-respiratorias a las personas que cocinan [Concha, 2015].

Este trabajo muestra la adaptación e implementación de la metodología Water Boiling Test 4.2.3 (WBT), [Bailis,2009] Utilizada para evaluar el impacto ambiental y la eficiencia energética que pueden brindar diferentes tipos de estufas debido a su uso común en las zonas rurales, además de proponer mejoras para aumentar la eficiencia energética y optimizar su operación con el fin de reducir emisiones contaminantes.

Métodos

En la Figura 1 se muestra la prueba mencionada anteriormente (WBT 4.2.3), la cual fue sometida a una serie de modificaciones con el fin de adaptarla a las condiciones de trabajo de la institución donde se realizan las pruebas, en busca de monitorear los niveles de emisiones contaminantes y principalmente la eficiencia que este tipo de elementos genera

La prueba se dividió en tres fases distintas:

Fase 1: En esta fase se adaptó la prueba (WBT 4.2.3) para realizarla e implementarla con los equipos de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

Fase 2: En esta fase se realizaron las diferentes pruebas y mediciones necesarias para la realización de los cálculos, con el fin de determinar las posibles mejoras y cambios de la prueba.

Fase 3: En esta fase se procedió a realizar los análisis y evaluación de los diferentes resultados obtenidos, para así buscar nuevas soluciones a las bajas eficiencias y altas contaminaciones de las estufas de biomasa.

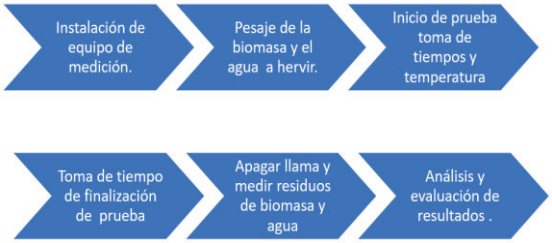


Figura 1. Modelo de Prueba WBT simplificado.

Resultados y discusión

Como se puede ver en la Tabla 1 las humedades de las diferentes biomasas son un factor importante en la eficiencia de las estufas, debido a que es necesario eliminarla aumentando el tiempo de cocción del sistema empleado, por ende, una mayor humedad genera una caída en la eficiencia.

Tabla 1. Caracterización de diseños de estufas según eficiencia térmica.

Tipo de estufa	Eficiencia térmica	CO (ppm)
E.L.S.D.P.	4.95	66.70
E.C.S.D.P.	14.29	64.63
E.C.A.T.P.	15.48	96.17
E.C.AT.E.	13.49	137.60
E.CA.T.C.E.	16.37	81.38

Donde:

E.L.S.D.P.- Estufa larga sin aislamiento descubierta con pino.

E.C.S.D.P.- Estufa corta sin aislamiento descubierta con pino.

E.C.A.T.P.- Estufa corta con aislamiento tapada con pino.

E.C.AT.E.- Estufa corta con aislamiento tapada con eucalipto.
E.CA.T.C.E.- Estufa corta con aislamiento tapada cubierta con eucalipto.

En la Figura 2 podemos ver las diferencias y las imágenes térmicas de cada una de las pruebas realizadas, además se puede diferenciar que al tapar la estufa esta mejora su eficiencia, esto ocurre porque se redireccionan los gases de combustión a la olla de cocción, evitando perdidas.

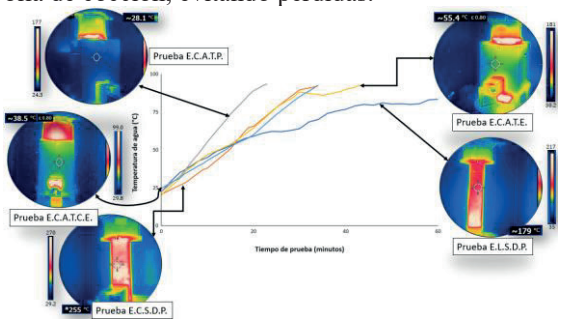


Figura 2: Comparación de pruebas en arranque en frío basadas en W.B.T 4.2.3.

Referencias

- Concha, María Cecilia; Pabón, Giovanni; Cerón Viviana. (2015). Lineamientos Para Un Programa Nacional De Estufas Eficientes Para Cocción Con Leña. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá.
- N. Bailis, R., Ogle, D. y MacCarty. (2009). The Water Boiling Test (WBT). Household Energy and Health Programme, Shell Foundation.

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA PRODUCCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE LIPPIA ORIGANOIDES EN UNA BIOFÁBRICA

Nicolás Mantilla (1), Julián Jaramillo (1), Juan Villegas (2)

1. Universidad Industrial de Santander, Colombia; 2. Radicle, Canadá

Núcleo Temático: Reducción de huellas de carbono

Introducción

La industria de los aceites esenciales (AE) destaca por su amplia gama de aplicaciones en diversos sectores [Stashenko, 2009] y por su repercusión en la macroeconomía, tal que para 2021 el valor de mercado de AE alcanzó los 17 mil millones de dólares [Statista, 2022]. Particularmente, muchos países desean construir una cadena productiva y de valor alrededor de los AE, que requiere del examen de la factibilidad ambiental de su producción.

Este examen se suele apoyar en la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), que ha mostrado ser útil a la hora de evaluar aspectos de esta clase, como se evidencia en estudios que han analizado la producción de AE de *Calendula Officinalis* [González, 2020], *Origanum vulgare* y *Rosmarinus officinalis* [Moncada, 2016] y *Dracocephalum moldavica* [Maham, 2018].

Asimismo, este trabajo desarrolla un ACV para una biofábrica de AE de *Lippia origanoides* en Barbosa, Santander, cuyo fin es aumentar la eficiencia del proceso, mitigar el impacto ambiental y reducir costos de producción mediante el aprovechamiento integral de materias primas y subproductos.

Métodos

La metodología se basó en las fases [ISO, 2022]:

-*Objetivo y alcance.* Se buscó evaluar el desempeño ambiental de la Biofábrica de aceite esencial de *Lippia origanoides* e identificar puntos calientes en la cadena productiva. Con este fin, se considera un sistema del producto que representa la Biofábrica y uno adicional referente a una línea de producción convencional como Referencia. El estudio se desarrolló para 1 kg de AE producido como unidad funcional y en una modalidad de la cuna a la puerta.

-*Inventario de ciclo de vida.* El inventario de ciclo de vida fue construido mediante balances másicos y energéticos basados en información experimental del proceso de diseño de la Biofábrica, de bases de datos internacionales y de metodologías de estimación de emisiones por prácticas agrícolas y combustión de diferentes materiales [IPCC, 2006].

-*Evaluación del impacto*. Se usó el software OpenLCA y el método ReCiPe de categorías *midpoint* con perspectiva jerárquica [RIVM, 2017].

-*Interpretación de ciclo de vida.* Se comparan impactos entre ambos sistemas del producto y entre procesos unitarios de un mismo sistema.

Resultados

La *Figura 1* ilustra los porcentajes de impactos ambientales potenciales de la Biofábrica con respecto al Escenario de referencia para las categorías más relevantes: *Fossil resource scarcity* (FD), *Freshwater ecotoxicity* (FEC), *Freshwater eutrophication* (FEU), *Global warming* (GWP), *Stratospheric ozone depletion* (OD), *Terrestrial acidification* (TA), *Terrestrial ecotoxicity* (TEC) y *Water consumption* (WC).

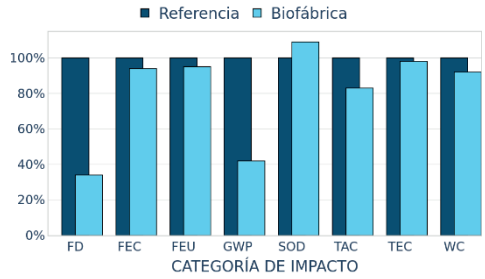


Figura 1: Comparación Biofábrica vs Referencia.

Por otro lado, para la contribución media porcentual de cada proceso unitario al impacto en la Biofábrica, se halló que gran parte del impacto se concentra en las fases agrícola (78%), transporte de materia prima (17%) y caldera (3%), mientras que cada proceso unitario restante contribuyó en menos del 1%.

Discusión

En la *Figura 1* se muestra que la Biofábrica tiene reducciones significativas en categorías como FD y GWP (alrededor del 60%), gracias al uso de biocombustibles y al aprovechamiento del potencial energético de residuos como gases de combustión. En cambio, los resultados para categorías como FEC y FEU no presentan distancias considerables, dado que están más relacionadas con la fase agrícola, que es equivalente para ambos escenarios. Por otra parte, que las fases agrícola y de transporte sean los puntos más calientes exhibe el poco impacto ambiental que implica el procesamiento del material en planta.

Referencias

González et al, Heliyon, 6: 11, 2020.
Maham, et al, J of Cleaner Production 204,2018.
Moncada et al, J of Cleaner Production, 112, 2016.
Stashenko, 11-36, 2009.
Statista Research Department, 2022.
ISO, 2022.

METODOLOGÍA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS DE PRODUCCIÓN

Robinson Mancilla-Estupiñán (1), Henry Mesa (1), Javier Sanabria-Cala (2), Yeison Lozano-Rodríguez (1), Jorge Meza-Ortiz (1), Yerlinzonabel Lozano (3)

1. Universidad de Santander, Grupo Ambiental de Investigación Aplicada (GAIA), Colombia;
2. Universidad de Santander, Grupo Ambiental de Investigación Aplicada (GAIA), Docente-Investigador, Universidad Industrial de Santander, Grupo de Investigaciones en Corrosión (GIC), Semillero de Investigación Colegio Integrado San Antonio (CISA Descubre), Colombia;
3. Unidades Tecnológicas de Santander, Grupo Ambiental de Investigación Aplicada (GAIA), Colombia.

Núcleo Temático: Educación En Ingeniería

Resumen

Introducción

La presencia de agua durante el proceso de producción ha sido percibida como un problema industrial. Aunque en la actualidad se empleen las mejores técnicas de manejo de campo, la producción de agua aumenta hasta alcanzar límites que dificultan su disposición, representando incluso más del 80 o 90% del volumen de líquidos que se produce [Arnold, 2010]. Una vez se alcanzan estos niveles, los sistemas de superficie se sobrecargan afectando la productividad del proyecto [Arnold, 2010]. El costo adicional que se genera al tratar el agua producida reduce y hasta puede anular la rentabilidad del campo petrolero [Landazábal, 2007]. A nivel mundial la producción de agua asciende aproximadamente a 270 millones de barriles por día que son separados de los 83 millones de barriles por día de petróleo [Arnold, 2010].

Métodos

Se presentan los diferentes métodos para la reducción del agua de producción en el pozo, además de los diferentes medios que existen para su disposición, teniendo en cuenta todos los parámetros involucrados y las normatividades vigentes. El contenido de la metodología ha sido incorporado en una plataforma HTML para una visualización didáctica del proceso y los resultados.

Resultados

Se identificaron diversos procedimientos estandarizados para cuantificar y valorar las características fisicoquímicas que debe cumplir el agua para su disposición en diferentes medios, con fines agropecuarios, industriales o para implementarse en el mismo campo donde se extrae. El agua de producción es un problema en cualquier campo petrolero, debido a sus contaminantes y altos volúmenes que se obtienen y deben ser tratados; por esta razón conocer y analizar cada una de las propiedades del agua debe ser una prioridad para convertir este problema en una fuente de soluciones que demanden la necesidad de utilizar este recurso hídrico. Se encontraron diversas opciones para la gestión del agua de producción, es decir se analizaron los métodos más comunes para evitar o minimizar su producción, también cómo disponerla de la mejor forma cumpliendo con los parámetros requeridos dentro de la norma vigente actualmente.

Discusión

La normatividad ambiental es cada día más exigente y el compromiso que tiene la industria petrolera de conservar la naturaleza es cada vez mayor, por consiguiente tanto científicos como fabricantes de esta industria se han dado a la tarea de desarrollar tecnologías que día a día sean más amables con el medio ambiente; por esta razón es importante promover una cultura en donde la explotación de recursos naturales sea consecuente con el desarrollo y la tecnificación de la industria, y así evitar el impacto ambiental progresivo. La metodología desarrollada es una herramienta práctica, ya que involucra una secuencia lógica que permite tener en cuenta cada una de las pautas establecidas en cuanto a normatividad y tratamiento se refiere para la disposición del agua de producción, además por ser una plataforma de fácil acceso se puede utilizar en cualquier momento.

Referencias

Arnold R, Manejo de la Producción de Agua: De Residuo a Recuso, Oilfield Rewiew Schlumberger, 2010.

Landazábal G, Definición de Estándares Operacionales para el Tratamiento de Aguas Residuales, 2007.

CONTROL DE PERFILES DE TEMPERATURA DE UN HORNO TIPO MUFLA, PARA PROCESOS DE PIRÓLISIS

David Alejandro Avila Alfonso (1), Gabriel del Jesús Camargo Vargas (2), Mauricio Vladimir Peña Giraldo (3)

Universidad Libre de Colombia

1. davida-avilaa@unilibre.edu.co, Colombia; 2. Gabriel.canargov@unilibre.edu.co, Colombia; 3. Mauriciov.peñag@unilibre.edu.co Colombia

Núcleo Temático: Energías del Futuro

Introducción

En la presente investigación se estudia la caracterización de los parámetros físicos de un horno de resistencias eléctricas tipo mufla, el cual es utilizado para realizar un proceso de pirólisis con biomasas de polímeros. Esto como una solución indirecta a reducir la huella de carbono y reciclar polímeros como aprovechamiento de fuentes energéticas, para esto se utiliza la ayuda de software tipo CAE como lo es ANSYS para realizar una simulación de la transferencia de calor del horno tipo mufla al reactor de pirolisis, los cuales están diseñados en SolidWorks, con siguiente a las simulaciones se compara con un modelo matemático de dichos parámetros encontrados, en el cual utilizando las ecuaciones de transferencia de calor del horno hacia el reactor como lo son por radiación y convección, se implementa un sistema de ecuaciones integrado en Matlab para luego realizar las comparaciones de los resultados, obteniendo de esta manera los parámetros y las condiciones de trabajo para los procesos de pirólisis en el horno.

Métodos

Para encontrar los parámetros de operación del proceso de pirólisis con biomasas de la familia de los polímeros como lo son los desechos plásticos PET, PVC, PS… se tiene un reactor de pirólisis como se muestra en la figura 1 y un horno mufla, donde se realizaron pruebas piloto para encontrar las temperaturas de trabajo, coeficiente de las resistencias eléctricas y tiempos de temperatura del horno, para de esta manera tomarlos como punto de partida y realizar un modelo 3D CAD y realizar simulaciones de la transferencia de calor en el software ANSYS. Comparando resultados físicos y simulados en Matlab mediante las ecuaciones de transferencia de calor.

Figura 1: Reactor de pirólisis.

Resultados

Se obtienen las temperaturas de trabajo del horno y el reactor físicas mediante pruebas piloto y las temperaturas modeladas de los análisis térmicos con los diseños 3D (observar figura 2).

Tiempo (min)	Temperatura °C
5min	76°C
10min	140°C
15min	278°C
20min	408°C
25min	462°C
30min	505°C

Tabla 1: Datos de Tiempo vs Temperatura del Horno Mufla

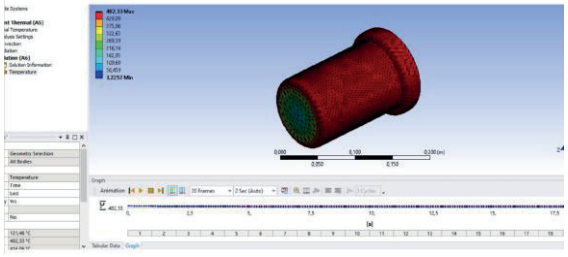


Figura 2: Resultados obtenidos del análisis térmico transitorio.

Comparando los resultados anteriores y realizando un modelamiento matemático para el horno se obtiene una función de transferencia en Matlab. La cual se modela en un sistema de control PID para el horno mufla.

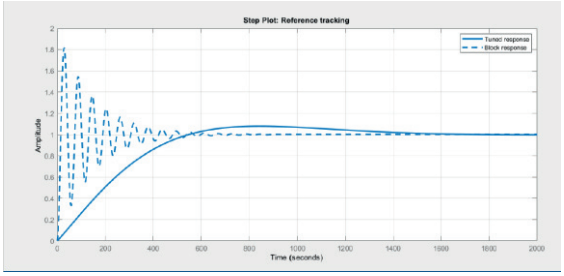


Figura 3: Resultados del control PID al horno eléctrico tipo Mufla.

Discusión

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos y comparando con diversas fuentes, se considera que los procesos de pirólisis por debajo de los 300°C dan un muy mal rendimiento de aprovechamiento energético de los residuos, para llegar a los valores ideales de un buen proceso energético tomando en consideración obtener la mayor fracción de producción de parte liquida del proceso trabajar los tiempos del proceso dependiendo de la cantidad de biomasa entre las temperaturas de 480° C a 515° C.

Como finalidad de esta investigación fue determinar los tiempos y temperaturas a trabajar en el proceso de pirólisis con residuos plásticos, pero adicional a esto y de manera indirecta se da un aprovechamiento energético a biomasas que actualmente están generando contaminación y huella de carbono en el mundo, donde su producción sigue en marcha y la materia acumulándose sin degradarse.

Referencias

[Aghaalikhani, A., Schmid, J. C., Borello, D., Fuchs, J., Benedikt, F., Hofbauer, H., . . . Cedola, L. 2019.]
Detailed modelling of biomass steam gasification in a dual fluidized bed gasifier with temperature variation. Renewable Energy,

[Banu, J.R., Sharmila, V.G., Ushani, U., Amudha, V., Kumar, G.2020.]
Impervious and influence in the liquid fuel production from municipal plastic waste through thermo-chemical biomass conversion technologies

[Corrales Aguirre Héctor, Orozco Hincapié Carlos Alberto, 2009.]
Estudio Dinámico de un horno de resistencias eléctricas convertido a gas, Universidad Tecnológica de Pereira ISSN 0122-1701.

[C. Dı´ez, O. Martı´nez, L.F. Calvo, J. Cara, A. Mora´n 2003.]
Leon España.Pyrolysis of tyres. Influence of the final temperature of the process on emissions and the calorific value of the products recovered.

[M. Cen-Puc, G. Pool, F. Avilés, A. May-Pat, S. Flores, J. Lugo, G. Torres, L. Gus, A.I Oliva, J.E Corona, 2016.]
A dedicated electric oven for characterization of thermoresistive polymer nanocomposites, a Journal of Applied Research and Technology 14. (2016) 268-277.

[Myriam Mancheno∗, Servio Astudillo, Pablo Arévalo, Inés Malo, Tania Naranjo, Johana Espinoza, 2015.]
Universidad Politécnica de Salesiana, Aprovechamiento energético de residuos plásticos obteniendo combustibles líquidos por medio de pirolisis.

[Monteros. V Léinin A. 2015.]
Diseño y construcción de un horno mufla para la realiazación de tranamientos termicos en Aceros. Universidad Tecnica del Norte, Ibarra-Ecuador.

BIOMECHANICAL BEHAVIOR OF DENTAL IMPLANTS: A CONTACT ANALYSIS BETWEEN IMPLANT-ABUTMENT INTERFACE

Esteban Llanos (1), Carlos J. Cortés (2), Jennifer Corredor (3)

1. Universidad Nacional de Colombia, Grupo de investigación en Biomecánica (GIBM-UN), Colombia; 2. Universidad Nacional de Colombia, Grupo de investigación en Biomecánica (GIBM-UN), Colombia; 3. Grupo de investigación en Biomecánica (GIBM-UN) & MABTEC.

Núcleo temático: Biomecánica

Introduction

Dental implants have become the best option for patients with partial or total edentulism due to their predictability and high success rate. However, clinical studies have reported complications associated with this treatment. Failure of implant components, mucositis, or peri-implantitis remains a challenge for clinicians and engineers seeking a better understanding of these unfavorable outcomes [Chang, 2021]. According to numerous studies, one of the key factors is the implant-abutment connection [D'Ercole, 2022], because of bacterial colonization could increase depending on the gap magnitude between the implant-abutment interface.

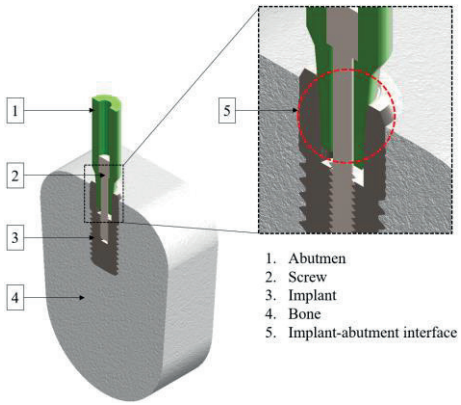


Figura 1: Implant components and bone tissue.

Methods

In order to compare the biomechanical behavior of dental implants and its relationship with clinical observations, two three-dimensional models of implants were built to perform a finite element analysis. The implant-abutment connections analysed were internal hexagonal and conical. Both implants were subjected to a load of 200 N.

Results

According to simulation results, implant-abutment gap formation is presented in both configurations. This observation has been related to the loosening and fracture of the fixing screw, as well as soft tissue allergic reactions.

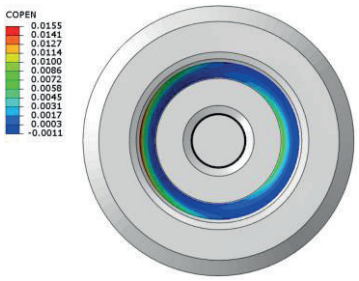


Figura 2: Top view of micro-gap size (mm) within the implant-abutment interface-conical connection.

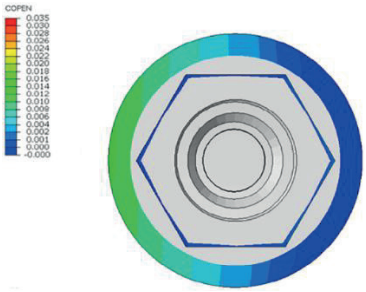


Figura 3: Top view of micro-gap size (mm) within the implant-abutment interface-internal hexagonal connection.

Discussion

In this in silico study, cyclic loading revealed gap formation along the implant-abutment interface for systems with internal hexagonal and conical connections. Some in vivo studies have found that gap formation within the implant-abutment interface could promote micro-leakage, which could be an adverse scenario for implant treatment. As in previous studies, the biomechanical behavior of the conical connection shows better results than the internal hexagonal connection [He, 2019].

References

Chang *et al,* J Dental Materials, 37: 682-689, 2021.

D'Ercole *et al*, J Bioengineering, 9: 277-287, 2022.

He *et al,* J Clinical Implant Dentistry and Related Research, 21: 741-752, 2019.

OPTIMIZACIÓN DEL CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DE UNA FLOTA DE AVIONES

Dayana López Santos (1), Liliana Bustamante Goez (2), Juan Ocampo De los Ríos (3)

1. Universidad de Antioquia, Colombia; 2. Universidad de Antioquia, Colombia; 3. St. Mary's University, USA

Núcleo Temático: Diseño, Materiales Y Procesos

1. Introducción

La falla por fatiga se encuentra entre las modalidades de falla estructural más comunes en la industria aeronáutica [G. Wild *et alt*, 2021]. Por lo que, con el fin de evitar la propagación de las grietas asociadas a este tipo de falla, técnicas modernas de mantenimiento utilizan cronogramas de inspecciones ajustados a la probabilidad de falla que representa la progresión de estos defectos en los elementos estructurales del avión.

La optimización de los intervalos de inspecciones en el cronograma de mantenimiento es de gran importancia, por lo que esto ha sido objeto de varios estudios en los que se han desarrollado algoritmos que permiten abordar escenarios o problemas específicos en los que se intenta dar como solución intervalos de inspecciones en los que se reduzca el costo y se mantenga la seguridad de la estructura [L. Lin *et alt,* 2017]. Las anteriores investigaciones, si bien han tenido buenos resultados, aplicarlas aún resulta algo costoso, muy complejo o requieren una alta capacidad de procesamiento. En este trabajo se presenta un algoritmo genético como método que permitirá optimizar el cronograma de inspecciones para una flota de aeronaves.

2. Metodología

En este estudio se analiza una flota compuesta por cuatro aviones con diferentes tiempos de análisis para cada aeronave. El elemento estructural analizado es el larguero de las alas de un jet corporativo con una duración por vuelo de aproximadamente 1.65 horas. Primero, a través de SMART|DT se realiza una evaluación de probabilidad de falla mediante datos probabilísticos que representan el estado actual y el uso futuro de la flota de aeronaves. Luego, esta probabilidad de falla se gráfica y tomando como base el tiempo deseado para realizar el análisis de cada avión, se calcula la probabilidad de falla del avión en un intervalo de tiempo. A continuación, se verifica que el resultado no exceda el valor de 10^{-7} que es el valor establecido por las autoridades aeronáuticas para que un avión pueda seguir operando [S. Pattabhiraman *et al*, 2012]. Finalmente, teniendo como variables de entrada los tipos de inspección con diferentes probabilidades de detección, el respectivo costo asociado y diferentes intervalos de tiempo en los cuales se estudia la posibilidad de aplicar alguna de estas inspecciones, se plantea el desarrollo de un algoritmo genético que permitirá encontrar una óptima solución para el cronograma de inspecciones de la estructura de análisis. Para la formulación del algoritmo genético se codifican las inspecciones como genes y a la combinación de estas en los tiempos de estudio como individuos, estos últimos son evaluados y seleccionados en función del costo y la probabilidad de falla asociada. Posteriormente, los individuos más aptos se someten a acciones, tales como mutaciones y recombinaciones genéticas, iniciando así, un ciclo en el cual el algoritmo itera hasta encontrar una solución idónea.

3. Resultados

El Algoritmo Genético encontró como solución viable realizar en la flota una inspección de corrientes de Eddy automatizada a 5000 vuelos, mientras se minimiza el costo y se mantiene el riesgo requerido por autoridades aeronáuticas. Se espera comparar los resultados del Algoritmo Genético con un algoritmo que estudie todo el espacio de solución, para así comprobar la efectividad de este, de modo que, una vez comprobada su eficacia, esta herramienta posibilite el desarrollo de cronogramas de mantenimiento de flotas de aeronaves con un menor costo computacional.

4. Referencias

G. Wild, L. Pollock, A. K. Abdelwahab, and J. Murray, "Need for Aerospace Structural Health Monitoring," Int. J. Progn. Heal. Manag., vol. 12, no. 3, pp. 1–16, 2021, doi: 10.36001/ijphm.2021.v12i3.2368

L. Lin, B. Luo, and S. S. Zhong, "Development and application of maintenance decision-making support system for aircraft fleet," Adv. Eng. Softw., vol. 114, pp. 192–207, 2017, doi: 10.1016/j.advengsoft.2017.07.001

S. Pattabhiraman, C. Gogu, N. H. Kim, R. T. Haftka, and C. Bes, "Skipping unnecessary structural airframe maintenance using an onboard structural health monitoring system," Proc. Inst. Mech. Eng.Part O J. Risk Reliab., vol. 226, no. 5, pp. 549–560, 2012, doi: 10.1177/1748006X12459157.

INTEGRACIÓN DE HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN PARA ROBOTS MÓVILES COPPELIASIM Y MATLAB

R. E. Ramírez (1), Pedro-F. Cárdenas (2)

1; 2. Profesores Asociados. Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Colombia.

Núcleo Temático: **Educación en ingeniería**

Introducción

Para quien trabaja con dinámica de multi-cuerpo es importante analizar y mostrar sus resultados mediante simulaciones, una de las herramientas disponibles es CoppeliaSim® [Coppelia, 2023] antes denominada V-REP. El foco principal de aplicación de CoppeliaSim es la simulación de robots industriales y móviles.

Los algoritmos de esta aplicación usan LUA como lenguaje de base. Permite la creación de canales de comunicación para su programación con otros lenguajes: C/C++, Java, Python, Matlab u Octave.

El minicurso "Integración de herramientas de simulación para robot móviles CoppeliaSim y Matlab" muestra a los asistentes al CIMM 2023 el desarrollo de una simulación de un robot con ruedas como ejemplo para entender las herramientas de creación y simulación de una escena. El control se hace utilizando MATLAB® por ser un lenguaje de uso más común que LUA.

Métodos

Se presenta en conferencia la aplicación CoppeliaSim® desde el reconocimiento de sus elementos y comandos más usuales hasta la creación de una escena para simulación de un robot móvil de tracción diferencial y del algoritmo en MATLAB® para su control en el seguimiento de una trayectoria.

Para un mejor aprovechamiento de la conferencia es conveniente que el asistente tenga una experiencia básica en programación de MATLAB.

Esta conferencia es parte del resultado de trabajos y experiencias con el curso de Fundamentos de Robótica Móvil. [Ramirez y Cardenas, 2023]

Resultados

La conferencia tiene las siguientes etapas:

Entorno de CoppeliaSim.

Presentación de las ventanas y menús disponibles en la aplicación.

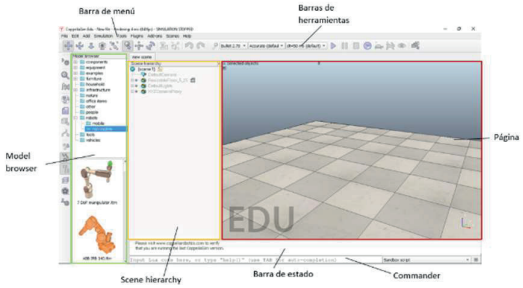


Figura 1: Pantalla principal de CoppeliaSim.

Configuración de las propiedades de los objetos.

Se presentan las propiedades de posición, orientación, tamaño y dinámicas, cómo se configuran y el resultado en la simulación.

Creación de un robot con ruedas.

Se presenta la creación de partes y su unión mediante articulaciones.

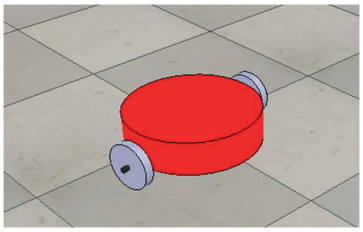


Figura 2: Robot de tracción diferencial.

Construcción del algoritmo de control en MATLAB.

Descripción de los componentes del algoritmo y de los comandos requeridos para el control del robot.

Subrutinas de comunicación, inicialización, medición y control, cierre.

Comunicación entre CoppeliaSIM y MATLAB. Simulación.

Prueba de la comunicación entre CoppeliaSIM y MATLAB. Ejecución del algoritmo y pruebas varias.

Referencias

[Coppelia, 2023] Coppelia Robotics, Ltd. CoppeliaSim User Manual. Disponible en: https://coppeliarobotics.com/helpFiles/index.html.

[Ramirez y Cardenas, 2023]. R. E. Ramirez, Pedro-F. Cardenas. Apuntes de curso Fundamentos de Robótica Móvil. Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. 2017-2023.

LÓGICA DE PROGRAMACIÓN PARA EL CONTROL HÁPTICO DE UN MANIPULADOR USADO EN CIRUGÍAS MÍNIMAMENTE INVASIVAS

Luisa Maria Medina Barragán (1), Carlos Julio Cortes Rodríguez (1), Jennifer Paola Corredor Gómez (2), Juan Sebastián Sandoval Arévalo (3), Med Amine Laribi (3)

(1) Universidad Nacional de Colombia; Bogotá (2) Empresa MABTEC; (3) Université de Poitiers (Francia)

Núcleo Temático: Biomecánica

Introducción

Actualmente se está desarrollando un manipulador esférico paralelo en el grupo de investigación COBRA de la Universidad de Poitiers (Francia) (Saafi, Laribi, Zeghloul, & Arsicault, 2018), para realizar procedimientos quirúrgicos mínimamente invasivos. (Figura 1)

Figura 1. Estación de teleoperación.

Se seleccionó **ROS** (*Robot Operating System*) como entorno de trabajo para la intercomunicación entre el dispositivo maestro y esclavo. ROS es un entorno de trabajo de código abierto orientado a robótica.
El presente proyecto hace parte de un trabajo conjunto entre la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad de Poitiers en Francia.

Palabras clave: Biomecánica, teleoperación, motorización, Robótica médica.

Métodos

Para el código se tuvo en cuenta la motorización y sensores ya implementados en el dispositivo.
Se establecieron los puntos importantes del funcionamiento del dispositivo para poder implementar un control háptico, los cuales son:

1. La adquisición de datos: Por medio de 5 sensores se adquiere la información de la posición actual de cada una de las piernas del robot.
2. Adquisición de datos del motor: Se leen los valores de velocidad y torque.
3. Control háptico: Se implementa el modelo de control propuesto para el funcionamiento.

ROS permite que el control sea preciso, en tiempo real y de manera remota, con la posibilidad de que varios dispositivos se conecten a la información obtenida, por medio de nodos y tópicos generados.

En la Figura 2 se muestra el esquema propuesto de lógica para el control del manipulador, compuesto de 3 nodos (óvalos), y dos bloques grandes que son tópicos (rectángulos).

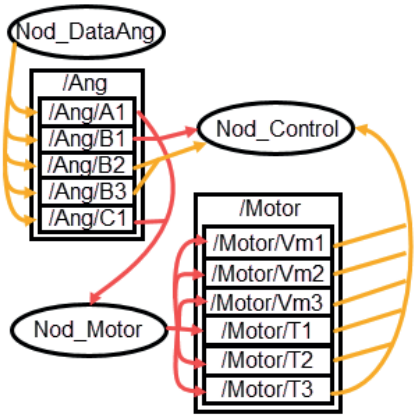


Figura 2. rqt_graph.

Cada nodo representa un punto importante mencionado anteriormente y los tópicos son la información que intercomunica el sistema.

Resultados

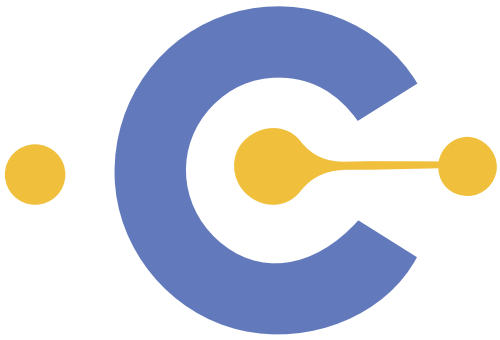
Se logró la comunicación en tiempo real del sistema. Se comprobó que la lógica implementada permite recolección correcta de datos, tanto de sensores como de motores y un retorno háptico en el manipulador dado por una fuerza externa.

Discusión

La lógica computacional desarrollada permitió un avance de en el desarrollo del proyecto, en donde se busca implementar un control háptico, en un dispositivo de bajo costo que realice por teleoperación cirugías mínimamente invasivas.

Referencias

Saafi, H., Laribi, M. A., Zeghloul, S., & Arsicault, M. (2018). On the Development of a New Master Device Used for Medical Tasks. *Journal of Mechanisms and Robotics, 10*. doi:https://doi.org/10.1115/1.4039590



XI CIMM

XI CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECATRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN