

XXIV

CONGRESO NACIONAL INGENIERÍA MECÁNICA

LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

25 | 27 octubre 2023



Anales de Ingeniería Mecánica
Revista de la Asociación Española de Ingeniería
Mecánica
Año 23, Las Palmas de Gran Canaria, Octubre 2023



XXIV
CONGRESO NACIONAL
INGENIERÍA MECÁNICA
25 | 27 octubre 2023

ULPGC
Universidad de
Las Palmas de
Gran Canaria



LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

LIBRO DE RESÚMENES

**XXIV CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
(CNIM 2023)**

Organizado por el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) y celebrado en el Campus Universitario de Tafira, Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles de la ULPGC en Las Palmas de Gran Canaria, los días 25, 26 y 27 de Octubre de 2023

<https://laspalmas.congresoseci.es/cnim>

XXIV

CONGRESO NACIONAL INGENIERÍA MECÁNICA

25 | 27 octubre 2023

 **ULPGC**
Universidad de
Las Palmas de
Gran Canaria



LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Editado por el Comité Organizador del CNIM 2023:

Alejandro Yánez Santana
José Antonio Carta González
Oscar Martel Fuentes
Alberto Cuadrado Hernández
Mario Monzón Verona
María Paula Fiorucci
Pedro Cabrera Santana

**Departamento de Ingeniería Mecánica . Universidad de Las Palmas de Gran
Canaria**

ISSN: 0212-5072

ÍNDICE

INFORMACIÓN GENERAL

Bienvenida	18
Consejo Rector de la Asociación Española de Ingeniería Mecánica AEIM	20
Comité Organizador	20
Comité Científico	21

RESÚMENES DE PRESENTACIONES ORALES

SESIONES PARALELAS I

Mecánica y Cinemática Computacional (1)

Influencia de la fase de engrane y los errores variables en el tiempo en la respuesta dinámica de una transmisión planetaria	24
Efecto de los errores variables en el tiempo en transmisiones planetarias de dientes rectos con diferencias en la fase de engrane	25
Caracterización mecánica de adhesivos de alta flexibilidad. Validación experimental en uniones	26
Estimador del IRI mediante medidas de aceleración embarcadas para cualquier rango de velocidad	27
Optimización de inyector Venturi para el transporte preciso de polvo mediante el método de elementos discretos y algoritmos genéticos	28
Análisis mediante Simulación Numérica de la influencia de la calidad del acero en componentes T-Stub	29
Mecánica de Fractura y Fatiga	
Soluciones del Factor de Intensidad de Tensiones (FIT) para defectos elípticos en un cuerpo semi-infinito sometido a tracción	30
Modelo numérico para el estudio del comportamiento dinámico de una viga rotatoria fisurada	31

Predicción de la vida a fatiga de laminados gruesos de CFRP taladrados mediante termografía infrarroja bajo diferentes niveles de carga	32
Comportamiento balístico de paneles FML de acero inoxidable y fibra de vidrio	33
Nuevos materiales termoestables reciclables y autoreparables: vitrímeros con propiedades viscoelásticas ajustables para el control de la fluencia y rápida relajación de tensiones	34
Ingeniería de Fabricación y Metrología (1)	
Caracterización mecánica de muelas de rectificado elásticas con aglomerante de caucho mediante ensayos de flexión	35
Estudio experimental de deformaciones y vibraciones del hilo en corte por electroerosión (WEDM)	36
Evaluación metrológica de electrodos micro-texturizados para EDM elaborados mediante fabricación aditiva y electroconformado	37
Propiedades mecánicas de termoplásticos reforzados por fibra de carbono unidos mediante ultrasonidos de forma continua	38
Influencia del tipo de refrigerante en el rectificado de Inconel 718 con muelas de cBN de diámetro pequeño	39
Fabricación y caracterización de materiales bioinspirados a partir de distintos materiales poliméricos	40
Comparativa de software de detección de la superficie para tomografía computarizada en aplicaciones metrológicas	41
Máquinas y Mecanismos (1)	
Diseño de manipuladores paralelos flexibles cuasi-traslacionales	42
Análisis cinemático y dinámico del dispositivo BALANCE para diagnóstico y rehabilitación	43
Diseño del hexápodo de ATHENA ISM	44
Análisis matemático de mecanismos subactuados para su implementación en manos protésicas	45
Evolución de la fatiga superficial en engranajes de acero al carbono	46

SESIONES PARALELAS II

Mecánica y Cinemática Computacional (2)

Un planteamiento para la síntesis dimensional óptima de mecanismos espaciales	47
Desarrollo de un procedimiento para la optimización topológica de estructuras de sección heterogénea	48
Reducción de un modelo dinámico no-lineal de viga mediante la técnica basada en datos DMDc	49
Optimización de topología para el diseño de estructuras reforzadas con fibra continua mediante Fabricación Aditiva	50
Análisis numérico de la formación de ondas estacionarias en lagos	51
Estudio estadístico de la influencia de los errores inherentes de fabricación en el Mesh Load Factor de transmisiones planetarias	52

Ingeniería de Vehículos y Transporte (1)

Dispositivo para caracterización de superficie y validación de modelos de estimación de adherencia	53
Análisis de fuerzas longitudinales para el sistema de bajo nivel en el vehículo autónomo iCab	54
Modelo de caracterización de emisiones contaminantes emitidas por un vehículo ligero en conducción urbana	55
Diseño de un sistema de control en pelotón heterogéneo para vehículos automatizados	56
SIMBIKE ELECTRIC, una herramienta para la simulación de motocicletas de competición eléctricas	57
Desarrollo de un nuevo procedimiento de inspección en ITV de frenos de servicio de tractores (vehículos de categoría T) basado en la obtención de la deceleración media	58

Ingeniería de Fabricación y Metrología (2)

Modelado de la segregación del polvo en el proceso de fabricación aditiva Láser DED multi-material utilizando simulación CFD	59
Fabricación de componentes con diseños basado en 'microestructuras' mediante LPBF	60

Comportamiento a compresión de termoplásticos elastoméricos procesados por fabricación aditiva	61
Influencia de los gases de protección en el proceso WAAM de aluminio en la reducción de defectos y aumento de eficiencia del proceso	62
Comparativa de errores de forma, dimensiones y acabado superficial de elementos mecánicos impresos por Fabricación por Filamento Fundido	63
Optimización de la fabricación de sólidos celulares metálicos mediante FFFM para mejorar el rendimiento mecánico	64
Máquinas y Mecanismos (2)	
Desarrollo y análisis CFD de un sistema de extrusión de polímeros en formato pellet para usos biosanitarios	65
Reducción de los Factores de Concentración de Tensiones en Ajustes por Interferencia con Agujeros Achaflanados	66
Análisis de distribución de carga en husillos a bolas para altas cargas mediante modelos de elementos finitos optimizados	67
Análisis de la vibración de baja frecuencia en el proceso de degradación de rodamientos de bolas	68
Influencia de la profundidad de rebaje en la rigidez, reparto de carga y error de transmisión de engranajes rectos con desgaste	69
Estudio de reversibilidad de una reducción epitrocoidal	70
SESIONES PARALELAS III	
Mecánica Experimental	
Determinación de configuraciones óptimas de sensores de deformación para la estimación de cargas individuales en ejes de sección circular	71
Análisis del error de posicionamiento de distintas configuraciones de galgas para la medición de cargas en aerogeneradores	72
Comportamiento a flexión de estructuras sándwich con núcleos celulares bioinspirados elaborados por Fabricación por Filamento Fundido	73
Caracterización mecánica del poliuretano termoplástico (TPU) y su aplicación a estructuras tipo lattice para sistemas de absorción de energía	74

Integración de campos de desplazamientos y de tensión para formas modales operacionales	75
Medida del reparto de carga en transmisiones planetarias	76
Ingeniería de Vehículos y Transporte (2)	
Operación autónoma de autobuses en cocheras para tareas de aparcamiento y mantenimiento	77
Sistema de control robusto basado en H^∞ para el seguimiento de trayectoria de un vehículo con estimación de fallos en el actuador	78
Realidad virtual para gemelos digitales basados en transporte automático	79
Estimación de la intención de movimiento de peatones en un entorno viario mediante tecnología LiDAR	80
Dispositivo amortiguador para vehículos ligeros basado en fluidos no-newtonianos	81
Primeras fases de diseño de un neumático mixto-desmontable: ECOTIRE	82
Ingeniería de Fabricación y Metrología (3)	
Monitorización del desgaste de herramienta en procesos de taladrado de apilados híbridos en la industria aeronáutica mediante técnicas de Machine Learning	83
Estudio paramétrico del fresado de ranuras en fibra de carbono basado en la calidad superficial, esfuerzos de corte y desgaste de herramienta	84
Optimización del proceso de mecanizado de una carcasa aeronáutica de grandes dimensiones	85
Medición de temperaturas en rectificado de piezas de alto valor añadido	86
Análisis experimental del taladrado del material polimérico termoplástico PEEK con y sin refuerzo.	87
Aplicación de la Transformada Wavelet Discreta a la detección de roturas catastróficas de herramienta durante el taladrado de componentes aeronáuticos estructurales	88
Biomecánica (1)	
Efecto de los parámetros de impresión 3D en la resistencia del PLA utilizado para fabricar manos protésicas de bajo coste	89

Análisis numérico de la influencia de la morfometría de estructuras triplemente periódicas con mínima superficie en su respuesta elástica	90
Análisis del comportamiento a compresión de hueso trabecular femoral sano y enfermo	91
Impacto del diseño avanzado de estructuras porosas en la mecanobiología ósea	92
Métodos para el estudio y evaluación de la fatiga muscular mediante electromiografía de superficie en series de Wall-Balls	93
Banco de ensayos sensorizado de rodilla para la validación experimental de simulaciones de tratamientos	94
SESIONES PARALELAS IV	
Ruido y Vibraciones y Tribología (1)	
Detección de daño en estructuras a partir de la respuesta dinámica, mediante técnicas de deep-learning y visión artificial	95
Apilados piezoeléctricos para cancelación de vibraciones: Análisis de sensibilidad	96
Caracterización experimental del ruido de impacto de la circulación de un vehículo eléctrico sobre resaltes	97
Comportamiento vibratorio de vigas de material compuesto dañadas	98
Monitorización del trefilado de alambre con emisión acústica: aspectos relacionados con la deformación volumétrica y la fricción	99
Simulación y validación de las fuerzas de corte en el mecanizado de chapa de pared delgada	100
Ingeniería Ferroviaria (1)	
Obtención experimental de un modelo dinámico de pantógrafo ferroviario	101
Modelo de vía simplificado con parámetros periódicamente variables para simulaciones multicuerpo de vehículos ferroviarios	102
Desmontaje eficiente de vías en placa ferroviarias mediante el uso de microondas	103
Banco de Ensayos de Ejes y Bogies Ferroviarios	104

Clasificación del estado de un eje ferroviario mediante EMD y clasificadores automáticos	105
Medidas experimentales del coeficiente de fricción en carriles ferroviarios	106
Ingeniería de Fabricación y Metrología (4)	
Influencia de la duración del pulso en procesos de micro-mecanizado láser de aleación de titanio Ti6Al4V	107
Análisis del comportamiento mecánico y microestructural de piezas de acero inoxidable 316L fabricadas mediante WAAM	108
Análisis de la influencia de técnicas de refrigeración criogénicas y convencionales en el acabado superficial de piezas de Inconel 718 impresas por SLM	109
Evaluación energética e impacto ambiental del proceso de Aporte Directo de Material mediante láser (L-DED)	110
Desarrollo de un modelo multiescala para procesos de soldadura láser y láser-DED	111
Generación de estructuras de porosidad controlada en L-DED	112
Biomecánica (2)	
Diseño de un Exosuit Basado en Sinergias Actuado por Cables	113
Simulación de la actuación combinada FES-exoesqueleto para asistencia a la marcha	114
Comparativa experimental del control de la trayectoria de dedos en prótesis de mano: PID vs GPC	115
Predicción de postura en la muñeca humana a partir de la cinemática del brazo. Aplicación al control de manos protésicas	116
Influencia del procedimiento de reconstrucción en las métricas cinemáticas para valoración de pacientes de accidente cerebrovascular	117
Análisis cinemático del movimiento humano utilizando Smartphones	118

SESIONES PARALELAS V

Ruido y Vibraciones y Tribología (2)

Aportación a la caracterización de aisladores de vibraciones basados en cojín de malla metálica	119
Normalización y mapeo del par de fricción de rodamientos de vuelco de cuatro puntos de contacto	120
Estudio de la robustez de una metodología para la simulación de problemas acústicos o elastodinámicos basada en la combinación del método de las soluciones fundamentales y el método del contorno singular	121
Análisis modal operacional de piezas de pared delgada durante el proceso de mecanizado robótico	122
Determinación del índice de reducción sonora de materiales compuestos mediante probetas con un procedimiento de ensayo de bajo coste	123
Predicción del espesor de película en contacto puntual	124
Ingeniería Ferroviaria (2)	
Estimación de indicadores de calidad de la captación de corriente entre pantógrafo y catenaria a partir de medidas de aceleración y el uso de redes neuronales artificiales	125
Desarrollo de un modelo eficiente para la predicción de la corrugación y su aplicación a una línea metro	126
Medida de irregularidades de vía en tiempo real mediante un eje instrumentado	127
Confort estocástico en vehículos ferroviarios	128
Desarrollo de un sistema embarcado para la auscultación geométrica de vías en tiempo real	129
Ingeniería de Fabricación y Metrología (5)	
Caracterización mecánica y térmica de Bronce-PLA fabricado mediante modelado por deposición fundida MDF	130
Desarrollo de un biomodelo ultrarrealista con patología mediante fabricación aditiva para planificación de cirugías y formación	131
Optimización de parámetros de impresión para mejorar la calidad y rendimiento de piezas FFF	132

Análisis comparativo del impacto sobre la calidad superficial del posprocesado químico, térmico y mecánico de piezas poliméricas obtenidas mediante Fabricación por Filamento Fundido 133

Estudio de la influencia del refuerzo de cobre en las propiedades tribológicas de piezas obtenidas con FDM 134

Fabricación aditiva de fórceps mediante tecnología MEX con fibra de carbono continua para entrenamiento de parto con simulador virtual 135

Biomecánica (3)

Estudio in-silico de combinación de tratamientos para la osteoporosis postmenopáusica 136

Simulación mediante elementos finitos de los velos de una válvula aórtica 137

Simulante realista de cráneo humano para ensayos de impacto y predicción de daños 138

Estudio de Elementos Finitos de la Cirugía de Menisco Lateral Discoideo para Analizar el Comportamiento Biomecánico de la Rodilla 139

Ensayos experimentales y modelado numérico de impactos balísticos sin penetración en bloque de gelatina balística con protección de UHMWPE 140

Estudio experimental y computacional de la estabilidad de la fractura de húmero proximal con placa de bloqueo 141

SESIONES PARALELAS VI

Historia de las Máquinas y los Mecanismos

Estudio de los sistemas mecánicos del Códice Madrid I: catálogo de mecanismos 142

Análisis técnico y funcional del Paternoster romano (Gipuzkoa, España; Cracovia, Polonia): modelado 3D y análisis mecánico 143

Explotación de hidrocarburos en España: La bomba de varilla extractora 144

Interacciones España-Italia en el Diseño de Máquinas y Mecanismos a lo largo del tiempo 145

Contribuciones a la Historia de la Ingeniería Mecánica y de las Máquinas desde la revista Anales de Ingeniería Mecánica 146

Micromáquinas, Mecatrónica y Robótica

Optimización de modelo de arranque de material para lijado robótico	147
Influencia de la retroalimentación visual en varios indicadores de evaluación del equilibrio medidos en una máquina de rehabilitación del equilibrio	148
Metodología de calibración de estación de mecanizado robótico basada en flujo de trabajo CNC	149
Robot tipo Ackermann para tareas de monitorización en edificio bioclimático	150
Análisis con teoría de tornillos de un mecanismo de Jansen para sistema móvil destinado a la limpieza de parques solares	151
Aumento de la precisión de posicionado de células robóticas en aplicaciones de mecanizado	152

Educación en Ingeniería Mecánica (1)

Programa de prácticas de laboratorio en enseñanzas de ingeniería basado en la determinación del sistema mecánico equivalente de un vehículo eléctrico	153
Implementación de la metodología de enseñanza por retos en el Grado en Ingeniería Mecánica	154
Proyecto de Aprendizaje-Servicio en el ámbito del gerontodiseño	155
Uso de la metodología PBL para la realización de un estudio biomecánico de un ciclista con estudiantes del Grado en Ingeniería Biomédica	156
Síntesis Analítica Computacional de Mecanismos	157
Nuevas aportaciones en la formación académica de las asignaturas de Ingeniería Mecánica mediante el uso de metodología de enseñanza a distancia	158

Biomecánica (4)

Dispositivo de bajo coste para monitorizar el estado fisiológico del conductor de un vehículo	159
Análisis cinemático del cuerpo humano durante un frenado de emergencia	160
Protocolo de valoración funcional del diseño de una prótesis ortopédica low-cost de dedo	161
Análisis comparativo entre electrodos comerciales y un nuevo electrodo para recién nacidos	162

Análisis de la exactitud de posicionado de los electrodos en potenciales evocados visuales y somatosensoriales 163

Análisis de la influencia de la morfología craneal en los errores de posicionamiento según el método BeamF3 164

SESIONES PARALELAS VII

Dinámica de Sistemas Multicuerpo

Modelado de rodamientos de surco profundo mediante enfoques smooth 165

Integradores estructurales condicionalmente explícitos para dinámica de sólidos 166

Integrador estructural explícito para sistemas multicuerpo 167

Formulación Multibody para Elementos Discretos 168

Análisis de sistemas de posicionamiento para pacientes en protonterapia mediante Dinámica Multicuerpo con sólidos flexibles. 169

Fiabilidad y Mantenimiento

Estudio de la corrosión en equipos de una EDAR para la planificación de medidas preventivas 170

Aplicación de clasificadores automáticos a la monitorización de la condición de funcionamiento de material rodante ferroviario 171

Selección de patrones mediante WPT y clasificadores inteligentes para monitorización de componentes mecánicos rotativos 172

Predicción de señales vibratorias de ejes ferroviarios utilizando modelos de atención 173

Educación en Ingeniería Mecánica (2)

ChatGPT en el aula. Aplicación en ingeniería mecánica 174

La energía en el Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales y su relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 175

Metodologías didácticas activas para la consecución de las competencias marcadas en Ingeniería Mecánica 176

Aprendizaje activo de Diseño de Máquinas basado en casos de estudio y software didáctico propio 177

Análisis cinemático y dinámico de levas mediante hojas de cálculo: ampliación y mejora 178

Bicicleta eléctrica de radiocontrol como proyecto docente 179

Máquinas y Mecanismos (3)

Influencia del radio del cortador en el comportamiento mecánico de transmisiones hipoides con alta relación de transmisión 180

Tensiones en el pie de acoplamientos dentados abombados que trabajan en aplicaciones de alta desalineación 181

Caracterización de reductora wolfrom con sistema antijuego de actuador rotatorio espacial 182

Circuitos y ramas en las curvas de acoplador de un cuadrilátero articulado rígido-flexible actuado por un tendón continuo 183

Modelización eficiente del comportamiento estructural de rodamientos de rodillos cónicos mediante elementos finitos 184

Diseño de utillaje para ensayos de caracterización mecánica de nuevos materiales FRCM 185

RESÚMENES DE PRESENTACIONES EN PÓSTER

Análisis cuantitativo de la actividad cerebral para determinar la maduración cerebral de los recién nacidos 186

Diseño y materialización de mecanismos de barras planos reconfigurables en sus inversiones cinemáticas 187

El molde de inyección bajo una perspectiva docente en Ingeniería Mecánica 188

Contenur – T.I.I.P.: veinte años de colaboración empresa - universidad 189

Comportamiento en cavitación de sistemas aleados base cobre: caso particular de los bronce NAB y MAB 190

Procedimiento para la optimización de propiedades de elastómeros impresos en 3D 191

Mejora mecánica de piezas impresas en 3D a través de tratamientos térmicos	192
Procedimiento para la caracterización probabilística de los parámetros intrínsecos de cámaras	193
Diseño y caracterización de simulador solar low-cost para monitorización termomecánica de materiales	194
Modelo FEM para minimizar el error geométrico en el curvado de grandes chapas	195
Metodología de diseño y fabricación personalizada de férulas ortopédicas mediante fabricación aditiva de bajo coste	196
Cómo evitar electrocutarse en vehículos eléctricos	197
Estimación de prestaciones en una motocicleta de competición	198
Clasificación de tipologías de vehículos mediante un sensor LiDAR situado en la lateral de la carretera	199
BALANCE, diseño de una nueva máquina para diagnóstico y rehabilitación de equilibrio y marcha	200
Estudio de los manipuladores paralelos flexibles de baja movilidad del tipo Tripod	201
Diseño mecatrónico de un manipulador paralelo de 3gdl para la rehabilitación del equilibrio	202
Entrenamiento de IA para aplicación a robótica industrial: Desarrollo de un sistema de Software-in-the-loop	203
Metodología de incorporación de Key Performance Indicators en el cuadro de mando para la gestión de un proyecto complejo mediante el método Delphi	204
Clasificación de correas mediante Neuro-Fuzzy Genético	205
Caracterización mecánica de un sistema dual acrílico/epoxi y su habilidad para unir piezas impresas	206
Calibración de Sensores de Fibra Óptica desde la Ingeniería Mecánica	207
Generación de energía en túnel ferroviario mediante harvester electromagnético de vibración	208

Diseño de un sistema experimental para la obtención de los parámetros característicos de un actuador apilado piezoeléctrico	209
Matrices híbridas poliméricas con aloe y/o miel: caracterización y ensayos “in vitro e in vivo”	210
Prototipo de bio-impresora 3D de alta precisión adaptable a fotocurado DLP y LED-LCD	211
Efectos de la biocorrosión de un acero al carbono expuesto a lixiviados mineros	212
Durabilidad del hormigón en ambientes afectados por Drenaje Ácido de Mina mediante ensayos de tracción	213

Desarrollo de un modelo multiescala para procesos de soldadura láser y láser-DED

O. Murua De la Mata¹, J.I. Arrizubieta Arrate¹, A. Lamikiz Mentxaka¹, A. Urresti Ubillos¹, E. Ukar Arrien¹

¹ Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad del País Vasco (UPV/EHU). oihane.murua@ehu.eus. 946017347

En el presente trabajo se ha desarrollado un modelo multiescala dirigido a los procesos láser. El modelo resuelve el problema termomecánico generado durante los procesos láser, siendo posible la simulación de diferentes parámetros de proceso. En concreto, el modelo se ha orientado hacia la soldadura laser, o en inglés laser welding (LW), pero a pesar de lo descrito, el mismo modelo es extrapolable al proceso de fabricación aditiva por aporte directo de energía (L-DED). El término termomecánico se refiere a que el modelo consta de dos bloques totalmente acoplados, donde en un primero se resuelve el campo térmico y en el segundo el mecánico. Por lo tanto, el modelo es capaz de predecir el campo térmico al igual que las deformaciones resultantes. A través de este trabajo se describe la metodología aplicada para el desarrollo del modelo multiescala, al mismo tiempo que se muestran los resultados pertinentes al proceso completo de soldadura láser desde las temperaturas del baño fundido a la deformación de la propia pieza.

Generación de estructuras de porosidad controlada en L-DED

A. Urresti Ubillos¹, J.I. Arrizubieta Arrate¹, O. Murua De la Mata¹, A. Lamikiz Mentxaka¹

Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad del País Vasco (UPV/EHU).

aizpea.urresti@ehu.eus

946017347

El desarrollo de la fabricación aditiva metálica ha traído consigo un cambio sustancial en el paradigma de la fabricación, debido a ventajas como la fabricación de geometrías complejas sin coste añadido, y el mejor aprovechamiento del material. Entre las diversas tecnologías englobadas en ella, el aporte directo de energía mediante laser o L-DED destaca por la flexibilidad de su arquitectura y la baja afección térmica generada en la pieza base, por lo que se emplea comúnmente en aplicaciones de recubrimiento, reparación y la generación de detalles geométricos sobre un sustrato.

En el presente trabajo plantea un cambio de enfoque en las aplicaciones del L-DED hasta la fecha. Junto con el auge de la generación de hidrogeno mediante electrolisis, la fabricación de elementos de densidad reducida se ha convertido en otra de las potenciales aplicaciones del L-DED. El presente trabajo se centra en la generación de estructuras porosas, con el objetivo de obtener tanto elementos de porosidad determinada en su volumen, como elementos de gradiente funcional (FGM) mediante el control de porosidad en cada capa.

En primer lugar, se estudian los principales tipos de porosidad presentes en el proceso L-DED, sus características y su posible potencial a ser empleados de forma controlada. Además, se identifican los parámetros más relevantes para el control de dicha porosidad, primando la flexibilidad y su simplicidad de implementación en el proceso. Una vez se ha establecido el campo de estudio, se realiza un análisis de los trabajos más relevantes publicados en los últimos años, lo que permite determinar los límites del estado del arte y las carencias existentes.

Partiendo del análisis realizado, se establece el atrapamiento de gas como principal mecanismo para la generación de porosidad, siendo la variación de los caudales de gas de arrastre y protección los parámetros escogidos para el control. Finalmente, se diseña una serie de experimentos con el objetivo de demostrar la viabilidad de controlar el porcentaje de porosidad en el material aportado. En ellos, se estudian la influencia que tienen las variaciones de los flujos de gas en la distribución de polvo y en la geometría e integridad de capas simples aportadas, así como en la porosidad introducida en paredes de mayor sección. El análisis se ha llevado a cabo tanto experimental como numéricamente, mediante simulaciones CFD.

Diseño de un Exosuit Basado en Sinergias Actuado por Cables

A. Jayakumar¹, D. Rodríguez Jorge¹, J. Bermejo García¹, R. Agujetas Ortiz¹, F. Romero Sánchez¹, F.J. Alonso Sánchez¹

¹ Dpto. de Ingeniería Mecánica, Energética y de los Materiales. Universidad de Extremadura. ashwinj@unex.es, danielrj@unex.es, javierbg@unex.es, rao@unex.es, fromsan@unex.es, fjas@unex.es

La Organización de Naciones Unidas determina que la población de mayores de 65 años en el mundo pasará del 9% actual al 16% para el año 2050[1]. Para promover un envejecimiento activo en este grupo de la población, se propone el uso de exoesqueletos vestibles también conocidos como exosuits o exotrajes como opción para asistencia a la marcha. Este trabajo describe el desarrollo de un exoesqueleto vestible basado en sinergias cinemáticas, que permiten minimizar el número de actuadores necesarios para asistir la marcha. En este caso concreto, se actúa, por una parte, la cadera y el tobillo, y por otra, la rodilla, con un solo motor para actuar ambas piernas. El sistema de transmisión tiene embragues electromecánicos para aislar las actuaciones en cada grupo citado y por cada pierna. En los ejes del mismo, hay trenes de poleas dimensionadas mediante sinergias cinemáticas, para cada segmento. Los elementos de transmisión de fuerza son cables de acero tipo Bowden, anclados en puntos específicos del segmento corporal a actuar. Para el control, se usa sensores inerciales (IMU), sensores de fuerza resistivos (FSR) y encoders incrementales en los ejes de salida para retroalimentación en el sistema de detección de fase de la marcha. El sistema de detección de fase toma como entradas los valores de datos de los IMUs y FSR, lo que permite estimar la fase de la marcha. Con ello, el sistema controla la extensión del cable teniendo en cuenta la posición angular de los ejes medido por los encoders en los ejes para actuar los segmentos y asistir la marcha. El exosuit, además, tiene la opción de configurar un equipo de estimulación eléctrica funcional para mejorar el proceso de rehabilitación. Este exoesqueleto, que se encuentra en fase de validación experimental (TRL4), pretende contribuir a la mejora del proceso de rehabilitación en pacientes con movilidad reducida en fases posteriores de desarrollo.

Simulación de la actuación combinada EEF-exoesqueleto para asistencia a la marcha

J. Bermejo-García¹, F. Romero-Sánchez¹, R. Agujetas¹, F. Javier Álvarez García¹, A. González González¹, F.J. Alonso Sánchez¹

¹ Dpto. de Ingeniería Mecánica, Energética y de los Materiales. Universidad de Extremadura. javierbg@unex.es

Las órtesis híbridas o exoesqueletos de rehabilitación han demostrado ser una potente herramienta en la rehabilitación fuera del ámbito clínico para sujetos con patologías asociadas a la marcha, debido a la combinación de una actuación electromecánica para proporcionar movimiento y apoyo, y al uso de Estimulación Eléctrica Funcional (EEF) para contraer el tejido muscular con el fin de mejorar el proceso de rehabilitación. El principal problema que se plantea en el diseño de los dos perfiles de actuación es que se consiga una marcha natural o normativa a la vez que los dos actuadores sean transparentes entre sí. El objetivo es utilizar los perfiles de actuación obtenidos en dinámica inversa como entradas para el análisis dinámico directo junto con la acción del actuador articular, de manera que se pueda optimizar la actuación híbrida. En este trabajo se analizan los perfiles de actuación combinada o híbrida (EEF-motor) en diferentes condiciones y escenarios de fatiga muscular, en este caso realizando un análisis dinámico directo. Los resultados muestran una disminución del momento articular en la articulación de la rodilla debido a la fatiga muscular. Como consecuencia, se produce un aumento de la actuación de la ortesis para la consecución del movimiento. A través de este enfoque, se pretende generar diferentes patrones de actuación en función de la ponderación ortesis-EEF y simular la marcha resultante como paso previo a la experimentación en un entorno real, permitiendo ensayar diferentes estrategias de control del dispositivo de rehabilitación.

Comparativa experimental del control de la trayectoria de dedos en prótesis de mano: PID vs GPC

S. Arambul Pérez¹, J.V. García-Ortiz¹, M.C. Mora¹, J. Cerdá-Boluda²

¹Dpto. de Ingeniería Mecánica y Construcción. Universitat Jaume I. arambul@uji.es, jortiz@uji.es, mmora@uji.es

²Dpto. de Ingeniería Electrónica. Universitat Politècnica de València. joacerbo@eln.upv.es

En la generación de un agarre realizado por la mano humana se pueden considerar dos fases: el preagarre, que consiste en la realización de una trayectoria coordinada de todos los dedos que participan en el agarre hasta el impacto de estos con el objeto, y el agarre en sí, que implica el posterior control de fuerza que permite mantener el objeto agarrado para, en su caso, realizar su manipulación. Una mano protésica debería poder replicar estas dos fases de manera similar a como lo hace la mano humana. Sin embargo, una prótesis no suele disponer de los más de 20 grados de libertad existentes en la mano humana y, por tanto, es necesario adaptar los agarres a realizar a la mano concreta de que se dispone.

En las últimas décadas se han realizado grandes avances en el campo del control y, en concreto, en el ámbito del control óptimo que se han trasladado al control de manos protésicas, donde lo habitual suele ser utilizar un control proporcional básico para cada dedo. Por ello y por la dificultad de comunicar las intenciones del usuario a la prótesis, las manos protésicas automatizadas presentan una elevada tasa de rechazo, aun siendo más avanzadas que sus homólogas mecánicas. Por esta razón, es imprescindible abordar la mejora del control de las prótesis de mano, de manera que permitan restablecer en gran medida la funcionalidad perdida tras la amputación. En este contexto, este trabajo presenta la comparativa resultante de implementar dos algoritmos para controlar la trayectoria de un dedo de una prótesis de mano: un PID tradicional y un algoritmo de control predictivo con información futura GPC (GeneralizedPredictiveController), que busca la optimización del coste del control.

El objetivo de este trabajo consiste en plantear una mejora en el control de bajo nivel que actualmente se realiza en manos protésicas partiendo del conocimiento de los agarres ideales, es decir, de las trayectorias de los dedos correspondientes a los diferentes agarres a realizar por la prótesis. Se presenta un trabajo experimental que permite medir el rendimiento y la eficiencia de dos algoritmos a la hora de controlar el agarre de una mano protésica: un PID tradicional y un GPC con información futura. Haciendo uso de una señal determinista y de la mano BruJA [1], se identifica el modelo del sistema [2], que es utilizado para el posterior análisis del controlador. Tras la programación del GPC con predicciones futuras [3, 4], se realizan unas pruebas experimentales donde se registran las trayectorias ideales junto con las trayectorias generadas por el controlador para el dedo. Estos ensayos consisten en la apertura y cierre lineal de un dedo con duración de 1 segundo cada transición. Este movimiento es registrado por los encoders ubicados en la mano protésica. Posteriormente, se somete al mismo ensayo a un controlador tipo PID diseñado con las reglas de Ziegler-Nichols [7] para, posteriormente, comparar los resultados. El criterio principal de comparación entre los algoritmos es el coste de control y sus partes diferenciadas: coste del error y el esfuerzo de control.

Predicción de postura en la muñeca humana a partir de la cinemática del brazo. Aplicación al control de manos protésicas

Antonio Pérez González, Víctor Roda Casanova, Javier Sabater Gazulla

Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I, aperez@uji.es, vroda@uji.es, jsabater@uji.es

La automatización del movimiento de la muñeca en prótesis del miembro superior permite simplificar la interfaz hombre-máquina, reduciendo la carga mental del usuario y reduciendo o eliminando la necesidad de movimientos compensatorios en el brazo necesarios en el caso de una muñeca rígida. Otros trabajos han basado esta automatización en el tratamiento de señales de electromiografía o ultrasonidos tomadas en el antebrazo, tratando de correlacionar el movimiento de la muñeca con la actividad detectada en los músculos que lo producen. Sin embargo, estos sistemas son complejos y propensos a errores con el movimiento de los sensores. En este trabajo se estudia la posibilidad de predecir los giros necesarios en la muñeca en tareas de transporte de objetos a partir de información cinemática del resto de articulaciones del brazo. Para ello se registró con sensores Polhemus Fastrak la posición y orientación de mano, antebrazo, brazo y espalda en cinco sujetos durante diferentes tareas de transporte de un objeto cilíndrico y uno esférico entre cuatro ubicaciones diferentes en una estantería vertical situada frente al sujeto. A partir de los registros se obtuvieron los tres ángulos de giro en cada articulación del brazo. Empleando Matlab, se entrenaron redes neuronales prealimentadas (FFNN) y con retardo temporal (TDNN) para predecir los giros de la muñeca (flexión/extensión, abducción/aducción y pronación/supinación) a partir del resto de ángulos en codo y hombro. Posteriormente se probaron dichas redes con una fracción aleatoria del 15% de los datos, no usados en el entrenamiento, obteniéndose coeficientes de correlación entre los ángulos reales y los predichos por la red de 0.88 para la FFNN y de 0.94 para la TDNN. Esta correlación mejora si a la red se añade información del objeto manipulado, o se entrena por separado con los casos de cada objeto (0.94 para la FFNN, 0.96 para la TDNN). Igualmente, la correlación mejora al entrenar la red de forma específica para cada sujeto. Estos resultados sugieren que sería factible reducir los movimientos compensatorios en manos protésicas empleando muñecas motorizadas y automatizando su movimiento a partir de información registrable mediante sensores adecuadamente situados en la prótesis y el cuerpo del sujeto.

Influencia del procedimiento de reconstrucción en las métricas cinemáticas de tren superior para valoración de pacientes de accidente cerebrovascular

Joaquín Ojeda Granja¹, Juana Mayo Núñez¹, Patricia Ferrand Ferri², Ezequiel Martín Sosa¹, M^a José Zarco Perrián²

¹Dpto. de Ingeniería Mecánica y Fabricación. Universidad de Sevilla. joaquinorejeda@us.es

²Unidad de Lesionados Medulares. Hospital Universitario Virgen del Rocío. mjzarco@outlook.com

El accidente cerebrovascular, comúnmente conocido como ictus, es considerado en España la principal causa de discapacidad grave en la edad adulta. Existe en la práctica clínica una amplia experiencia en la valoración y tratamiento de este tipo de pacientes basados en criterios cinemáticos. La obtención de datos cinemáticos se suele realizar mediante cámaras de infrarrojos y marcadores reflectantes existiendo en la literatura una gran variedad de protocolos experimentales para resolver el problema cinemático inverso. No obstante, no se han encontrado estudios que analicen la influencia del procedimiento empleado en la resolución del problema cinemático inverso. En este trabajo se ha empleado un protocolo de marcadores habitual en la práctica clínica y se ha realizado la reconstrucción cinemática del movimiento del tren superior empleando dos técnicas diferentes: una basada en un método no óptimo de reconstrucción y otro basado en un ajuste por mínimos cuadrados mediante el software OpenSim. El objetivo de este trabajo es analizar la influencia de las técnicas de reconstrucción en el cálculo de las métricas cinemáticas comúnmente empleadas en la valoración clínica de pacientes de ACV. Los resultados muestran que las métricas son muy similares en ambos casos al analizar un participante sano, pero aumentan las diferencias cuando se analiza un miembro afectado por ACV. Se ha comprobado que las técnicas no óptimas son más sencillas y rápidas de implementar, pero proporcionan resultados cinemáticamente inconsistentes. Por otra parte, el uso de técnicas de optimización garantiza la consistencia cinemática, pero son altamente dependientes de la fidelidad del modelo biomecánico empleado a la realidad. El uso de OpenSim permite la posibilidad de resolver fácilmente el problema dinámico inverso y de reparto de fuerzas musculares de manera que se puedan desarrollar nuevas métricas de valoración basadas en criterios cinéticos y musculares.

Análisis cinemático del movimiento humano utilizando Smartphones

Rosa Pàmies-Vilà¹, Lluïsa Jordi Nebot¹, Joan Puig-Ortiz¹

¹ Departamento de Ingeniería Mecánica. Universitat Politècnica de Catalunya. rosa.pamies@upc.edu;
lluïsa.jordi@upc.edu; joan.puig@upc.edu

Para el análisis del movimiento humano, usualmente se recurre a los laboratorios de biomecánica que están equipados con cámaras de infrarrojo para capturar la posición de marcadores reflectantes situados en puntos anatómicos del sujeto. Habitualmente, cuando el análisis del movimiento se realiza fuera del laboratorio (al aire libre o en viviendas) se utilizan sensores inerciales. La aparición de la aplicación OpenCap para dispositivos iOS, en octubre de 2022, puede representar una gran revolución en la captura de movimientos. Esta aplicación, de los mismos desarrolladores de OpenSim, permite obtener la cinemática articular del movimiento de un sujeto sin la necesidad de utilizar marcadores ni cámaras de infrarrojo. Requiere un mínimo de dos dispositivos iOS (iPhone, iPad o iPod) colocados en trípodes, un tablero de calibración y un tercer dispositivo para ejecutar la aplicación web de OpenCap. Las características cinemáticas se derivan utilizando los algoritmos OpenPose y HRNet, así como la cinemática inversa en OpenSim.

La aplicación web de OpenCap permite a los usuarios recopilar videos sincronizados y visualizar datos de movimiento que se procesan automáticamente en la nube, eliminando así la necesidad de hardware especializado. Este trabajo va un paso más allá y se centra en el uso de OpenCap y OpenSim para analizar el movimiento cinemático realizado en máquinas deportivas. A diferencia de la mayoría de los estudios previos, que se limitan a modelar solo al sujeto sin la capacidad de agregar otros elementos, nuestro enfoque incluye el modelado de las máquinas de gimnasio y la realización de grabaciones en un entorno no controlado, permitiendo así explorar las capacidades de estas herramientas en el ámbito recreativo y deportivo. En el trabajo, se presentan los resultados obtenidos mediante la utilización de las aplicaciones OpenCap y OpenSim en el análisis del movimiento realizado en dos máquinas deportivas situadas fuera de un laboratorio biomecánico. Si bien se identificaron desafíos en la modelación de la interacción persona-máquina, este enfoque muestra potencial para mejorar los procedimientos de medición y abrir nuevas posibilidades de investigación en el ámbito deportivo.

Aportación a la caracterización de aisladores de vibraciones basados en cojín de malla metálica

P. García¹, A. de-Juan¹, D. Ríos¹, M. Herráez², A. Gaute¹, F. Viadero¹

¹Dpto. de Ingeniería Estructural y Mecánica. Universidad Cantabria.

garciafp@unican.es; ana.dejuan@unican.es; danirios1007@gmail.com; alvaro.gaute@unican.es; viaderof@unican.es

²Dpto. CMeIM - Ingeniería Mecánica. Universidad de Valladolid. mherraes@uva.es;

El aislamiento de vibraciones es una parte fundamental del diseño de máquinas que se aborda mediante la interposición de distintos elementos resilientes. La predicción del comportamiento de estos elementos resulta fundamental hoy en día para un diseño eficaz y eficiente del aislador. Para hacer posible dicha predicción es necesario, en primer lugar, caracterizar con suficiente precisión el comportamiento del aislador y, en segundo, modelizar dicho comportamiento a nivel matemático para que pueda ser implementado dentro de las herramientas de simulación dinámica. La caracterización del aislador puede permitir además ahondar en el conocimiento de los principios físicos de su funcionamiento. En este trabajo se lleva a cabo un estudio experimental para caracterizar el comportamiento de un aislador basado en cojín metálico. Aunque este tipo de elementos tiene unas características de gran interés para su utilización en muy variadas aplicaciones, su comportamiento no es del todo entendido y su caracterización resulta compleja debido, entre otros, a su carácter no lineal. El presente estudio se realiza únicamente a partir de ensayos cuasiestáticos. Si bien para la caracterización completa del aislador serán necesarios también ensayos dinámicos, los estáticos permiten poner de relieve algunas características de estos aisladores de vibración de forma más simple y rápida. Al mismo tiempo, las conclusiones obtenidas servirán para el diseño de los futuros ensayos dinámicos. Los ensayos cuasiestáticos realizados proporcionan como herramienta de análisis principal la curva de histéresis del aislador bajo distintas condiciones de funcionamiento o constructivas. La comparación de parámetros funcionales extraídos a partir de dichas curvas, tales como el factor de pérdidas y la rigidez, permiten obtener ciertas conclusiones de interés sobre el funcionamiento del aislador. Entre estas, caben destacar la constatación de la densidad relativa como parámetro constructivo más determinante del comportamiento no lineal del aislador, y la presencia en este no sólo de amortiguamiento de Coulomb sino también de un cierto amortiguamiento viscoso.

Normalización y mapeo del par de fricción de rodamientos de vuelco de cuatro puntos de contacto

Iñigo Escanciano García¹, Iker Heras Miguel¹, Josu Aguirrebeitia Celaya¹

¹ IDpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad del País Vasco (UPV/EHU). inigo.escanciano@ehu.eus, iker.heras@ehu.eus, josu.aguirrebeitia@ehu.eus

Actualmente, el par de fricción de los rodamientos de vuelco de cuatro puntos de contacto puede estimarse bien mediante fórmulas sencillas y de aplicación directa, las cuales reportan resultados aproximados, válidos a nivel orientativo, o bien mediante complejos modelos analíticos o numéricos, que ofrecen resultados más fiables, pero a cambio de un coste computacional mucho mayor. No se dispone, por lo tanto, de un método de cálculo ágil y sencillo de implementar que a su vez realice estimaciones precisas del par. No obstante, estimar el par de fricción resulta indispensable, no solo para dimensionar el sistema actuador correspondiente, sino para realizar un control del giro preciso y eficiente. Por ello, en este trabajo de investigación se propone una vía enfocada a obtener una base de datos, o mapa, del par de fricción, basado en los resultados obtenidos mediante los métodos de cálculo más fiables. Mediante este mapa, el usuario podrá obtener el par para cualquier caso de manera directa, ya sea mediante la consulta de gráficos que representen dicho mapa, como a través de una herramienta de interpolación. Para lograr una base de datos convenientemente nutrida, el principal reto se centra en hallar una expresión normalizada del par, de manera que esta sea independiente del mayor número de parámetros posible. Así, el mapeo podrá realizarse en base una cantidad reducida de parámetros, facilitando tanto la obtención del propio mapa, como la interpretación del mismo por parte del usuario. Como resultado, el presente trabajo propone una expresión normalizada del par que demuestra ser independiente de cuatro parámetros principales, a saber, el diámetro medio del rodamiento, el diámetro de bola, el número de bolas y el coeficiente de fricción.

Estudio de la robustez de una metodología para la simulación de problemas acústicos o elastodinámicos basada en la combinación del método de las soluciones fundamentales y el método del contorno singular

R. Arcos¹, A. Clot¹, H. Liravi¹, J. Fakhraei¹, K.F. Conto¹, J. Romeu¹

¹ Serra Hünter fellow, Laboratorio de Ingeniería Acústica y Mecánica (LEAM). Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
robert.arcos@upc.edu, arnau.clot@upc.edu

² Laboratorio de Ingeniería Acústica y Mecánica (LEAM). Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
hassan.liravi@upc.edu, javad.fakhraei@upc.edu, kenny.fernando.conto@upc.edu, jordi.romeu@upc.edu

Recientemente, los métodos numéricos que permiten simular la respuesta de sistemas físicos sin utilizar un mallado del mismo han captado el interés de la comunidad científica. Este tipo de métodos trabajan sin la necesidad de una topología de malla, redundando en formulaciones más sencillas, algoritmos de implementación más compactos y, en algunos casos, importantes ventajas computacionales. A lo largo de los últimos años se han sucedido los trabajos científicos relacionados con este tipo de métodos aplicados al campo de la propagación de ondas acústicas y/o elásticas. El método de las soluciones fundamentales (MFS) y el método del contorno singular (SBM) son dos de las metodologías más populares en este campo. En este trabajo se presenta un estudio de la robustez de un nuevo método que combina estas dos metodologías para la resolución de problemas de radiación de ondas acústicas o elásticas en el caso de contornos irregulares. Se estudia la cantidad de fuentes virtuales y de puntos de colocación que permiten que el método presente buenos resultados. También se estudian las distribuciones de fuentes asociadas a cada método que resultan en resultados más precisos de la simulación, así como los mejores emplazamientos de las fuentes asociadas al método MFS y la importancia del mismo en los resultados obtenidos. Estos estudios se han realizado en el contexto de un ejemplo de cálculo que considera una sección transversal cuadrada, colocando el foco en la exactitud y eficiencia computacional del nuevo método en comparación con metodologías existentes, como el método de los elementos de contorno. De los resultados obtenidos, se discute la robustez del nuevo método híbrido y se proponen estrategias para maximizarla.

Análisis modal operacional de piezas de pared delgada durante el proceso de mecanizado robótico

J. Ibarrola Chamizo¹, M. Merino Olagüe¹, M. Hualde Otamendi¹, X. Iriarte Goñi^{1,2}

¹ Dpto. de Ingeniería. Universidad Pública de Navarra, Campus de Arrosadia, 31006, Pamplona, España

² Institute of Smart Cities (ISC), Universidad Pública de Navarra, Campus de Arrosadia, 31006, Pamplona, España

e-mail: [javier.ibarrola, mikel.merino, mikel.hualdeo, xabier.iriarte]@unavarra.es

Palabras clave: Análisis modal operacional; Chatter; FDD; SSI-Cov, Polimax;

En los procesos de mecanizado mediante arranque de viruta, la interacción entre las frecuencias naturales de vibración de la pieza y las frecuencias de excitación de la herramienta provocan vibraciones inestables conocidas como "chatter". Como consecuencia de estas vibraciones las piezas pueden presentar acabados superficiales deficientes.

Existen múltiples técnicas de reducción del chatter las cuales se pueden clasificar en: offline (a priori) y online (in situ). En ambos casos, es necesario el uso de datos procedentes de análisis modales que permitan conocer los límites de inestabilidad de la pieza, para adecuar los parámetros de mecanizado y ajustarlos en valores en los que no exista chatter.

El presente trabajo se centrará en la obtención de los parámetros modales de una pieza de pared delgada durante el proceso de mecanizado, en el cual un brazo robótico industrial elimina material de uno de sus bordes libres mientras que el borde opuesto permanece empotrado (sistema en voladizo).

Dado que resulta una labor muy compleja la medición de las fuerzas de corte generadas en cualquier proceso de mecanizado, las técnicas habituales del AME (Análisis Modal Experimental) resultan imposibles de aplicar durante dicho proceso, pero sí son válidas para la obtención de los parámetros modales del sistema.

Sin embargo, las técnicas del AMO (Análisis Modal Operacional) se aplican en estructuras de gran envergadura en las cuales, por motivos de dimensiones, es imposible excitarlas manualmente. Estas técnicas están basadas en la medición exclusiva de las respuestas del sistema suponiendo que la entrada de excitación es ruido blanco. De este modo, este tipo de técnicas permiten obtener las características modales del sistema utilizando sólo las señales de respuesta sin necesidad de medir la excitación, resultando de gran utilidad en el campo de aplicación del presente estudio.

Con ello, se ha realizado un AME de la pieza mediante la técnica del martillo y se han validado los resultados mediante un modelo en elementos finitos. Una vez obtenidos los parámetros modales del sistema, estos servirán como comprobación de la eficacia de los 3 algoritmos de AMO aplicados posteriormente durante el proceso de mecanizado robótico: FDD, Polimax y SSI-Cov.

Determinación del índice de reducción sonora de materiales compuestos mediante probetas con un procedimiento de ensayo de bajo coste

G. Munuera Saura¹, J.L. Aguirre Martínez²

¹Dpto. de Ingeniería Mecánica, Materiales y Fabricación. Universidad Politécnica de Cartagena.
gregorio.munuera@upct.es

²Dpto. de Ingeniería Mecánica, Materiales y Fabricación. Universidad Politécnica de Cartagena.
joseluis.aguirre@upct.es

La caracterización de materiales aislantes del ruido se puede llevar a cabo mediante distintos procedimientos normalizados que requieren de unas instalaciones costosas. Es posible obtener el índice de reducción sonora mediante la medida de la intensidad acústica que es propaga por una fuente sonora unidireccional encerrada en una caja fuertemente aislada por todas sus caras menos una. La cara no aislada es donde se coloca la probeta de dimensiones 478 x 398 milímetros. La medida consiste en determinar la energía que atraviesa en la unidad de tiempo la zona de ensayo sin probeta y con probeta. La diferencia entre ambas aporta el índice de reducción sonora, siempre y cuando las medidas pueden ser validadas en repetitividad e índice presión-intensidad, según la normativa específica.

Los ensayos realizados han permitido valorar el índice de reducción sonora de diversos materiales utilizados en el campo del aislamiento acústico y combinarlos entre sí, para determinar la capacidad aislante del conjunto, así como la disposición más adecuada de cada uno de los materiales.

Predicción del espesor de película en contacto puntual

J. Echávarri Otero¹, E. Chacón Tanarro¹, F. Franco Martínez¹, G. Sánchez Medina¹, M. Cortada-García²

¹ Grupo de Investigación en Ingeniería de Máquinas, Universidad Politécnica de Madrid, javier.echavarri@upm.es, e.chacon@upm.es, francisco.franco@upm.es, gonzalo.sanchez.medina@alumnos.upm.es

² Technology Lab, Repsol S.A., marti.cortada@repsol.com

Puede decirse que los valores más representativos para caracterizar la formación de la película de lubricante en un contacto mecánico son los espesores central y mínimo de la película. En la literatura hay una gran diversidad de fórmulas Newtonianas para estimar los espesores en contacto puntual, con un ámbito de validez ajustado en un rango de condiciones empleadas para la obtención de cada expresión. Además, para adaptar los resultados de estas ecuaciones Newtonianas a la realidad del contacto y valorar algunos efectos que pueden ser importantes, existen varios tipos de factores correctores que tienen en cuenta la compresibilidad, el comportamiento no-Newtoniano y los efectos térmicos en el lubricante. Estos factores también tienen sus correspondientes rangos de ajuste. En este trabajo, estas ecuaciones y factores se han aplicado a predecir el espesor de película para un lubricante Newtoniano y otro no-Newtoniano bajo diferentes condiciones de operación, contrastando los resultados con medidas realizadas en un tribómetro y con datos disponibles en la bibliografía sobre valores experimentales y de simulación numérica. Se analizan las expresiones que ofrecen mejores estimaciones del espesor central de película, en relación con el ámbito de validez teórica de cada una de ellas.

Estimación de indicadores de calidad de la captación de corriente entre pantógrafo y catenaria a partir de medidas de aceleración y el uso de redes neuronales artificiales

S. Gregori Verdú¹, M. Tur Valiente¹, J. Gil Romero¹, A.M. Pedrosa Sánchez¹, N. H. Aldaz Saca¹, F. J. Fuenmayor Fernández¹

¹Instituto de Ingeniería Mecánica y Biomecánica. Universitat Politècnica de València. sangreve@upv.es, manuel.tur@mcm.upv.es, jaigiro@upv.es, anpedsan@dimmm.upv.es, nhaldsac@upvnet.upv.es, ffuenmay@upv.es

La calidad de la captación de corriente mediante la interacción entre pantógrafo y catenaria es comúnmente cuantificada por la desviación típica de la fuerza de contacto entre ambos sistemas. Tal y como recoge la norma EN-50317, para poder medir este parámetro se necesita montar un pantógrafo instrumentado con cuatro acelerómetros y cuatro células de carga, cuya instalación puede llegar a alterar el comportamiento dinámico del propio pantógrafo. Además, al tratarse de medidas en vía, los ensayos son muy costosos y requieren detener el tráfico rodado. Así pues, actualmente no existen pantógrafos convencionales que realicen un registro continuo de la fuerza de contacto con la catenaria.

En este trabajo se propone una metodología para, a partir de la medida de la aceleración vertical de la mesilla del pantógrafo, obtener una estimación de la desviación típica de la fuerza de contacto con el uso de técnicas de inteligencia artificial supervisada como son las redes neuronales. De esta forma, con una instrumentación mucho más sencilla (tan solo un par de acelerómetros) se podría realizar un monitoreo continuo de la calidad de captación de corriente con la finalidad de detectar con antelación tramos en los que la captación se está deteriorando y realizar así las medidas correctoras oportunas.

Para conseguir el objetivo propuesto, se construye una base de datos de medidas de aceleración del pantógrafo y la fuerza de contacto correspondiente, lo suficientemente grande para poder entrenar la red neuronal. En este trabajo, estas medidas experimentales se realizan en un banco de ensayos sobre el pantógrafo DSA-380. Tras ajustar los parámetros de la red neuronal, esta se valida con un conjunto de medidas distinto al utilizado para el entrenamiento, consiguiendo predicciones de la desviación típica de la fuerza de contacto con un error inferior al 10%.

Desarrollo de un modelo eficiente para la predicción de la corrugación y su aplicación a una línea metro

R. Robles¹, N. Correa¹, E.G. Vadillo¹, J. Santamaría¹, J. Astarloa²

¹Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad del País Vasco UPV/EHU. rakel.robles@ehu.es, nekane.correa@ehu.es, ernesto.garciavadillo@ehu.es, javier.santamaria@ehu.es

²Euskal Trenbide Sarea-Red Ferroviaria Vasca. jastarloa@ets-rfv.eus

En este artículo se desarrolla un modelo en el dominio del tiempo/espacio, muy eficiente computacionalmente, que combina la dinámica vertical y lateral de la vía y del eje montado para predecir el desgaste ondulatorio en función de los parámetros de vía y vehículo. El modelo se obtiene de la transformación de un modelo en el dominio de la frecuencia al dominio del tiempo mediante el método de fracciones racionales polinómicas. Con este método se obtiene el ajuste de una función de transferencia asociada a una receptancia. Haciendo uso de algoritmos genéticos multiobjetivo se minimiza el error en el ajuste de las receptancias que describen la dinámica vertical y lateral tanto de la vía como del eje montado, además de asegurar la estabilidad del sistema. En este modelo, el estudio del contacto tangencial se lleva a cabo mediante el algoritmo FASTSIM. El modelo se valida con mediciones experimentales de receptancias y corrugación realizadas en una línea de metro. El punto de control seleccionado para dicha validación es uno de los que mayor crecimiento de la corrugación ha experimentado a lo largo de los 5 años de estudio. Los resultados de desgaste obtenidos mediante el modelo muestran una gran similitud con los resultados experimentales.

Medida de irregularidades de vía en tiempo real mediante un eje instrumentado

S. Muñoz¹, P. Urda², J.L. Escalona³

¹Dpto. de Ingeniería y Ciencia de los Materiales y del Transporte. Universidad de Sevilla. sergiomunoz@us.es

²Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad de Sevilla. purda@us.es

³Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad de Sevilla. escalona@us.es

En el presente trabajo se presenta una metodología basada en modelos para la estimación de las irregularidades de vía. Esta metodología ha sido aplicada al desarrollo de un sistema de medición compacto e independiente: un eje instrumentado dotado de un conjunto de sensores de bajo coste (un giróscopo 3D, un sensor de distancia LVDT y un encóder). Este eje instrumentado puede ser propulsado por cualquier vehículo ferroviario a una velocidad de avance moderada, proporcionando mediciones de irregularidades de vía en tiempo real. La metodología propuesta ha sido validada mediante una campaña experimental realizada en una instalación ferroviaria a escala 1:10, construida en la Escuela Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla. Haciendo uso del eje instrumentado, se ha medido los 80 m de la vía a escala a una velocidad de $V = 0,65$ m/s, en tan sólo dos minutos. Los resultados obtenidos se han comparado con las mediciones de referencia de la vía a escala, obteniéndose unos errores inferiores a 0,45 mm en el rango de longitud de onda corta $D1$.

Confort estocástico en vehículos ferroviarios

A.L. Morales Robredo¹, E. Palomares Novalbos¹, A.J. Nieto Quijorna¹,
J.M. Chicharro Higuera¹, P. Pintado Sanjuán¹

¹Dpto. de Mecánica Aplicada e Ingeniería de Proyectos. DYNAMO Research Group.
Universidad de Castilla-La Mancha. AngelLuis.Morales@uclm.es, Eduardo.Palomares@uclm.es,
AntonioJavier.Nieto@uclm.es, JoseManuel.Chicharro@uclm.es, Publio.Pintado@uclm.es

En la actualidad, la norma UNE-EN 12299 se emplea para determinar una métrica del confort que experimentarán los pasajeros de vehículos ferroviarios. Esta métrica, denominada índice de confort o NMV, se determina a través de la medida en condiciones de tara de la aceleración en tres puntos del suelo del compartimento (los dos extremos y el centro). Sin embargo, recientemente se ha señalado que el procedimiento puede haber quedado obsoleto por diversos motivos: en primer lugar, porque las medidas deterministas realizadas en tara no son representativas del valor real de confort que experimentará el pasajero, pues estos se comportan como absorbentes dinámicos de vibraciones; en segundo lugar, porque la tendencia actual de desarrollar cajas ligeras puede requerir la medida en más puntos del suelo para no pasar por alto la importancia de los modos flexibles; y en tercer lugar, porque resulta más riguroso considerar el confort como una variable aleatoria.

El objetivo de este trabajo es, por tanto, demostrar la idoneidad de considerar el confort como una variable aleatoria que represente el confort percibido por cualquier conjunto aleatorio de viajeros (confort compuesto, C_c) a la vez que ser capaz de estimar su función de densidad de probabilidad a partir de tan sólo dos ensayos en vía (uno en tara y otro con pasajeros).

Para desarrollar esta idea, este trabajo muestra las distribuciones de probabilidad del confort compuesto obtenido para un tren Shinkansen mediante simulaciones tipo Monte Carlo donde se aleatoriza el número, peso y posición de los pasajeros en el coche. El modelo dinámico incluye los modos flexibles y los pasajeros se modelan como sistemas dinámicos de un grado de libertad (masa-muelle-amortiguador).

Como conclusión de este trabajo, se observa que: 1) las medidas en tara sugeridas por la norma son adecuadas para estimar únicamente el mejor y el peor confort que un determinado conjunto de pasajeros podrá llegar a experimentar (es decir, los percentiles 0.1% y 99.9% de la variable aleatoria C_c); y 2) es necesario realizar un ensayo directo con pasajeros para determinar el valor más probable de confort que experimentará dicho conjunto de pasajeros (es decir, el percentil 50% de la variable aleatoria C_c). Con estos tres percentiles obtenidos de tan solo dos ensayos experimentales se puede estimar con gran precisión la función de densidad de probabilidad del confort compuesto para un determinado tren, lo cual aporta mucha más información que el actual índice de confort determinista indicado en la norma UNE-EN 12299.



Desarrollo de un sistema embarcado para la auscultación geométrica de vías en tiempo real

Miguel Rodríguez Gómez¹, Pedro Urda Gómez¹, José Luis Escalona Franco¹

¹ Dpto. de Ingeniería Mecánica y Fabricación, Universidad de Sevilla, mrodriguez13@us.es, purda@us.es, escalona@us.es

El mantenimiento del trazado ferroviario resulta imprescindible para la seguridad de los vehículos. La industria ferroviaria busca actualmente alternativas para realizar una medición de las irregularidades presentes en una vía de forma regular, rápida y eficiente. En este artículo se muestran los avances realizados en la auscultación geométrica de vías mediante el uso de la visión artificial en un sistema embarcado capaz de instalarse en cualquier vehículo comercial para su funcionamiento en tiempo real. En primer lugar, se describe el sistema de medida y los sistemas de referencia necesarios para describir la geometría de la vía. Posteriormente, se detallan los algoritmos de visión artificial para la obtención de la posición de los carriles en tiempo real, incluyendo el filtrado de las imágenes. Finalmente, se muestran los resultados experimentales obtenidos en un sistema especialmente diseñado para la validación de los algoritmos de visión artificial.

Caracterización mecánica y térmica de Bronce-PLA fabricado mediante modelado por deposición fundida MDF

R. Lostado Lorza¹, A. Pascual Martínez², S. Íñiguez Macedo³, C. Sabando Fraile⁴, F. Somovilla Gomez⁵, M. Corral Bobadilla⁶, S. Ruiz González⁷

¹Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad de La Rioja. ruben.lostado@unirioja.es

²Fabricación Inteligente. Centro Tecnológico del Calzado de La Rioja. apascual@ctcr.es

³Fabricación Inteligente. Centro Tecnológico del Calzado de La Rioja. siniguez@ctcr.es

⁴Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad de La Rioja. celia.sabando@unirioja.es

⁵Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad de La Rioja. fatima.somovilla@unirioja.es

⁶Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad de La Rioja. marina.corral@unirioja.es

⁷Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad de La Rioja. sergio.ruizg@alum.unirioja.es

Este trabajo muestra un estudio en profundidad basado en la posibilidad de producir un material metálico sinterizado a través de filamento de ácido poliláctico (PLA) de bronce Cu89/Sn11 impreso con tecnología 3D Fused Deposition Modeling (FDM) de bajo coste. La resistencia a la tracción, el módulo elástico y la conductividad térmica fueron determinados de acuerdo con las normas ISO 2740 y ASTM E1530. Se estudiaron dos configuraciones de parámetros de impresión con sus correspondientes curvas térmicas de desaglomerado/sinterizado diferentes, y los resultados obtenidos se compararon con probetas de Cu89/Sn11 fabricadas por colada por gravedad. Las propiedades mecánicas y térmicas más altas se obtuvieron para el patrón de relleno rectilíneo, y cuando los parámetros de impresión y las temperaturas de desaglomerado/sinterización fueron los siguientes: velocidad de impresión de relleno 30 mm/s, velocidad de impresión de pared 15 mm/s, altura de capa 0,3 mm, espesor de pared 0,2 mm, temperatura de desaglomerado 184 °C y temperatura de sinterizado 858 °C. La resistencia a la tracción media más alta obtenida para las probetas fabricadas por FDM fue de 104,64 MPa, mientras que los valores obtenidos para el módulo elástico y la conductividad térmica fueron de 15,13 GPa y 82,68 W/m.K respectivamente. Los resultados obtenidos para las probetas fabricadas por colada por gravedad fueron bastante superiores (resistencia a la tracción obtenida de 300 MPa, módulo elástico de 80 GPa y conductividad térmica de 116 W/m.K). A pesar de obtener propiedades mecánicas y térmicas más bajas para las probetas ensayadas y fabricadas mediante FDM, la velocidad y la simplicidad con la que se fabricaron dichas probetas demostraría que el método alternativo propuesto en este trabajo es capaz de producir rápidamente piezas complejas y prototipos para aplicaciones industriales.

Desarrollo de un biomodelo ultrarrealista con patología mediante fabricación aditiva para planificación de cirugías y formación

A. Martínez García¹, I. Sandoval Pérez¹, J. Galvañ Gisbert¹

¹Área de Materiales Innovadores y Procesos. AIJU. sunymartinez@aiju.es, nachosandoval@aiju.es, pepigalvany@aiju.es

La obtención de modelos anatómicos físicos mediante fabricación aditiva 3D permite apreciar de manera muy visual las estructuras orgánicas al poder replicar la morfología de una estructura biológica. En este trabajo se presenta el desarrollo de la metodología seguida para la obtención de un biomodelo ultrarrealista de hernia inguinal mediante fabricación aditiva. Este biomodelo se utilizará para valorar la gravedad del caso y ayudar a mejorar la planificación de la cirugía. Una dificultad que se presenta en la obtención de este tipo de biomodelos y que no se puede solventar con equipamiento de fabricación aditiva convencional, es la superposición simultánea de tejidos de distintas características y hápticas; se ha trabajado con ello para optimizar la correcta combinación de materiales digitales. Finalmente se ha conseguido un biomodelo válido para la planificación de cirugía de hernia inguinal.

Optimización de parámetros de impresión para mejorar la calidad y rendimiento de piezas FFF

H. García de la Torre¹, G. Gómez Gras¹, M.A. Pérez¹, M. Abad Roldán¹

¹Group of Applied Mechanics and Advanced Manufacturing – IQS School of Engineering, Universitat Ramon Llull

hectorgarcia@iqs.url.edu, giovanni.gomez@iqs.url.edu, marcoantonio.perez@iqs.url.edu, manuel.abad@iqs.url.edu

El presente estudio tiene como objetivo contribuir a la creciente investigación en el campo de la tecnología de Fabricación por Filamento Fundido Metálico (FFFM) para la producción de piezas metálicas de alto valor añadido. En esta investigación se llevó a cabo una caracterización exhaustiva de especímenes de dos tipos de acero inoxidable, el 316L y el 17-4 PH, obtenidos mediante la técnica FFFM. Se realizó una optimización mediante la variación de la orientación de fabricación, la densidad de relleno y la altura de la capa, con el fin de lograr la máxima calidad superficial, precisión dimensional y rendimiento mecánico a tracción en las piezas impresas. Los resultados revelaron que los parámetros optimizados tuvieron un impacto significativo en la calidad superficial, la precisión dimensional y las propiedades mecánicas analizadas. El acero inoxidable 17-4 PH demostró un rendimiento mecánico superior al 316L, presentando valores más elevados de resistencia a la tracción. Mediante el proceso de optimización, fue posible identificar los parámetros de fabricación más adecuados para cada material, lo cual permitió la producción de piezas con una calidad superficial, precisión dimensional y propiedades mecánicas específicas, adaptadas a la aplicación prevista.

Análisis comparativo del impacto sobre la calidad superficial del posprocesado químico, térmico y mecánico de piezas poliméricas obtenidas mediante Fabricación por Filamento Fundido

G. Gómez-Gras¹, M. A. Pérez Martínez¹, A. Chueca de Bruijn¹

¹ Group of Applied Mechanics and Advanced Manufacturing – IQS School of Engineering, Universitat Ramon Llull
giovanni.gomez@iqs.url.edu, marcoantonio.perez@iqs.url.edu, ariadnachuecad@iqs.url.edu

A pesar del uso cada vez más intensivo de las tecnologías de fabricación aditiva en la industria, la integridad superficial sigue siendo una importante desventaja frente a los procesos convencionales de fabricación. En muchas aplicaciones industriales, las características de la superficie de una pieza determinan cómo interactuará con el resto de los componentes, siendo la rugosidad superficial un buen indicador del rendimiento mecánico potencial de cualquier elemento. En el contexto de la fabricación aditiva (FA), la deposición de material capa a capa crea un perfil de superficie irregular conocido como "efecto escalera". Este problema plantea un reto en términos de integridad superficial y precisión dimensional, y se ha reconocido como una de las principales preocupaciones a la hora de emplear tecnologías de FA para aplicaciones de piezas finales. En este estudio se proponen dos operaciones de acabado químico, una térmica y tres mecánicas para el posprocesado de piezas fabricadas con filamento fundido de Ultem™ 9085. Sus efectos sobre la calidad superficial de las piezas y la precisión dimensional (cambios en su anchura, altura, longitud y masa) se examinan mediante microscopía óptica y electrónica de barrido, y se discuten las ventajas y desventajas de cada método. La evaluación microscópica ha demostrado ser una poderosa herramienta para observar diferencias aparentes y comprender la naturaleza de los distintos cambios morfológicos. Los resultados indican que los tratamientos sometidos a análisis en este trabajo son buenos candidatos para mejorar significativamente el acabado de las piezas. Los efectos de los tratamientos mecánicos son más moderados a escala macroscópica, pero la superficie de los filamentos sufre el cambio más notable.

Estudio de la influencia del refuerzo de cobre en las propiedades tribológicas de piezas obtenidas con FFF

M. Batista^{1a}, J. Salguero^{1b}, I. del Sol^{1c}, M. Ramírez-Peña^{1d}, J.M. Vázquez-Martínez²

¹Dpto. de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial. Universidad de Cádiz

^amoises.batista@uca.es, ^bjorge.salguero@uca.es, ^cirene.delsol@uca.es, ^dmagdalena.ramirez@uca.es

²Dpto. de Ingeniería Industrial e Ingeniería Civil. Universidad de Cádiz. juanmanuel.vazquez@uca.es

Son conocidas las excelentes propiedades tribológicas del cobre. Es por ello que es habitual su uso en componentes cuyas características tribológicas tienen un alto impacto. Es incluso habitual encontrar técnicas de deposición de capas de cobre con el objeto de mejorar las propiedades de un determinado producto. En la actualidad también han aparecido técnicas de deposición de cobre asociadas a técnicas aditivas, como el laser cladding, que buscan mejorar el comportamiento tribológico de ciertos productos. Esto es tremendamente interesante ya que las propiedades tribológicas siguen siendo poco estudiadas en el caso de la fabricación aditiva y esto provoca que no se tenga conocimiento del posible rendimiento de las piezas obtenidas con técnicas aditivas frente a condiciones reales de uso.

Esto es extensible al caso de los procesos de fabricación aditiva polimérica donde los principales estudios mecánicos se relacionan con rendimiento frente a condiciones de tracción-compresión o flexión. Pero los estudios relativos a rendimiento tribológico se encuentran mucho menos desarrollados y más cuando se trata de materiales híbridos o compuestos. Por ello en este artículo se propone realizar un estudio en un proceso de fabricación aditiva polimérica, en concreto la Fabricación con Filamento Fundido, más conocido por su acrónimo en inglés FFF (Fused Filament Fabrication), siendo este el proceso más utilizado en la actualidad y donde es posible conseguir filamentos de matriz termoplástica con refuerzos de distinta naturaleza. Para este caso se optará por un refuerzo de naturaleza metálica, como son las partículas de cobre donde se aprovechará así las propiedades de este material. Con ello, se pretende conocer como parámetros básicos de fabricación, como espesor de capa y temperatura influyen en el comportamiento tribológico de las piezas obtenidas con este proceso.

Fabricación aditiva de fórceps mediante tecnología MEX con fibra de carbono continua para entrenamiento de parto con simulador virtual

P. Bordón¹, R. Paz¹, M. Monzón¹, A. González¹, Y. Rivero¹, J. García-Montagut¹, J. Pascou², A. Pose-Díez-de-la-Lastra², C. Soriano-Ergui², J. De León-Luis³, J. Ruiz-Alzola⁴

¹ Dpto. de Ingeniería Mecánica, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, pablo.bordon@ulpgc.es, ruben.paz@ulpgc.es, mario.monzon@ulpgc.es, ana.rodriguez@ulpgc.es, yamilet.rivero@ulpgc.es, joshua.garcia@ulpgc.es

² Dpto. de Bioingeniería, Universidad Carlos III de Madrid, jpascau@ing.uc3m.es, apose@ing.uc3m.es, 100483052@alumnos.uc3m.es,

³ Dpto. de Salud Pública y Materno Infantil, Universidad Complutense de Madrid, jaleon@med.ucm.es

⁴ Instituto Universitario de Investigaciones Biomédicas y Sanitarias, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, juan.ruiz@ulpgc.es

El parto vaginal con fórceps (PVF) es una técnica obstétrica consistente en la extracción del feto mediante tracción y/o ampliación del canal del parto con un instrumento. Actualmente, su empleo permite resolver situaciones patológicas que de otra manera se verían abocadas a la realización de una cesárea con los riesgos de morbimortalidad que esta cirugía acarrea. Por este motivo existe un interés creciente en aumentar el porcentaje de PVF, tras conseguir que los obstetras se sientan más seguros tras practicar en talleres de simulación con maniqués y adquirir las competencias necesarias para su correcto uso.

El fórceps es un instrumento que requiere una introducción y colocación bastante precisa por lo que se ha desarrollado una herramienta de seguimiento electromagnético que conoce, con alta precisión, la posición del instrumento tanto dentro de la vagina como alrededor de la cabeza fetal. Con ello, el entrenamiento de parto se complementa con una simulación virtual, en tiempo real, que permite ver la posición interna del fórceps, facilitando así el aprendizaje y mejora de la técnica de introducción y colocación. Para ello, el instrumento no debe contener ningún residuo férreo que interfiera electromagnéticamente, por lo que los fórceps comerciales (de acero inoxidable) no son válidos. En este contexto, se ha propuesto la reproducción del fórceps mediante fabricación aditiva basada en extrusión de material (MEX). Para obtener un fórceps lo más realista posible en términos de rigidez frente a los modelos comerciales, se ha empleado un filamento de nylon reforzado con microfibras de carbono (Onyx) al que se le añade además fibra de carbono continua en las sucesivas capas. Dada las limitaciones en volumen de impresión de la tecnología usada (Mark Two), se realizaron simulaciones numéricas por elementos finitos y diferentes propuestas de división de cada pieza y posterior unión mediante adhesivos para, finalmente, desarrollar la solución final.

9 ghi X]c]b!g]]Wc`XY`Wca V]bUW]OEB`XY hfUHa]Ybhcg`dUfU`U`cghYcdcfcg]g dcgha Ybcdzi g]WU

R. Ruiz Lozano¹, J.L. Calvo Gallego¹, P. Pivonka², J. Martínez Reina¹

³FrvqOf`g`kpi`gplgt`f`O`ge`plec`/`Hcdtkecekp.`Wpkxgt`ukf`cf`f`g`Ugxnrc.`t`trq]cpqB`wQgu`lqugnweckqB`wQgu`to`t`gkpcB`wQgu`
⁴Uej`qqilqhlO`gej`cplccn`O`gf`kecrf`pf`Rt`qeguaf`Gpi`kpggt`kpi.`S`wggpurr`pf`Wpkxgt`ukf`qhlVgej`pqrqi`{.`r`gvgf`O`kxapnc`B`swQgf`wQw`

Grlj`wguq`gu`wp`»ti`cpq`s`wg`guaf`gp`eqpvkpw`tr`ctcekp`/`cf`crwekp`c`ru`ecti`cu`gzvgt`pcu`Guaq`ug`
ngxc`c`ecdq`o`gf`kcpvg`grt`r`teguq`f`g`t`go`qf`gr`ekp`»ugc`gp`grt`s`wg`ug`grko`kpc`grt`vglf`q`f`c`cf`q`r`qt`
nqu`quwgqer`uqu`/`ug`hqt`o`c`vglf`q`pwgxa.`kpw`evq.`r`qt`b`gf`kq`f`g`rqu`quwgqdr`uqu`Ug]`cp`f`gu`ct`qmc`f`q`
pwo`gt`ququ`o`qf`grqu`pwo`²t`kequ`f`g`t`go`qf`gr`ekp`»ugc`r`ctc`uko`wrt`gr`eqo`r`qt`wo`kpvq`f`gr`j`wguq`/`
e»o`q`ug`xg`clg`evf`q`r`qt`r`r`quwgq`r`qt`quku`r`quwo`gpr`a`wkec.`cu`/`eqo`q`gr`glg`evq`f`g`f`kxgt`uqu`
vt`cwo`kpvqu`h`to`ceq`m`i`kequ`Guaqu`o`qf`grqu`vt`cxp`f`g`uko`wrt`r`h`to`ceq`ep`²wkec`/`
h`to`ceq`k`p`o`kec`f`gr`o`gf`keco`gprv.`ukgpf`q`r`u`r`tkpkr`c`ngu`xct`k`drgu`f`g`u`crf`c`r`i`cpc`pek`»ugc`/`
nqu`o`ctecf`qt`gu`f`g`t`go`qf`gr`ekp`p`Uk`go`dcti`q.`p`q`k`gpr`gp`ewgpr`q`ct`xct`k`drg`ko`r`qt`wprv`<`grt`
f`c`q`o`ket`q`gut`wewt`c`nc`ewo`wrf`q`gp`grt`vglf`q.`s`wg`wo`dk`p`gu`ko`r`qt`wprv`r`ctc`gxc`mct`r`g`k`kec`k`
f`grt`cwo`kpvq`U`Gp`r`c`eww`rf`cf`j`c`/`f`k`kpvqu`kr`qu`f`g`vt`cwo`kpvqu`ugi`Ap`uw`o`qf`q`f`g`c`eww`ekp`<`
nqu`cpcd`nkequ`s`wg`ug`gpecti`cp`f`g`r`t`qf`wek`o`a`u`j`wguq.`/`r`qu`cpr`k`ec`w`d`nkequ`s`wg`r`ct`c`k`cp`r`
c`eww`kf`cf`t`go`qf`gr`vqt`k`O`Grt`r`tdrgo`c`gu`s`wg`wp`u`qr`vt`cwo`kpvq`p`q`ug`r`wgf`g`cf`o`k`p`kmt`f`g`h`qt`o`c`
kpf`gh`k`p`c`r`qt`nqu`glg`evqu`ugewpf`ct`kqu`s`wg`eqpvngxc.`r`qt`guq.`gu`kpvgt`guc`pv`cpc`r`k`ct`eqo`dkp`cek`ppgu`
f`g`vt`cwo`kpvqu`s`wg`ko`r`k`cp`r`r`²t`f`k`f`c`f`g`o`cuc`»ugc`vt`cu`r`k`pvgt`w`ekp.`cu`/`eqo`q`f`kwo`k`wkt`grt`
f`c`q`O`Gp`guw`vt`cdcl`q`ug`j`c`w`k`k`cf`q`wp`b`qf`gr`f`g`r`qdr`ek`ppgu`eg`n`wrt`gu`r`t`g`x`ko`gprv`f`gu`ct`qmc`f`q.`
c`f`cr`v`pf`qr`r`ctc`r`qf`gt`uko`wrt`nqu`f`qu`vt`cwo`kpvqu`eqpvk`gt`cf`qu`grt`f`gp`quwo`cd`/`grt`
t`go`quq`w`cd`O`Cf`go`a`u`f`g`clw`act`nqu`t`gum`xf`qu`f`g`i`cpc`pek`»ugc`r`ctc`ecf`c`wpq`f`g`nqu`
vt`cwo`kpvqu`r`qt`ugr`ct`cf`q.`ug`j`cp`r`t`qdcf`q`f`k`gt`gprv`u`eqo`dkp`cek`ppgu`ugew`g`pek`rgu.`r`ctc`xgt`ew`r`i`
r`t`qf`weg`o`glqt`t`gum`xf`q`O`Grt`o`qf`gru.`r`t`gf`k`eg`s`wg`r`e`eqo`dkp`cek`p`f`g`t`go`quq`w`cd`ugi`w`k`f`c`f`g`
f`gp`quwo`cd`gu`r`»r`w`ko`c.`r`q`ew`n`eq`k`pek`f`g`eqp`r`qu`gpr`c`qu`er`p`k`equ`O`Nqu`o`q`v`k`qu`u`qp`<`3`+`cwo`gpr`r`
f`gp`k`f`cf`»ugc`f`wt`cpv`wpc`dcp`f`c`f`g`w`go`r`q`b`a`u`c`pej`c`/`ngi`c`c`xcr`qt`gu`b`c`/`qt`gu`s`wg`r`u`g`ew`g`pek`
k`pxgt`uc.`f`gp`quwo`cd`ugi`w`k`f`q`f`g`t`go`quq`w`cd.`4`+`r`qu`xcr`qt`gu`s`wg`c`r`ep`/`c`grt`f`c`q`u`qp`o`gp`qt`gu`f`g`
h`to`c`o`a`u`r`t`qr`pi`cf`c`O`

Simulación mediante elementos finitos de los velos de una válvula aórtica

S. Suárez¹, J. A. López Campos², P. Comesaña³, A. Segade⁴, E. Casarejos⁵

¹Dpto. de Ingeniería Mecánica, Máquinas y Motores Térmicos y Fluidos. Universidad de Vigo. sofia.suarez.garcia@uvigo.gal

²Dpto. de Ingeniería Mecánica, Máquinas y Motores Térmicos y Fluidos. Universidad de Vigo. joseangellopezcampos@uvigo.gal

³Dpto. de Ingeniería Mecánica, Máquinas y Motores Térmicos y Fluidos. Universidad de Vigo. pablocc7199@gmail.com

⁴Dpto. de Ingeniería Mecánica, Máquinas y Motores Térmicos y Fluidos. Universidad de Vigo. asegade@uvigo.gal

⁵Dpto. de Ingeniería Mecánica, Máquinas y Motores Térmicos y Fluidos. Universidad de Vigo. ecasarejos@uvigo.gal

En los últimos años las prótesis valvulares aórticas fabricadas con tejido animal se han implantado en el mercado como una de las mejores soluciones a patologías que afectan al normal funcionamiento de la válvula aórtica como la estenosis valvular. Sin embargo, el empleo de materiales biológicos en su fabricación, aunque ventajoso por su comportamiento mecánico, supone un hándicap a su durabilidad.

Para el estudio de los motivos que provocan esta corta vida útil del material resulta útil la realización de análisis estructurales de los velos. Dada su complejidad geométrica, el empleo de métodos matemáticos como el análisis por elementos finitos es la alternativa más apropiada. Una parte importante de la construcción de estos modelos es la definición de los materiales. Para reproducir el comportamiento de tejidos biológicos existen diferentes alternativas.

En este congreso se presenta el estudio de dos modelos matemáticos que analiza el comportamiento del pericardio con que se construyen los velos de la válvula artificial. Por una parte, un modelo isotrópico de material que sigue una ley hiperelástica de Ogden de tercer orden y otro anisotrópico bajo una ley hiperelástica de Holzapfel-Gasser-Ogden (HGO). Se obtienen resultados del comportamiento de ambos modelos para la apertura y cierre de la válvula, concluyendo que existe una diferencia significativa entre ambos pese al ajuste de los parámetros de ambos con los mismos datos experimentales. Los modelos que emplean leyes isotrópicas presentan una menor rigidez, que conlleva a una mayor área efectiva de apertura. Por otro lado, en los modelos anisotrópicos, cuanto más próxima sea la orientación de las fibras de colágeno del material a su configuración axial, menor será la rigidez.

Simulante realista de cráneo humano para ensayos de impacto y predicción de daños

R. Mantecón^{1,2}, I. Rubio¹, J. Díaz Álvarez^{1,3}, G. Youssef², H. Miguélez¹

¹ Dpto. de Ingeniería Mecánica, Universidad Carlos III de Madrid, Leganés, 28911, España:

ramiro.mantecon@uc3m.es, igrubiod@pa.uc3m.es, jodiaz@ing.uc3m.es, mhmiguel@ing.uc3m.es

² Experimental Mechanics Laboratory, Dpt. of Mechanical Engineering, San Diego State University, California 92182, U.S.A.: rmanteconpadin@sdsu.edu, gyoussef@sdsu.edu

³ Institute of Innovation in Sustainable Engineering, College of Science and Engineering, University of Derby, Derby, DE22 1GB, United Kingdom: j.diazalvarez@derby.ac.uk

Numerosas actividades laborales y recreativas están relacionadas con un alto riesgo de impactos a la cabeza. Estos impactos conllevan graves consecuencias que afectan a la calidad de vida de las víctimas y de sus allegados. Desde accidentes civiles a escenarios profesionales, como deportivos o militares, hay numerosas áreas en las que mitigar los efectos de estos impactos es un tema prioritario. La categorización de estas situaciones puede hacerse conforme al tipo de impacto o según la patología derivada. De la primera perspectiva resultan los impactos directos e indirectos, en función de si su origen es un golpe a la cabeza o una aceleración súbita del torso, respectivamente. La segunda división distingue según los mecanismos de encefalopatía: fractura craneal o lesión cerebral traumática. La predicción de estos daños se evalúa mediante diversas magnitudes, como la aceleración lineal o el criterio de daño encefálico (HIC), relacionadas con las fracturas craneales, o la aceleración angular o el criterio de daño cerebral (BrIC), relacionadas con las contusiones y lesiones cerebrales traumáticas. El desarrollo de protecciones de cabeza apropiadas es altamente dependiente de la precisión de los modelos físicos de cabeza utilizados para ensayar los elementos de mitigación de impacto. Las propiedades mecánicas del material simulante y los aspectos geométricos son factores determinantes en la propagación de la onda y en los indicadores de daño. En este trabajo se ha desarrollado un modelo realista de cráneo humano utilizando técnicas de fabricación aditiva con polímeros. El simulante de cráneo fue sometido a ensayos bajo distintas condiciones de carga replicando distintas casuísticas de impacto. Su aplicación para la evaluación de escenarios de daño y elementos de mitigación de impacto abrirá nuevas vías de investigación mediante el uso de simulantes realistas, que sean fidedignos a las características anatómicas. El uso de técnicas de impresión 3D se propone como alternativa a otros métodos de fabricación favoreciendo la realización de modelos experimentales menos costosos y posibilitando la evaluación de escenarios no recogidos en los estándares usados en ensayos normalizados.

Estudio de Elementos Finitos de la Cirugía de Menisco Lateral Discoideo para Analizar el Comportamiento Biomecánico de la Rodilla

Lourdes Segovia García¹, Miryam B. Sánchez Sánchez², María Teresa Carrascal Morillo³

¹ Departamento de Mecánica, UNED lsegovia23@alumno.uned.es

² Departamento de Mecánica, UNED msanchez@ind.uned.es

³ Departamento de Mecánica, UNED mcarrascal@ind.uned.es

Palabras clave: menisco discoideo, meniscectomía, osteocondritis disecante, modelo tridimensional, elementos finitos, articulación de rodilla

El menisco discoideo es una malformación por la cual la estructura fibrocartilaginosa ubicada en la articulación de rodilla adquiere forma de disco y mayor grosor. Este tipo de malformaciones afecta a la biomecánica de la articulación. La estabilidad de la articulación se ve comprometida debido a su forma anormal, ya que no se ajusta a la cavidad que debe ocupar en la articulación. También puede producir una distribución de tensiones anormal aumentando el riesgo de lesiones, como los desgarros de menisco o las lesiones osteocondrales. Una de las prácticas realizadas para solventar los problemas asociados a la malformación es la meniscectomía de menisco, que consiste en un procedimiento quirúrgico a través del cual se retira una porción de masa del menisco discoideo para que adquiera una configuración normal. El objetivo es reducir el dolor y mejorar la funcionalidad de la articulación. Sin embargo, aunque se trata de una cirugía común también puede aumentar el riesgo de producir osteocondritis disecante (OCD) en la articulación de la rodilla. Este trabajo aborda el estudio de la cirugía de menisco discoideo con el objetivo de analizar la distribución de esfuerzos en la articulación cuando se corrige la malformación de menisco lateral discoideo. Para el estudio tensional se utilizaron imágenes médicas de tomografía axial computarizada y resonancia magnética, de un paciente de 11 años con menisco lateral discoideo y OCD juvenil, con el fin de desarrollar un modelo tridimensional de elementos finitos. Se desarrolló un conjunto de meniscos recortados con diferentes anchuras y por cada uno de ellos se realizó una simulación de elementos finitos de la articulación en posición de equilibrio y carga fija. Los resultados permitieron analizar la evolución de la lesión condral y la distribución de tensiones mediante la creación de varios modelos de menisco que simulan el proceso quirúrgico para restaurar su configuración normal.

Ensayos experimentales y modelado numérico de impactos balísticos sin penetración en bloque de gelatina balística con protección de UHMWPE

S. Gómez-Garraza¹, M. Álvarez-Blanco¹, B. Miguélez¹, D. Infante-García², C. Santiuste³,
J.A. Loya³, M. Marco¹

¹Dpto. Ingeniería Mecánica, Universidad Carlos III de Madrid. sagomez@ing.uc3m.es, marioab@pa.uc3m.es,
bmiguel@ing.uc3m.es, mimarcoc@ing.uc3m.es

²Instituto de Mecánica e Ingeniería Biomecánica (I2MB), Dpto. de Ingeniería Mecánica e Ingeniería de Materiales,
Universitat Politècnica de València. dieingar@upv.es

³Dpto. Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras, Universidad Carlos III de Madrid. csantiust@ing.uc3m.es,
jloya@ing.uc3m.es

Los chalecos antibalas se diseñan para evitar la perforación de la munición de armas de fuego sobre el portador. Sin embargo, aunque no exista perforación, la energía cinética transmitida por el proyectil puede producir graves daños e incluso la muerte al usuario. Tanto el trauma como la onda de presión generada pueden ocasionar laceraciones en tejidos blandos, dañar órganos internos y fracturar costillas que, a su vez, pueden perforar vasos sanguíneos y otras vísceras. Por ello, es necesario estudiar estos sucesos para poder optimizar los sistemas de protecciones personales. Para su análisis, se emplean habitualmente modelos numéricos y realizan ensayos en simulantes de tejido muscular y óseo, así como en los materiales que configuran las protecciones. La fabricación aditiva con ácido poliláctico (PLA) ha sido empleada y validada como simulante de tejido óseo en la literatura, mientras que la gelatina balística es el simulante de tejido blando más utilizado.

En este trabajo se han realizado cuatro ensayos experimentales de impacto balístico sobre bloques de gelatina balística de dimensiones de 12x12x30 cm y concentración en peso del 12,5%. Para simular el efecto de la caja torácica, se han embebido PLA como simulante de hueso. Para simular el efecto de la protección balística, se han cubierto los bloques con polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE) flexible en tres casos y rígido en el otro. El impacto se ha realizado con esferas de acero templado de 1,6 g y 7 mm de diámetro a velocidades entre 256 y 390 m/s. Mediante el uso de una cámara de alta velocidad, se ha captado la formación y evolución de la cavidad formada en la cara posterior de la placa de PLA. Además, se ha estudiado el daño en las probetas de PLA. Se ha modelado el impacto balístico mediante el código de elementos finitos Abaqus/Explicit, implementando el modelo de constitutivo del UHMWPE del chaleco mediante una subrutina de usuario.

La comparación entre resultados experimentales y numéricos respecto a las cavidades y presiones producidas durante el impacto son satisfactorias, lo que permite validar el modelo numérico desarrollado.

Estudio experimental de la estabilidad de la fractura de húmero proximal con placa de bloqueo

C. García García¹, N. Martínez Catalán⁴, A. Bustos Caballero², C. Bernal Guerrero³, J.C. García Prada², A.M. Foruria de Diego⁴, M.T. Carrascal Morillo²

¹Escuela Internacional de Doctorado. Programa de doctorado en Tecnologías Industriales. Universidad Nacional de Educación a Distancia. cgarcia1361@alumno.uned.es

²Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad Nacional de Educación a Distancia. mcarrascal@ind.uned.es

³Dpto. de Ingeniería de Construcción y Fabricación. Universidad Nacional de Educación a Distancia.

⁴Dpto de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Fundación Jiménez Díaz

El tratamiento quirúrgico más frecuente en fracturas desplazadas de húmero proximal es la reducción abierta con fijación interna mediante placas de bloqueo. Sin embargo, en pacientes con hueso osteoporótico la utilización de placas bloqueadas tiene una alta tasa de fracaso. Un método para mejorar el anclaje de la placa de bloqueo es utilizar tornillos canulados y cementados con polimetilmetacrilato (PMMA) en la cabeza humeral, lo que mejora la interfaz entre implante y hueso [1]. Aunque la combinación óptima de tornillos cementados se desconoce, estudios clínicos y biomecánicos realizados con esta técnica parecen demostrar que mejora la estabilidad del implante y disminuye el fracaso de la osteosíntesis. En este estudio, las placas de bloqueo a utilizar son las placas de compresión PHILOS fabricadas por Synthes. Todas las placas tendrán la misma longitud y el mismo número de taladros para los tornillos (tres distales y nueve proximales). Cada placa se aplicará en la cara lateral del húmero proximal y orientada axialmente a la superficie articular. Los implantes se fijarán con tres tornillos de bloqueo en la diáfisis y tres o cuatro tornillos de bloqueo en la cabeza, según el grupo de estudio. Nuestra investigación se centra en comparar la resistencia del anclaje para dos configuraciones distintas de los tornillos cementados en la placa de osteosíntesis. Una, cuando es sometido a un esfuerzo de compresión axial con cuatro tornillos canulados cementados en la placa de osteosíntesis, dos en la zona más proximal a la cabeza y otros dos en la zona más distal (configuración Tipo 1 recomendada por Synthes) y, otra, con tres tornillos canulados cementados en la zona central de la placa de osteosíntesis (configuración Tipo 2 promovida por el Servicio de Traumatología de la Fundación Jiménez Díaz). El estudio se realizó con seis pares de húmeros obtenidos de un banco de cadáveres de la UAM a los que se indujo una fractura inestable del cuello quirúrgico mediante la creación de una osteotomía con una sierra micro-sagital sin dañar el implante. Para minimizar la variabilidad entre especímenes, los húmeros del mismo cadáver se estudiaron con la reconstrucción Tipo 1 y con la nueva reconstrucción Tipo 2. El estudio mecánico se realizó mediante ensayos dinámicos a compresión axial a una frecuencia de 0,25 Hz durante 6000 ciclos. Además, los húmeros que soportaron los ensayos a fatiga se sometieron a ensayos estáticos a compresión hasta la rotura en una prensa universal con servocontrol SCHENK, software PCD2-K - Servosis y amarres específicos diseñados para realizar los ensayos.

Estudio de los sistemas mecánicos del Códice Madrid I: catálogo de mecanismos

H. Rubio Alonso¹, A. Bustos Caballero², C. Castejón Sisamón³, J. Meneses Alonso⁴

¹Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad Carlos III de Madrid. hrubio@ing.uc3m.es

²Dpto. de Mecánica. Universidad Nacional de Educación a Distancia. albustos@ind.uned.es

³Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad Carlos III de Madrid. castejon@ing.uc3m.es

⁴Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad Carlos III de Madrid. meneses@ing.uc3m.es

Desde que en 1965 se encontraron en la Biblioteca Nacional de España los Códices Madrid I y Madrid II, escritos por Leonardo da Vinci entre finales del siglo XV e inicios del siglo XVI, han pasado a ser manuscritos muy considerados, tanto por el contenido de los mismos como por lo reconocido del autor.

En este artículo se realizará una inspección del manuscrito del Códice Madrid I, una extensa colección de dibujos de sistemas mecánicos de Leonardo da Vinci, donde se presentarán resumidamente la vida del autor y su obra y se analizarán detalladamente los principales mecanismos que aparecen en dicho códice. También se situarán en su contexto histórico las obras de Leonardo y, en particular, el Códice Madrid I, analizando los registros de tecnología mecánica anteriores a los tiempos de Leonardo da Vinci, estudiando las referencias escritas históricas existentes.

La parte principal del trabajo consistirá en una recopilación de los dibujos de los principales mecanismos del Códice Madrid I. Con esta recopilación se demostrará la variedad de elementos mecánicos y mecanismos simples del citado códice, formando, en su conjunto, un completo tratado sobre mecanismos, entendiendo los mecanismos como elementos básicos de las máquinas. Esta completa descripción de dispositivos mecánicos constituye la principal aportación de Leonardo da Vinci a la historia de las máquinas y los mecanismos.

Análisis técnico y funcional del Paternoster romano (Gipuzkoa, España; Cracovia, Polonia): modelado 3D y análisis mecánico

A.M. Gómez Amador¹, Álvaro Joya Machado¹, L. Prieto Fernández¹, A. Quesada González¹, J.J. Jiménez de Cisneros Fonfría², Higinio Rubio Alonso¹

¹Departamento. de Ingeniería Mecánica. Universidad Carlos III de Madrid. amgomez@ing.uc3m.es; 100394148@alumnos.uc3m.es; leprieto@ing.uc3m.es; 100394148@alumnos.uc3m.es; alejandro@ing.uc3m.es; h Rubio@ing.uc3m.es;

²Boltes España. juanjose.cisneros@boltes.com.es

Se ha realizado el modelado geométrico mediante un programa CAD, y se ha realizado un análisis mecánico de un sistema ideado hace aproximadamente 2000 años por el ingeniero romano Vitruvio. El mecanismo denominado Paternoster o Patenotre es un sistema de bombeo vertical que se asemeja a un rosario; éste cuenta con un sistema de tracción tipo cuerda con nudos o discos que empuja el agua a través de un tubo por la fuerza de una rueda en la parte superior del pozo o lugar de trabajo. Se ha utilizado el programa de diseño asistido por ordenador, Solid Edge, en su versión 2020 para obtener el modelo tridimensional del mecanismo romano y su documentación detallada de bocetos y visualización geométrica. El modelo se basa en el sistema escalado autónomo de las minas de sal de Leninz en Gipuzkoa, España, así como en el sistema de accionamiento manual de las minas de sal de Wieliczka en Cracovia, Polonia. El modelado 3D del sistema permite explicar el montaje y funcionamiento mecánico de este invento vitruviano, mostrando tanto su sencillez y originalidad como su fiabilidad.

Después de modelar y ensamblar el mecanismo, éste se estudia en condiciones mecánicas de trabajo. Por lo tanto, el modelo a escala se somete a un análisis de semejanza mediante trabajos de carga sobre los elementos principales del sistema, analizando los factores de fuerza y sus efectos sobre el eje. Al mismo tiempo, el estudio permite recrear el modelo utilizando una escala diferente y aplicar las fórmulas para obtener las condiciones de trabajo adecuadas para el análisis de semejanza.

Explotación de hidrocarburos en España: La bomba de varilla extractora

P.J. Quesada-Tejado¹, R. López-García², G. Medina-Sánchez³, R. Dorado-Vicente⁴

¹ Estudiante de Grado en Ingeniería Mecánica, Universidad de Jaén, pjqr0001@red.ujaen.es

² Departamento de Ingeniería Mecánica y Minera, Universidad de Jaén, rlgarcia@ujaen.es

³ Departamento de Ingeniería Mecánica y Minera, Universidad de Jaén, gmedina@ujaen.es

⁴ Departamento de Ingeniería Mecánica y Minera, Universidad de Jaén, rdorado@ujaen.es

No han sido pocos los esfuerzos de conseguir una ratio de autoabastecimiento de petróleo que en años atrás parece haber perdido su razón de ser debido al proceso actual de reconversión y transición energética.

Históricamente, en España, los estudios de prospección y extracción se han producido en tierra firme y esta búsqueda ha sido bastante activa desde inicios del siglo XIX hasta que se inauguró el primer pozo. Los trabajos de extracción, así como la selección de la ubicación y tipo de maquinaria de bombeo a emplear fueron llevados a cabo por técnicos de los Colegios Oficiales de Ingenieros de Minas en colaboración con la empresa CAMPSA, en parte controlada con capital del estado.

El tipo de maquinaria utilizada estaba condicionada por parámetros como la profundidad del yacimiento, viscosidad del fluido, volumen de extracción, etc., siendo la más habitual para la extracción la bomba de varilla convencional. El mecanismo fue siendo mejorado a lo largo del tiempo para aumentar su durabilidad, eficiencia y volumen de extracción por zancada.

Con este trabajo se pretende, contextualizar brevemente la situación, búsqueda y explotación de hidrocarburos particularmente en España, dando luz a tantos años de búsqueda de petróleo en nuestro país.

A continuación, se estudiará la máquina empleada con la bomba de varilla extractora, reproduciendo mediante modelado geométrico el ingenio mecánico y a partir de él, llevar a cabo su análisis mecánico y la fabricación de una maqueta a escala que reproduzca fielmente su funcionamiento.

Interacciones España-Italia en el Diseño de Máquinas y Mecanismos a lo largo del tiempo

R. López-García¹, M. Ceccarelli²

¹ Departamento de Ingeniería Mecánica y Minera. Universidad de Jaén. e-mail: rlgarcia@ujaen.es

² Laboratory of Robot Mechatronics. Universidad de Roma Tor Vergata. e-mail: marco.ceccarelli@uniroma2.it

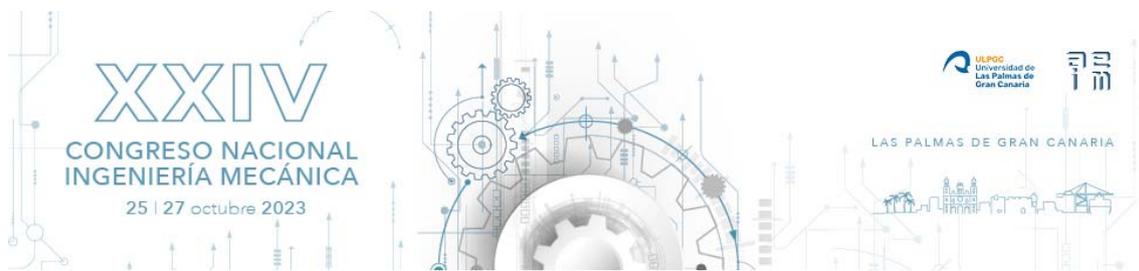
Entre España e Italia siempre han tenido buenas relaciones de intercambio en muchos aspectos, incluyendo la tecnología de máquinas y mecanismos. En este artículo se intenta una introducción a los intercambios de personas que se produjeron entre Italia y España en el desarrollo de la tecnología de las máquinas y mecanismo y que se han trasladado a las instituciones académicas. El objetivo es presentar diferentes personajes y los campos en los que contribuyeron en los intercambios entre Italia y España.

El imperio romano hizo posible establecer una cultura común y una fácil transferencia de personas y tecnologías por todo su territorio. En particular, destacan ámbitos como fabricación de diversos artilugios y máquinas de guerra para las regiones romanas, así como infraestructuras para el servicio tanto de las ciudades como del ejército. El “prepraefectus fabrum” es el responsable de esos cargos de tipo ingenieros con una visión cultural más amplia, tal que llega a ser también personaje de la vida política como por ejemplo Vitrubio. En general no se ha transmitido información de la biografía específica de esos ingenieros (“faber” de varias especialidades) que tanto contribuyeron al desarrollo de la ingeniería romana entre los cuales hubo muchos procedentes de Hispania (antigua España) que se incorporaron al imperio romano tanto como para ser cuna también de emperadores.

Una renovación considerable de esta interacción es la que tras la edad media fue experimentada durante el Renacimiento, sobre todo a su final cuando varios italianos fueron invitados a trabajar en España para contribuir a la fortaleza técnica del imperio español y sus colonias. Ejemplo destacado de esta época fue Juanelo Turriano (Gianello Torriani, 1500–1585), con trabajos en el campo del diseño y construcción de máquinas de varios tipos sobre todo en el ámbito de la ingeniería hidráulica y de máquinas para la producción agrícola. Otros ejemplos de esta época fueron Jerónimo Girava (¿- 1556) y Pedro Juan de Lastanosa (1527-1576) con trabajos sobre ingeniería hidráulica. Esta tradición de intercambio fue confirmada durante el siguiente siglo y dirigida al sur de Italia en el entonces reino de las dos Sicilias ligado a España. Ejemplo de personajes de esta época fueron Luis Collado de Lebrija (¿-¿) con trabajos sobre técnicas militares y Juan de la Herrera (1530-1597), con su discípulo Cristóbal de Rojas (1555-1614).

Durante la Revolución Industrial los intercambios se redujeron de forma significativa ya que los flujos de personas se dirigían a los nuevos centros de relevancia tecnológica como el norte de Europa, aunque se mantenían fuertes relaciones entre el reino de la Dos Sicilias y los reyes Borbones. Figura destacada de esa época fue Carlo Filangieri (1784-1867) y varios ingenieros españoles que fueron involucrados en las actividades de la naciente industrialización italiana en el sur de Italia como la Real Fábrica de Pietrarsa.

En la actualidad, estas relaciones e intercambios se siguen reactivando gracias a las actividades de asociaciones nacionales e internacionales como la AEIM, la FEIBIM y la IFToMM Italy, por lo que hoy en día existen relaciones de intercambio bien asentadas entre diferentes instituciones académicas italianas y españolas que prometen un interesante futuro común en la tecnología de máquinas y mecanismos.



Contribuciones a la Historia de la Ingeniería Mecánica y de las Máquinas desde la revista Anales de Ingeniería Mecánica

Miguel A. Sebastián¹, Rafael López-García², Marco Ceccarelli³, Emilio Bautista⁴

¹Dpto. de Ingeniería de Construcción y Fabricación. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Juan del Rosal, 12, 28040-Madrid. msebastian@ind.uned.es

²Dpto. de Ingeniería Mecánica y Minera. Universidad de Jaén. Campus las Lagunillas, 23071-Jaén. rlgarcia@ujaen.es

³Dipartimento di Ingegneria Industriale. Università di Roma Tor Vergata. marco.ceccarelli@uniroma2.it

⁴Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad Politécnica de Madrid. emilio.bautista@upm.es

A lo largo de los más de 40 años de existencia de la Asociación Española de Ingeniería Mecánica (AEIM), el interés y preocupación de la misma por campos temáticos como la “Historia de las máquinas y mecanismos” e “Historia de la Ingeniería Mecánica” ha sido constante y creciente.

Ello se ha ido materializando en la creación en su seno de un Comité Técnico inicialmente denominado de Historia de las Máquinas y, actualmente, Comité Técnico de Historia de la Ingeniería Mecánica. También ha ido recogiendo, de manera progresiva, diversos trabajos y contenidos en los campos temáticos arriba indicados en las 23 ediciones ya celebradas de su Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica (CNIM) y en la revista Anales de Ingeniería Mecánica. De hecho, en las últimas ediciones del CNIM se ha incorporado como “área temática” independiente la “Historia de las Máquinas y Mecanismos”.

Por otra parte, en los últimos años del siglo XX se inicia en toda Europa un movimiento encaminado a la consideración y estudio del Patrimonio Industrial como un nuevo enfoque para la aproximación a la “Historia de la Ingeniería y Tecnología”, con una vertiente más operativa y conservacionista. Ello toma cuerpo en España en el año 2001 a través del establecimiento del Plan Nacional de Patrimonio Industrial y con ello las líneas de trabajo de la AEIM de “Historia de las máquinas y mecanismos” e “Historia de la Ingeniería Mecánica”, se ven enriquecidas y complementadas por este nuevo enfoque.

En el presente trabajo se pasa revista a los 23 ejemplares publicados de la revista Anales de Ingeniería Mecánica para identificar, tipificar y analizar los trabajos y contenidos en el ámbito temático genérico de la “Historia de la Ingeniería Mecánica y de las Máquinas” que incorpora también aportaciones en temáticas afines, a fin de poder presentar a la AEIM y al conjunto de la comunidad científica las contribuciones realizadas en este interesante e importante campo del conocimiento.

Optimización de modelo de arranque de material para lijado robótico

Ramón Torres^{1,3}, Sara Mata², Jokin Aginaga³, David Barrenetxea⁴

¹ I+D, Aldakin Automation, rtorres@aldakin.com

² Dinámica y Control, Ideko Centro de Investigación – Miembro del BRTA, smata@ideko.es

³ Institute of Smart Cities, Universidad Pública de Navarra, jokin.aginaga@unavarra.es

⁴ Procesos de Fabricación, Ideko Centro de Investigación – Miembro del BRTA, dbarrenetxea@ideko.es

El lijado robótico con banda abrasiva presenta varias ventajas en su aplicación, como son: alta versatilidad operativa y amplio espacio de trabajo, por lo que se pretende implantar este proceso en el sector aeronáutico evitando así las tareas de lijado manual. En este proceso, la tasa de arranque de material se ve afectada por varios parámetros. Entre ellos, el desgaste es uno de los más determinantes y debe tenerse en cuenta para obtener un proceso homogéneo. Por este motivo, las aplicaciones industriales robotizadas requieren un modelo de arranque de material práctico y fácil de calibrar. Este trabajo se presenta una caracterización y optimización de un modelo de arranque de material aplicado a esta innovadora técnica robótica. En primer lugar, se reformulan los modelos de arranque de material actuales incluyendo el efecto del desgaste como un factor variable que cambia a lo largo del proceso de lijado. Además, se explica el mecanismo de una herramienta de lijado adaptativa, mostrando cómo el brazo de la lijadora se mantiene en contacto con la superficie de la pieza y cómo se aplica la fuerza. A continuación, se realizan algunas pruebas de lijado para caracterizar todos los parámetros del modelo propuesto. La monitorización del proceso permite estudiar la evolución de la fuerza y la eliminación de material en diferentes condiciones de trabajo. Además, el modelo se valida con nuevas pruebas de lijado que muestran una reducción en la estimación del error en comparación con las aproximaciones lineales. Por último, se estudia y cuantifica el desgaste de la banda gracias a la medida de la densidad de áreas planas de grano en la banda.

Influencia de la retroalimentación visual en varios indicadores de evaluación del equilibrio medidos en una máquina de rehabilitación del equilibrio

R. Valenzuela¹, J. Corral¹, M. Diez¹, F. J. Campa¹, S. Herrero¹, P. Diego¹, E. Macho¹, Ch. Pinto¹

¹ University of the Basque Country UPV/EHU, Escuela de Ingeniería de Bilbao,

Plaza Ingeniero Torres Quevedo 1, 48013, Bilbao, Spain

ruben.valenzuela@ehu.eus, j.corral@ehu.eus, mikel.diez@ehu.eus,

fran.campa@ehu.eus, saioa.herrero@ehu.eus, paul.diego@ehu.eus, erik.macho@ehu.eus, charles.pinto@ehu.eus

En este trabajo se describe una novedosa plataforma paralela denominada OREKA para realizar pruebas de evaluación del equilibrio que permite analizar el movimiento del centro de presión de varios usuarios durante movimientos de inclinación. La plataforma, la cual se basa en un manipulador paralelo 3-PRS, es capaz de realizar rotaciones alrededor de ambos ejes horizontales y una traslación vertical. Múltiples usuarios han realizado diferentes ejercicios para validar las capacidades de la plataforma, así como la influencia de la retroalimentación visual en el movimiento del COP y varios indicadores de equilibrio. Los resultados obtenidos son prometedores, ya que la plataforma presenta una resolución superior a la de las básculas utilizadas en la evaluación del equilibrio, e indican hasta qué punto la presencia de retroalimentación puede influir en el comportamiento del usuario.

Metodología de calibración de estación de mecanizado robótico basada en flujo de trabajo CNC

A. Guzmán Bautista¹, A. López Arrabal², E. Chacón Tanarro³, B. Pérez-Hickman las Matas⁴

¹Dpto. de Ingeniería Mecánica ETSII. Universidad Politécnica de Madrid. alvaro.guzman.bautista@upm.es

²Dpto. de Ingeniería Mecánica ETSII. Universidad Politécnica de Madrid. adrian.lopez.arrabal@upm.es

³Dpto. de Ingeniería Mecánica ETSII. Universidad Politécnica de Madrid. e.chacon@upm.es

⁴Dpto. de Ingeniería Mecánica ETSII. Universidad Politécnica de Madrid. b.perezhickman@alumnos.upm.es

El mecanizado robótico es el proceso de fabricación automatizado en el cual un robot industrial se encarga de realizar operaciones de eliminación de material, aprovechando las capacidades de éste para realizar operaciones de mayor complejidad geométrica y reduciendo tiempos de ciclo y costes. No obstante, se encuentran ciertas dificultades a la hora de lograr una calibración offline de la estación robotizada para reducir los errores de posicionamiento absoluto y lograr una mayor precisión en el mecanizado, sobre todo en mecanizados ligeros a partir de preforma. Este trabajo pretende establecer una metodología de definición de sistemas de referencia pre-proceso en una estación de mecanizado robótico a fin de minimizar el error asociado a la incertidumbre en la definición de la estación y la sujeción de la pieza. Esta metodología está basada en el flujo de trabajo de la máquina de control numérico en cuanto a los sistemas de referencia definidos, empleando soluciones parametrizadas con alta intercambiabilidad basadas en tecnologías de instrumentación de bajo coste. Para validar esta metodología se han realizado dos validaciones cuantitativas para determinar el error de posicionamiento absoluto; así como una validación del flujo de trabajo completo. Se han obtenido resultados de error de posicionamiento absoluto lineal en el entorno de 0.3mm y error de posicionamiento absoluto angular alrededor de 0.1°, resultados que se consideran satisfactorios y en línea con el estado de la técnica. La validación completa también se ha considerado satisfactoria. Asimismo, se proponen técnicas para solventar las limitaciones encontradas y mejorar los resultados en futuras iteraciones; así como técnicas y arquitecturas para transversalizar la metodología a otros procesos robotizados.

Robot tipo Ackermann para tareas de monitorización en edificio bioclimático

J.L. Torres Moreno¹, J.L. Blanco Claraco¹, J.D. Álvarez Hervás², M. Castilla²

¹ Dpto. de Ingeniería. Universidad de Almería. CIESOL-ceiA3.

{jltmoreno,jlblanco}@ual.es

² Dpto. de Informática. Universidad de Almería. CIESOL-ceiA3.

{jhervas,mcastilla}@ual.es

En este trabajo se presenta el modelo dinámico de un asistente robótico móvil tipo Ackermann destinado a la realización de tareas relacionadas con la toma de datos, el soporte a operarios y la asistencia a visitas guiadas dentro de un centro de investigación ubicado en un edificio bioclimático. A diferencia de la mayoría de los robots móviles que desempeñan tareas similares, que son de tipo diferencial, el modelo empleado incorpora las fuerzas en los cuatro neumáticos y el cálculo cinemático del mecanismo de dirección. Al tratarse de un sistema de tracción trasera y dirección Ackermann, se han tenido en cuenta los fundamentos de la teoría de vehículos automóviles tanto para la realización del modelo dinámico como de los controladores implementados. Por otro lado, en cuanto al entorno de simulación empleado en la realización de ensayos, se ha optado por la utilización de un nuevo simulador desarrollado en trabajos previos, denominado MVSIm. Este entorno de simulación presenta ciertas ventajas con respecto a otras alternativas. Si bien, por el momento, el número de grados de libertad de los vehículos implementados es de 7, inferior al de otras herramientas comerciales como CarSim o MSC Adams/Car, se trata de un programa gratuito y de código abierto, que incorpora además interfaces para los principales sensores empleados en robótica móvil, lo que lo posiciona en un lugar privilegiado con respecto a estas alternativas. Por otro lado, comparado con el entorno empleado mayoritariamente en el campo de la robótica móvil, compuesto por el middleware ROS y Gazebo, MVSIm proporciona importantes ventajas como pueden ser la incorporación nativa de vehículos con sistema de dirección tipo Ackermann, la ligereza tanto en la instalación como en la ejecución de aplicaciones o la facilidad de uso.

Análisis con teoría de tornillos de un mecanismo de Jansen para sistema móvil destinado a la limpieza de parques solares

C. Blanco-Herrera¹, A. Hernandez-Fernandez³, F. Lopez-Simon², A. Sanz-Garcia⁴

¹Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad de Salamanca. cbh@usal.es

²Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad de Salamanca id00714078@usal.es

³Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad de Salamanca. fedels@usal.es

⁴Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad de Salamanca. ansanz@usal.es

La limpieza de las placas solares en las granjas de generación de energía fotovoltaica es fundamental para garantizar una alta eficiencia. En general, se estima que en España se puede perder hasta un 30% de rendimiento solar por la suciedad acumulada en las placas.

En este trabajo, se estudia el mecanismo de movimiento plano tipo andador denominado Theo Jansen, por su creador y diseñador holandés, que es la parte mecánica de la obra cinética Strandbeest. El mecanismo de Jansen tiene un grado de libertad y consta de ocho barras conectadas por articulaciones con el objeto de simular un movimiento que imita la pata de un animal o una persona, lo que se conoce como movimiento biomimético. Una característica notable del mecanismo de Jansen, como otros andadores, es su capacidad para adaptarse a terrenos accidentados, sobre todo si se compara con el movimiento por rodadura. La combinación de varios mecanismos de Jansen realizando movimientos secuenciales sincrónicos permiten crear un conjunto de patas, cuyo movimiento permite a una plataforma móvil mantener la estabilidad, mientras se evitan obstáculos en su camino.

El mecanismo Jansen no tiene una estructura cinemática simple serie o en paralelo, y por ello, aplicamos la teoría de tornillos 2D para demostrar que es una forma conveniente y elegante de obtener las ecuaciones de velocidad con una cinemática directa muy simplificada. La teoría de tornillos es fácilmente aplicable tanto a los análisis de velocidad y de orden superior, pero no así en los análisis de desplazamiento, donde son difíciles de aplicar. Al mismo tiempo demostramos que invirtiendo el mismo esfuerzo, se logran obtener rápidamente los conceptos geométricos, una excelente interpretación geométrica, y el significado físico explícito del mecanismo.

Aumento de la precisión de posicionado de células robóticas en aplicaciones de mecanizado

J. Larrañaga Amilibia^{1a}, A. Lizarazu Suárez¹, J. Urrutia García², N. Agirre Jaka², M. Izquierdo Ortiz de Landaluce¹, I. Ulacia Garmendia¹, I. Inziarte Hidalgo²

¹Dpto. de Mecánica y Producción Industrial. Mondragon Unibertsitatea, Arrasate-Mondragón, España.
jlarranaga@mondragon.edu, aintza.lizarazu@alumni.mondragon.edu, mizquierdo@mondragon.edu,
iulacia@mondragon.edu

²Aldakin R+D, Pol. Ind. Isasia, Nave 1G, 31800 Alsasua, España
jurrutia@aldakin.com, n.agirre@aldathink.com, i.inziarte@aldathink.com

En las últimas décadas han incrementado las aplicaciones de los robots industriales aumentando también la demanda en la precisión de posicionado. Sin embargo, los robots industriales se caracterizan por ser muy repetitivos y poco precisos en el posicionado. Los errores de posicionado de un robot industrial son debidos principalmente a los errores geométricos, las fuerzas externas, la baja rigidez de las articulaciones del robot dado que se prima la flexibilidad de posicionado a la rigidez del sistema.

La precisión de los robots industriales puede mejorar mediante la compensación de las trayectorias originales. Para ello, es necesario desarrollar un modelo cinemático – dinámico del robot y nutrirlo de las rigideces de las articulaciones y las fuerzas del proceso. La compensación se realiza calculando primero las desviaciones de la trayectoria original, para luego modificarlas definiendo las nuevas trayectorias compensadas.

El presente trabajo analiza la validez de las metodologías de compensación en aplicaciones de mecanizado. Para ello se ha definido una operación básica de mecanizado, donde se han captado las fuerzas del proceso y compensado las trayectorias. Finalmente, se han medido las probetas mecanizadas y se ha analizado la validez de dichos métodos de compensación, así como la calidad de las piezas finales.

Programa de prácticas de laboratorio en enseñanzas de ingeniería basado en la determinación del sistema mecánico equivalente de un vehículo eléctrico

Iván Alonso Miguel¹, Vicente José Canals Guinand¹, Victor Martínez Moll¹

¹ Departamento de Ingeniería y Construcción, Universidad de las Islas Baleares, ivan.alonso@uib.es, v.canals@uib.es, victor.martinez@uib.es

En este trabajo se presenta un programa de prácticas que puede desarrollarse en las asignaturas de mecánica de los diferentes estudios conducentes a la obtención de un título universitario que habilite el ejercicio de la profesión de ingeniero técnico industrial. En concreto, este programa de prácticas se ha implementado en la asignatura “Sistemas Mecánicos” del Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática que se imparte en la Universidad de las Islas Baleares. El programa de prácticas está basado en un proyecto global de caracterización mecánica de un vehículo eléctrico, el cual se realiza de forma cooperativa entre los miembros de grupos reducidos de entre 3 y 4 estudiantes. Concretamente, se han planificado 4 prácticas cuya ejecución no requiere de montajes complicados, costosos ni sofisticados. Los resultados de aprendizaje son varios, destacando el saber reducir un sistema mecánico complejo a su sistema equivalente. Además, se tocan temas más transversales como la integración numérica de las ecuaciones de movimiento y el ajuste de parámetros de una ecuación a los datos experimentales.

Implementación de la metodología de enseñanza por retos en el Grado en Ingeniería Mecánica

**Immaculada Llop Harillo, Antonio Pérez González, Marta C. Mora,
José F. Fuentes Ballesteros, José V. García Ortiz**

Dpto. de Ingeniería Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I, illop@uji.es, aperez@uji.es, mmora@uji.es, ffuentes@uji.es, jortiz@uji.es

El objetivo de este trabajo es implementar la metodología de enseñanza por retos en el Grado en Ingeniería Mecánica de la Universitat Jaume I (UJI). Con este trabajo se pretende contribuir a la mejora de la titulación mediante una experiencia que implementa el fomento del aprendizaje práctico, el trabajo mediante equipos multidisciplinares, la coordinación entre diferentes asignaturas de la titulación, el fomento de la ética y la responsabilidad social, el incremento de la implicación en los Objetivos de Desarrollo Sostenible y el cultivo de la vocación investigadora. El reto planteado en este trabajo es la innovación en el diseño y fabricación de una prótesis de mano fabricada mediante impresión 3D y de accionamiento mecánico, con la que se han de realizar diferentes pruebas de agarre en un concurso de competición por equipos. Este reto está estrechamente relacionado con la investigación realizada por el grupo de Biomecánica y Ergonomía de la UJI y, por tanto, los resultados obtenidos pueden ser muy beneficiosos tanto para el alumnado como para el profesorado. Además, con la realización de este concurso se espera motivar al estudiantado a participar en el equipo UJI-Hand, dentro de la convocatoria de UJI-Lab-Innovación, que promueve la creación de equipos multidisciplinares liderados por estudiantes que desarrollen iniciativas innovadoras organizadas en torno a proyectos. El objetivo de UJI-Hand es obtener un prototipo de prótesis de mano de fabricación aditiva para competir en la Arm Prosthesis Race del Cybathlon. Con esta acción también se pretende motivar la realización de Trabajos Final de Grado que promuevan la innovación e investigación. Como resultado de este trabajo se organizó un concurso en el primer semestre del curso 2022/2023 entre el alumnado de la Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales de la UJI, en el cual participaron tres equipos de estudiantes. Del concurso realizado se puede destacar la valoración por parte del estudiantado del aprendizaje práctico mediante el diseño, impresión 3D y montaje de un prototipo, la colaboración entre los diferentes equipos que participaron en el concurso, la multidisciplinariedad de los equipos, la innovación en los diseños propuestos y la realización de Trabajos Final de Grado relacionados con el reto propuesto.

Proyecto de Aprendizaje-Servicio en el ámbito del gerontodiseño

B. Muñoz-Abella¹, P. Rubio Herrero², L. Rubio Ruiz de Aguirre³

Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad Carlos III de Madrid

¹mmunoz@ing.uc3m.es

²prubio@ing.uc3m.es

³lrubio@ing.uc3m.es

Tradicionalmente los estudios de Ingeniería han estado centrados en proporcionar al estudiante competencias científicas y técnicas. Sin embargo, cada vez es más necesario que adquieran otras transversales relacionadas, por ejemplo, con aspectos sociales, éticos o medioambientales. Además, como indican todas las leyes que han regido el sistema universitario español de los últimos 40 años, una de las principales misiones de la Universidad es estar al servicio de la sociedad.

En este trabajo se presenta el diseño e implementación de un proyecto de aprendizaje basado en proyectos, fundamentado en la metodología de Aprendizaje-Servicio. Como su nombre indica, es una metodología que combina enseñanza y aprendizaje, de forma que los estudiantes emplean los conocimientos y destrezas adquiridos en el aula para dar respuesta a necesidades reales de la sociedad. El proyecto desarrollado se enmarca en el ámbito del diseño mecánico, más concretamente está dedicado al gerontodiseño, unión de la gerontología y el diseño, cuyo objetivo es diseñar productos, o transformar los ya existentes, desarrollándolos exclusivamente para adultos mayores, no necesariamente enfermos, con el fin de optimizar su calidad de vida.

El Proyecto de Aprendizaje-Servicio que se presenta, por una parte, ha promovido la relación intergeneracional mediante la realización de entrevistas entre adultos mayores y estudiantes, y, por otra, ha fomentado que los estudiantes conozcan las necesidades específicas de este sector de la sociedad y que, aplicando los conocimientos adquirido en clase, aporten soluciones ingenieriles a requerimientos reales.

Uso de la metodología PBL para la realización de un estudio biomecánico de un ciclista con estudiantes del Grado en Ingeniería Biomédica

I. Agirre-Olabide¹, A. Plaza Puértolas², J. Aginaga Garcia³, X. Iriarte Goñi⁴

¹Dpto. de Ingeniería. Universidad Pública de Navarra. iker.agirre@unavarra.es;

²Dpto. de Ingeniería. Universidad Pública de Navarra. aitor.plaza@unavarra.es;

³Dpto. de Ingeniería. Universidad Pública de Navarra. jokin.aginaga@unavarra.es;

⁴Dpto. de Ingeniería. Universidad Pública de Navarra. xabier.iriarte@unavarra.es

Este trabajo presenta el uso de la metodología de aprendizaje basado en problemas (PBL) para la realización de un estudio biomecánico con el uso de una cámara móvil y el software de MATLAB. Esta metodología se utiliza con alumnos de tercer curso del Grado en Ingeniería Biomédica dentro de la asignatura de Biomecánica con el fin de combinar la cinemática estudiada en el aula y el trabajo de campo. En primer lugar, se describe la metodología PBL planificada inicialmente, especificando y definiendo los diferentes hitos y píldoras formativas a desarrollar y se detalla la implementación de la metodología. De este modo se define la problemática inicial planteada al alumnado y se describen las alternativas presentadas por los diferentes grupos de estudiantes, los cuales han tenido que justificar los estudios biomecánicos en ciclistas basándose en artículos científicos. Una vez enfocado el problema, el alumnado es guiado por el tutor acotando el problema al uso de MATLAB y una cámara móvil. Además, el alumnado recibe píldoras formativas para el uso de redes neuronales libres para la identificación de poses humanas. Cada grupo realiza grabaciones de la posición actual del ciclista en la bicicleta e identifica la biomecánica del pedaleo de un integrante de cada grupo, las cuales se realizan en el laboratorio de ingeniería mecánica. Utilizando los datos experimentales (posiciones de las diferentes articulaciones), el alumnado trabaja los datos obtenidos y realizan la representación y animación del movimiento del ciclista, así como la evolución de los diferentes ángulos generados durante el pedaleo del ciclista. Cada grupo de alumnos se basa en diferentes articulaciones humanas para poder identificar las mejoras a implementar, como la modificación de la altura del sillín de la bicicleta para ajustar los ángulos del pedaleo a los óptimos definidos en la literatura. Las propuestas de cada grupo se utilizan para cambiar la geometría de la bicicleta y se realiza un segundo estudio para garantizar que los cambios implementados han generado una mejora en la dinámica de pedaleo. Finalmente, el alumnado realiza una encuesta de satisfacción y otra de coevaluación para valorar la metodología implementada y el trabajo en equipo. Se concluye que la implementación ha sido satisfactoria debido a una valoración de 3,7 sobre 4.

Síntesis Analítica Computacional de Mecanismos

A. Plaza Puértolas¹, J. Ros Ganuza^{1,2}, X. Iriarte Goñi^{1,2}, J. Aginaga García^{1,2}, J.M. Aguinagalde Olaizola¹,
J. Bacaicoa Diaz^{1,2}

¹Dpto. de Ingeniería. Universidad Pública de Navarra/Nafarroako Unibertsitate Publikoa. [[aitor.plaza](mailto:aitor.plaza@unavarra.es), [jros](mailto:jros@unavarra.es), [xabier.iriarte](mailto:xabier.iriarte@unavarra.es), [jokin.aginaga](mailto:jokin.aginaga@unavarra.es), [juanm.aguinagalde](mailto:juanm.aguinagalde@unavarra.es), [julen.bacaicoa](mailto:julen.bacaicoa@unavarra.es)]

²Institute of Smart Cities (ISC). Universidad Pública de Navarra/Nafarroako Unibertsitate Publikoa.

La síntesis analítica dimensional de mecanismos es una técnica utilizada en ingeniería mecánica para diseñar mecanismos que cumplan con requisitos específicos de movimiento. Se busca encontrar las dimensiones y configuraciones adecuadas de los elementos del mecanismo para lograr un movimiento deseado.

Desde el punto de vista pedagógico, la síntesis se puede abordar desde dos perspectivas: métodos gráficos y métodos analíticos. Los métodos gráficos son didácticos y visuales, pero están limitados a unos pocos ejemplos. Los métodos analíticos son más amplios y generales, pero en libros clásicos de Teoría de Máquinas, prácticamente se abordan los mismos ejemplos presentados en la síntesis gráfica, sin hacer caso a su generalidad.

En la Universidad Pública de Navarra/Nafarroako Unibertsitate Publikoa, se ha replanteado la síntesis dimensional con un enfoque más moderno y general. Se plantean dos conjuntos de ecuaciones: Enlace Geométrico y Ecuaciones de Diseño, resolviéndolas como un problema de optimización con restricciones. La resolución de estos sistemas se realiza mediante un software numérico MATLAB (u Octave) y la verificación del correcto diseño del mecanismo se realiza mediante software de matemáticas dinámicas GeoGebra.

Este enfoque simplifica la explicación y permite al alumnado aplicar los conceptos teóricos a diferentes casos sin memorizar procedimientos específicos de síntesis. Al ser tan genérico, el planteamiento del examen resulta también sencillo, pues el abanico de ejercicios diferentes es infinito.

Nuevas aportaciones en la formación académica de las asignaturas de Ingeniería Mecánica mediante el uso de metodología de enseñanza a distancia

J.C. García Prada¹, Alejandro Bustos Caballero¹, M^a. Lourdes del Castillo Zas¹

¹Departamento de Mecánica, Universidad Nacional de Educación a Distancia, jcgprada@ind.uned.es,

albustos@ind.uned.es, mlcastillo@ind.uned.es

La educación universitaria a distancia ha experimentado un gran desarrollo en las últimas décadas debido a los avances logrados en el campo de las tecnologías de la información y la comunicación y también por razones sociológicas de demanda social que ha hecho que las instituciones universitarias públicas desarrollen una oferta de calidad que permita el acceso a la educación superior a las personas que por razones socioeconómicas, geográficas o de otra índole no puedan acceder a la enseñanza presencial universitaria. Los programas de educación a distancia en la actualidad cubren ampliamente las distintas áreas del saber y la ingeniería mecánica no ha sido una excepción. La oferta académica a distancia no se restringe sólo a la impartición en universidades a distancia, sino que la mayoría de las universidades basadas en metodologías educativas tradicionales ahora incorporan la educación a distancia en algunos de sus programas académicos. Sin embargo, no es frecuente encontrar una carrera de ingeniería mecánica donde todo el programa se base en la enseñanza a distancia, esto se debe principalmente a la necesidad que tienen los estudiantes de ingeniería de obtener habilidades prácticas para obtener la capacitación adecuada, como son la amplia realización de ejercicios, problemas y prácticas de laboratorio. En los estudios de ingeniería tradicionales es de suma importancia la interacción del grupo de clase presencial con el profesor para un correcto aprendizaje de los conceptos teóricos y su aplicación en los diferentes ejercicios prácticos. El desarrollo de tecnologías educativas, en el modelo de la enseñanza a distancia, permiten sustituir en gran medida esa interacción docente con discente. Se hace necesario desarrollar nuevas herramientas que permitan alcanzar con mayor rendimiento los objetivos educativos de las asignaturas. En el caso de las prácticas de laboratorio, algunas prácticas de ingeniería mecánica se pueden realizar autónomamente con kits especiales y con el uso de laboratorios virtuales o remotos, pero en general se hace necesaria la realización presencial con estancias obligatorias en sus laboratorios e instalaciones. Esta es la razón por la que no es muy común incluir carreras de ingeniería mecánica en la oferta académica tecnológica de muchas universidades basadas únicamente en la educación a distancia. En este trabajo se presenta el estado actual de la enseñanza de la ingeniería mecánica a nivel universitario en el marco de la educación a distancia, analizando su concepto y evolución, presencia global, metodologías y recursos educativos y nuevas propuestas de actuación para la mejora del rendimiento académico en las asignaturas de ingeniería.

Dispositivo de bajo coste para monitorizar el estado fisiológico del conductor de un vehículo

M. Garrosa¹, M. Ceccarelli², V. Díaz¹

¹ Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Carlos III de Madrid, mgarrosa@ing.uc3m.es, vdiaz@ing.uc3m.es

² Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Roma Tor Vergata, marco.ceccarelli@uniroma2.it

En este artículo se presenta un nuevo dispositivo de monitorización del estado fisiológico del conductor de un vehículo haciendo uso de sensores de bajo coste. Este nuevo dispositivo supervisa de manera continua y en tiempo real una serie de parámetros críticos relativos al conductor para detectar fatiga, posible falta de atención o un comportamiento agresivo. El dispositivo consta de unidades vestibles para la cabeza, el cuello y el torso donde se instalan unidades de medición inercial (IMU), que registran datos de la aceleración de la cabeza, el cuello y el torso del individuo mientras el vehículo está en movimiento. También se emplea un sensor fisiológico para registrar señales electrocardiográficas (ECG), relativas a la variabilidad del ritmo cardiaco, colocado en el pecho y abdomen del sujeto que ofrece información relevante de su estado como pueden ser niveles de fatiga y de estrés. De manera adicional se instala un sensor de temperatura en la unidad vestible para el cuello. Para la validación del dispositivo se diseñan una serie de experimentos en los que el sujeto realiza una tarea de conducción continua que incluye maniobras de conducción siguiendo una trayectoria rectilínea, frenado y rotonda en una vía urbana sin tráfico. Los resultados experimentales han verificado que el dispositivo diseñado permite controlar el estado del conductor y puede utilizarse eficazmente en la supervisión de la actividad y las alertas a conductores.

Análisis cinemático del cuerpo humano durante un frenado de emergencia

Silvia Santos-Cuadros¹, Álvaro Page del Pozo², Carolina Álvarez-Caldas³, José Luis San Román García⁴

^{1,3,4} Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Carlos III de Madrid.

^{1,3,4} Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA).

¹ ssantos@ing.uc3m.es, ³ calvarez@ing.uc3m.es, ⁴ jlsanro@ing.uc3m.es

² Instituto Universitario de Ingeniería Mecánica y Biomecánica. Universitat Politècnica de València

² afpag@ibv.upv.es

El análisis del movimiento del cuerpo humano es un aspecto crítico en los estudios biomecánicos sobre seguridad vial. La mayoría de estudios se han centrado en el análisis del sistema cabeza-cuello, analizando las grandes aceleraciones asociadas a un impacto. Sin embargo, el desarrollo de vehículos autónomos y de sistemas de asistencia a la conducción incorpora sistemas de frenado de emergencia que implican movimientos de deceleración que no han sido suficientemente analizados. Este aspecto es especialmente importante en los transportes públicos donde, además, los pasajeros no disponen de cinturones de seguridad y los frenados provocan movimientos del cuerpo completo que no han sido descritos con suficiente detalle.

En este trabajo se presenta un estudio experimental donde se analiza el movimiento de la pelvis, tórax y cabeza de pasajeros sentados, sin cinturón de seguridad, durante un frenado de emergencia en un autobús urbano autónomo. Para ello se ha analizado una muestra de 18 pasajeros. Se ha registrado el movimiento mediante un sistema de videoanálisis a 100 fotogramas por segundo, usando marcadores reflectantes ubicados en la rodilla, pelvis, zona lumbar, tórax, cuello y cabeza, lo que ha permitido medir el movimiento de cada segmento corporal y la cinemática articular.

Se han medido las variables cinemáticas asociadas a los ángulos y desplazamientos, así como las velocidades y aceleraciones angulares y se ha determinado la posición de los ejes instantáneos de rotación. Se ha utilizado un software propio para el análisis de posiciones, el suavizado y derivación numérica y el cálculo de variables cinemáticas.

Los resultados permiten identificar distintas fases del movimiento del cuerpo durante el frenado y describir la coordinación y secuencialidad en los giros de la pelvis, tórax y cabeza. Así mismo, se muestra el efecto de la rotación de la pelvis sobre los movimientos verticales del tronco y su potencial efecto en la compresión del cuello. Finalmente, se ha detectado un cambio significativo de los ejes instantáneos de rotación asociados al impacto de la espalda con el respaldo al final del movimiento, lo que provoca cambios notables en las aceleraciones.

Aunque se trata de un estudio preliminar, los resultados muestran la necesidad de incorporar la cinemática completa del tronco al estudio de los frenados e impactos, sin limitarlos al sistema cabeza-cuello, como se hace en la mayoría de estudios.

Protocolo de valoración funcional del diseño de una prótesis ortopédica low-cost de dedo

S. Santos-Cuadros ¹, S. Fuentes del Toro ², F.J. Hergueta Seguido ³

^{1,2,3}Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad Carlos III de Madrid.

^{1,2}Instituto de Seguridad de los Vehículos Automóviles (ISVA).

¹ssantos@ing.uc3m.es, ²sfuentes@ing.uc3m.es

Se prevé una pérdida de extremidades por amputación de casi 3,6 millones en 2050. Aunque la mayoría de estas amputaciones se consideran leves, por tratarse de pequeños apéndices como dedos de las manos o de los pies, la amputación de dedos de las extremidades superiores puede implicar significativas pérdidas de capacidad funcional de la mano y calidad de vida, lo que puede dificultar realizar actividades de la vida diaria.

El uso de prótesis puede mejorar la realización de estas actividades, además de mejorar aspectos psicosociales. Sin embargo, el acceso a prótesis ortopédicas adaptadas al usuario no está al alcance de todo el mundo. La impresión 3D puede ayudar a abaratar costes y hacer accesible esta ayuda a mucha más gente. No obstante, dicha prótesis low-cost debe cumplir unos mínimos de calidad para asegurar su funcionalidad. Por ello, este trabajo propone el desarrollo de un protocolo de valoración funcional del diseño de una prótesis ortopédica de dedo obtenida mediante impresión 3D y adaptada a un usuario que tiene las tres falanges del dedo índice amputadas. Este protocolo pretende asegurar que el diseño de prótesis planteado permite mejorar la capacidad funcional del usuario.

Con este fin, este trabajo plantea la creación de un protocolo de ensayo para la evaluación funcional del paciente. Este protocolo tendrá en cuenta la movilidad y funcionamiento de la mano sana para intentar trasladar dicho funcionamiento a la mano con diversidad funcional (dedo amputado). Tanto la fuerza como la movilidad serán factores fundamentales a tener en cuenta en el protocolo, pues debido a la patología del paciente al haber sufrido diversas operaciones, será necesario plantear dicho protocolo desde varios puntos de vista.

Análisis comparativo entre electrodos comerciales y un nuevo electrodo para recién nacidos

Albert Fabregat-Sanjuan¹, Ángel Rodríguez-Ballabriga¹, Agnès Rigo-Vidal², Rosa Pàmies-Vilà³, Vicenç Pascual-Rubio²

¹FUNCMAT, Departamento de Ingeniería Mecánica, Universitat Rovira i Virgili, España. a.fabregat@urv.cat
²NEUROEPIA, Institut d'Investigació Sanitària Pere Virgili, Departamento de Neurofisiología Clínica, Hospital Sant Joan de Reus, España.

³BIOMECH, Departamento de Ingeniería Mecánica, Universitat Politècnica de Catalunya, España.

Neonatólogos y neurofisiólogos coinciden en que actualmente no existen electrodos que permitan un registro adecuado, durante largos periodos de tiempo, de la actividad cerebral de los recién nacidos. Como consecuencia, la electroencefalografía de amplitud integrada (aEEG), que depende de estos electrodos, pierde potencia para diagnosticar daños cerebrales como la encefalopatía isquémica hipóxica o la epilepsia. Los principales problemas identificados con los electrodos comerciales existentes que afectan a la señal obtenida se deben al secado del gel electroconductor durante el registro y/o a una adherencia inadecuada del electrodo a la piel. La adhesión depende de diferentes factores como son el pelo, la curvatura y el tamaño de la cabeza. Por este motivo, se creó aCUP-E, un electrodo que tiene las características esenciales para obtener una señal de calidad, realización de registros de larga duración y buena adaptación a la piel y morfología de la cabeza del neonato. En este trabajo se presenta un estudio de diferentes sistemas de adhesión mediante una caracterización mecánica a ciclado para simular los movimientos de los cables. Además, para evaluar la fiabilidad y calidad del registro aEEG con aCUP-E se ha realizado un ensayo clínico de comparación entre los electrodos comerciales (gel líquido) y el nuevo electrodo de copa avanzado (aCUP-E). Han participado 15 neonatos del Hospital Universitari Sant Joan de Reus. Se han hecho registros de aEEG durante la estancia en la unidad de cuidados intensivos neonatales con los dos tipos de electrodos, en un hemisferio se ha registrado con electrodos de gel líquido, y en el otro con aCUP-E. Para evaluar la similitud y diferencias entre las dos señales registradas se han comparado las características de la señal obtenida con ambos tipos de electrodos utilizando técnicas de análisis y procesado de señal, junto con técnicas estadísticas. Además, se ha recogido el número de recolocaciones del electrodo durante los registros; el número de veces que se aplica gel electroconductor en aCUP-E y la seguridad cutánea del recién nacido. Los resultados muestran que aCUP-E es más fiable y seguro que los electrodos convencionales. Las impedancias son más estables y la señal tiene menos artefactos.

Análisis de la exactitud de posicionado de los electrodos en potenciales evocados visuales y somatosensoriales

Albert Fabregat-Sanjuan¹, Agnès Rigo-Vidal², Montse Roselló-Foguet², Rosa Pàmies-Vilà³,
Gisel Montoya-Aguirre², Vicenç Pascual-Rubio²

¹FUNCMAT, Departamento de Ingeniería Mecánica, Universitat Rovira i Virgili, España. a.fabregat@urv.cat

²NEUROEPIA, Institut d'Investigació Sanitària Pere Virgili. Departamento de Neurofisiología Clínica, Hospital Sant Joan de Reus, España. agnes.rigo@alumni.urv.cat, montse.rosello@salutsantjoan.cat, gisel.montoya@salutsantjoan.cat, vicenc.pascual@salutsantjoan.cat

³BIOMECH, Depart. de Ingeniería Mecánica, Universitat Politècnica de Catalunya, España. rosa.pamies@puc.edu

En los laboratorios de Neurofisiología Clínica se utilizan los potenciales evocados (PE) para evaluar la integridad de las vías nerviosas, especialmente en relación con los sistemas sensoriales. Estos PE consisten en estimular una vía nerviosa en su punto distal, generalmente de forma sensorial, y medir la respuesta en forma de voltaje en la corteza cerebral. Para obtener estas respuestas se requiere la colocación de electrodos en posiciones precisas del cuero cabelludo, siguiendo el sistema internacional 10/20, para acercarse en la corteza cerebral diana subyacente. Sin embargo, en la práctica clínica, en algunas pruebas como los potenciales evocados visuales con patrón invertido y los potenciales somestésicos de extremidades superiores e inferiores, se determina la localización de los electrodos mediante unas aproximaciones que permiten reducir el tiempo de colocación de los electrodos. Con el objetivo de evaluar las diferencias entre el enfoque riguroso basado en el sistema 10/20 y el enfoque aproximado, y poder determinar si estas diferencias tienen implicaciones en la interpretación médica de los potenciales evocados, se realizó un estudio transversal en pacientes derivados al servicio de Neurofisiología Clínica. Se evaluaron las diferencias entre la posición según el sistema 10/20 y el método aproximado, que, al no utilizar porcentajes, tiene el inconveniente, de no tener en cuenta el tamaño o la morfología de la cabeza. Cada prueba se realizó dos veces: una utilizando el método aproximado y otra el método 10/20. Se realizó un análisis de las principales variables y se comparó la latencia, amplitud y área de cada onda entre los dos métodos. Además, se evaluaron las diferencias en las conclusiones del informe neurofisiológico utilizando cada método. Los resultados indican que, en ausencia de patología, (PE dentro de los valores normales) la aplicación rigurosa del sistema 10/20 no es significativamente diferente al método aproximado, pero ayuda a estandarizar las pruebas y a minimizar la dependencia del diagnóstico en función de la experiencia del clínico. Sin embargo, en pacientes con PE alterados, la variabilidad asociada con las técnicas de aproximación puede afectar a la interpretación de la señal por parte del personal médico y, en consecuencia, dificultar el adecuado diagnóstico y tratamiento del paciente.

Análisis de la influencia de la morfología craneal en los errores de posicionamiento según el método BeamF3

Albert Fabregat-Sanjuan¹, Rosa Pàmies-Vilà², Agnès Rigo-Vidal³, Vicenç Pascual-Rubio³

¹ FUNCMAT, Departamento de Ingeniería Mecánica, Universitat Rovira i Virgili, España. a.fabregat@urv.cat,

² BIOMECH, Departamento de Ingeniería Mecánica, Universitat Politècnica de Catalunya, España. rosa.pamies@upc.edu

³ NEUROEPIA, Insitut d'Investigació Sanitària Pere Virgili. Departamento de Neurofisiología Clínica, Hospital Sant Joan de Reus, España. agnes.rigo@iispv.cat, vicenc.pascual@salutsantjoan.cat

El sistema internacional 10/20 determina la posición de los puntos en la superficie craneal a partir de proporciones de tres medidas de la morfología de la cabeza: distancias Nasion-Inion, Tragus-Tragus (LPA-RPA) y perímetro craneal. La localización precisa de la posición F3 del sistema 10/20 requiere numerosos procedimientos y conlleva un tiempo de preparación prolongado, así como muchas opciones de error humano en el posicionamiento, ya que se realiza un cálculo aproximado utilizando una cinta métrica y un rotulador. Las técnicas de neuronavegación no son accesibles a la mayoría de laboratorios de neurofisiología clínica por ser económicamente costosos y metodológicamente complejos. Por este motivo, existen diferentes métodos heurísticos para facilitar la posición F3, en concreto el más utilizado en la práctica clínica es el conocido como BeamF3. Este trabajo quiere cuantificar el error que se comete con el uso del método heurístico respecto a la posición determinada por el sistema 10/20. Para ello se parte de 50 mallados de modelos de cabeza humana y mediante un programa CAD 3D, se determina la posición del punto F3 según el procedimiento del sistema internacional 10/20 y según el método BeamF3. Posteriormente, se calcula la distancia euclidiana entre estos dos puntos para todos los modelos analizados. Los resultados muestran que hay un error en cualquier morfología craneal y éste es mayor si la distancia LPA-RPA es superior a la distancia Nasion-Inion. Además, se ha visto que el error no es altamente dependiente del perímetro craneal.

Modelado de rodamientos de surco profundo mediante enfoques smooth

Raúl Gismeros Moreno¹, Eduardo Corral Abad¹, Jesús Meneses Alonso¹,
María Jesús Gómez García¹, Cristina Castejón Sisamón¹

¹Grupo de Investigación MAQLAB, Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Carlos III de Madrid, {rgismero, ecorral, meneses, mijgarc, castejon}@ing.uc3m.es.

Los rodamientos son elementos críticos cuya durabilidad, eficiencia y fiabilidad es de máxima importancia en los sistemas mecánicos de los que forman parte. Los fallos asociados a ellos tienen serias consecuencias, no sólo a nivel económico (en términos de costes y tiempos de parada y reparación), sino también a nivel social (posibles accidentes) y legal (incumplimiento de normativas).

Este trabajo se centra en el modelado de rodamientos de surco profundo cargados radialmente utilizando para ello la dinámica de sistemas multicuerpo. Sus diferentes componentes son definidos como cuerpos independientes: pista interna y pista externa, bolas y jaula. Las interacciones entre estos elementos son descritas mediante diferentes soluciones, en las que los posibles fenómenos de contacto/impacto son implementados usando formulaciones del tipo "smooth", las cuales permiten una monitorización completa del proceso. Se buscará la combinación óptima de modelo de contacto y de fricción que describa de forma más eficiente y precisa las interacciones entre los cuerpos.

Posteriormente, se proponen varios modelos de este tipo de rodamiento bajo diferentes asunciones y premisas, lo que resulta en análisis dinámicos con varios niveles de complejidad. Las simplificaciones asumidas son descritas, así como las ventajas y desventajas de cada solución propuesta. Las simulaciones realizadas muestran que la elección precisa de los parámetros de los modelos de contacto y fricción tiene un impacto decisivo en los resultados obtenidos, los cuales son consistentes y abren la puerta a una futura verificación.

Integradores estructurales condicionalmente explícitos para dinámica de sólidos

I. Fernández de Bustos¹, A. Noriega², G. Urkullu³, Ibai Coria³

¹Dpto. de Ing. Mecánica. Univ. del País Vasco. Escuela de Ingeniería de Bilbao. igor.fernandezdebustos@ehu.es

²Dpto. de Construcción e Ingeniería de Fabricación. Universidad de Oviedo. noriegaalvaro@uniovi.es

³Dpto. de Matemática Aplicada. Univ. del País Vasco. Escuela de Ingeniería de Bilbao. gorka.urkullu@ehu.es,
ibai.coria@ehu.es

En análisis de dinámica estructural es habitual el uso de métodos de orden dos para integrar las ecuaciones. Entre ellos, se considera explícito el método de diferencias centrales, el cual es de uso muy extendido en este área. Sin embargo, no ha sido hasta hace muy poco tiempo que el uso de este método no se ha probado para la integración de las ecuaciones de la dinámica de sistemas multicuerpo. Sin embargo, cuando se aplica el método a este problema, deja de ser explícito, y se comporta como implícito, aunque con ciertas simplificaciones. Esta diferencia de comportamiento se debe a que, en el caso de problemas estructurales, la ecuación diferencial que da la aceleración no depende de las velocidades, mientras que en el caso de la dinámica de sólidos en problemas tridimensionales sí se da esta dependencia. En el trabajo mencionado, se demostró que el método era bastante competitivo, presentando convergencia de orden 2. Sin embargo, la formulación presentada llevaba a problemas de cancelación cuando se deseaba una gran precisión. En este trabajo se presentará una reformulación del método que elimina los problemas de cancelación. Adicionalmente, esta reformulación abre las puertas a una nueva familia de métodos condicionalmente explícitos con orden de convergencia y límites de estabilidad variables. Esto permite, en problemas no muy rígidos, obtener una solución muy precisa con un coste computacional extremadamente bajo.

Una ventaja de estos métodos es que el incremento de la convergencia no se consigue mediante un incremento del número de evaluaciones de la ecuación diferencial, sino que el único coste añadido es de almacenamiento de derivadas de orden superior y operaciones algebraicas con ellas, que al ser operaciones con vectores, es de un coste comparativamente inferior a la resolución de la ecuación diferencial, que implica resoluciones de sistemas de ecuaciones lineales.

Otra ventaja es la facilidad con la que, en estos métodos, se introducen las restricciones cuando el método se aplica a ecuaciones diferenciales algebraicas. En los métodos Runge Kutta, la forma más habitual de introducir las ecuaciones de restricción es mediante la proyección de la solución obtenida en el espacio definido por las restricciones. Esto hace que la solución obtenida en los puntos intermedios no verifique las restricciones, reduciendo la convergencia del método respecto de la que se obtiene en Ecuaciones Diferenciales Ordinarias. En los métodos aquí presentados, este problema no existe, dado que se hace una única evaluación de la ecuación diferencial y la solución obtenida es obligada a verificar la restricción (aunque no sus derivadas).

El método se ha comprobado en problemas sencillos, donde se ha constatado que tiene una eficiencia considerable incluso en estos problemas en los que la ecuación diferencial tiene un coste comparativo bajo.

Integrador estructural explícito para sistemas multicuerpo

G. Urkullu¹, I. Coria¹, H. Uriarte², V. García-Marina³

¹Dpto. de Matemática Aplicada. Universidad del País Vasco. Escuela de Ingeniería de Bilbao. gorka.urbkullu@ehu.eus.
lbai.coria@ehu.eus

²Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad del País Vasco. Escuela de Ingeniería de Bilbao. haritz.uriarte@ehu.eus

³Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad del País Vasco. Escuela de Ingeniería de Vitoria. vanessa.garcia@ehu.eus

En este artículo se presenta un nuevo método explícito para la integración directa de un sistema de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias (EDO) de orden 2 característicos de la dinámica Multicuerpo. Existen varias maneras de integrar EDOs de orden 2, uno es reduciendo el orden de la EDO duplicando el número de variables. Esto conduce a aplicar integradores pertenecientes a lo que se conoce como familia de métodos de Runge-Kutta. Otro enfoque, más empleado en mecánica estructural, es el uso de métodos para integrar directamente la EDO sin aumentar la cantidad de variables. Por lo general, estos métodos reciben el nombre de "integradores estructurales". La metodología de integración presentada en este trabajo es similar en concepto al método de diferencias centrales, comúnmente utilizado en dinámica estructural. Partiendo de esta idea se ha desarrollado un algoritmo de integración con características diferentes al original y que además puede ser configurado en función de un conjunto de parámetros. De esta forma dependiendo del valor que adquieran dichos parámetros se modifican ciertas características relacionadas con la convergencia y estabilidad del método de integración. Para obtener el algoritmo, se ha empleado el desarrollo en series de Taylor hasta la cuarta derivada y se ha planteado una interpolación lineal de la tercera derivada en función de un parámetro, empleando un conjunto de valores adecuados se puede alcanzar un orden de convergencia de quinto orden para el error local en el desplazamiento. En este trabajo también se incluye un estudio preliminar de la estabilidad del método y se resuelven algún ejemplo representativo de la dinámica multicuerpo.

Formulación Multibody para Elementos Discretos

H. Uriarte¹, V. García-Marina², G. Urkullu³, J. Girardot⁴

¹Dpto. de Ing. Mecánica, UPV/EHU, Escuela de Ingeniería de Bilbao. haritz.uriarte@ehu.eus

²Dpto. de Ing. Mecánica, UPV/EHU, Escuela de Ingeniería de Vitoria-Gasteiz. vanessa.garcia@ehu.eus

³Dpto. de Matemática Aplicada, UPV/EHU, Escuela de Ingeniería de Bilbao. gorka.urkullu@ehu.eus

⁴Arts et Metiers Institute of Technology, CNRS, Bordeaux INP, Hesam Universite, I2M, UMR 5295, F-33400 Talence, France, jeremie.girardot@ensam.eu

En este trabajo se presenta un estudio preliminar en el que se estudia la viabilidad de aplicar un método multicuerpo a un sistema formado por elementos discretos. El método multibody empleado para ello integra las ecuaciones expresadas en coordenadas mínimas del sistema mediante Newmark. De esta manera, y con los parámetros adecuados, es posible conseguir un integrador incondicionalmente estable sin amortiguamiento numérico añadido. El sistema físico empleado para este propósito es una viga continua por la que se propaga una onda longitudinal. Para analizarla mediante el enfoque Multibody dicha viga se ha modelizado como una cadena de masas puntuales y muelles, de manera que el único desplazamiento posible de los elementos que la forman es la dirección longitudinal de la cadena. Por otro lado, el modelo para el análisis mediante MEF es una viga de sección circular. Los resultados se comparan con los obtenidos mediante un software comercial adecuado para resolver sistemas Multibody como es ADAMS, en primera instancia, y después con los correspondientes a un análisis de Elementos Finitos mediante ANSYS. Los resultados, pese a ser necesario un análisis más exhaustivo, son prometedores. Este estudio pretende dar un primer paso para poder simular sistemas Multibody flexibles de manera unificada.

Análisis de sistemas de posicionamiento para pacientes en protonterapia mediante Dinámica Multicuerpo con sólidos flexibles

R. Randulfe López¹, M. López Lago², J. Collazo Rodríguez³, J. González Baldonado⁴

¹Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad de Vigo. rodrigo.randulfe.lopez@uvigo.es

²Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad de Vigo. mllago@uvigo.gal

³Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad de Vigo. joaquincollazo@uvigo.gal

⁴Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad de Vigo. jacobo.gonzalez.baldonado@uvigo.es

El avance en terapias protónicas para el tratamiento de diversas enfermedades relacionadas con el cáncer se está asentando como una manera efectiva de combatir dichas enfermedades. A lo largo del mundo, cada vez son más los centros médicos de tratamiento oncológico que cuentan con este tipo de tecnología, con la que se mejora el tratamiento gracias a su elevada precisión.

La base de este tipo de tratamiento es la incidencia de protones acelerados sobre conjuntos de células tumorales. Este tipo de tratamiento es muy efectivo, debido a su gran precisión de impacto.

Para garantizar la precisión en el tratamiento, es muy importante el posicionamiento adecuado del paciente, que se realiza normalmente mediante una camilla móvil, la cual permite posicionar al paciente en la zona de impacto del haz de protones. Teniendo en cuenta lo anterior, este trabajo, se centra en el análisis y estudio de la precisión de diferentes mecanismos que conforman las camillas posicionadoras.

La mayoría de las camillas posicionadoras se basan en un mecanismo de péndulo doble horizontal, que se encuentra articulado mediante motores en cada una de sus juntas de revolución.

Este tipo de mecanismos, en estudio cinemático cumple perfectamente el movimiento preciso para posicionar al paciente, pero si analizamos el comportamiento dinámico, el comportamiento de las [k] rigideces del sistema puede ser mejorado mediante la aplicación de sistemas de posicionamiento, basados en elementos paralelos.

Atendiendo a modelos básicos, se puede afirmar que la precisión del posicionamiento final es directamente proporcional a las rigideces del sistema, es decir, utilizando sistemas que generen unas rigideces mayores obtenemos precisiones mejores. Debido a esto, mediante el uso de mecanismos que generen mayores rigideces dinámicas, podremos obtener mejores y más precisos posicionamientos de pacientes y por tanto una mejor precisión en el tratamiento.

En este trabajo, se analizan y comparan los diferentes sistemas actuales, cómo el péndulo doble articulado con diferentes sistemas de posicionamiento paralelos.

En la realización del estudio se han propuesto trayectorias de movimiento del paciente mediante Dinámica Multicuerpo con sólidos flexibles y se han comparado la respuesta para los diferentes sistemas, existiendo una ventaja de posicionamiento final de los sistemas paralelos sobre los sistemas de péndulo doble.

Estudio de la corrosión en equipos de una EDAR para la planificación de medidas preventivas

M.D. Sánchez Blanco¹, F.C. Gómez de León Hijes², F.J. Navarro Sánchez³

¹ Technical Service & Development. Dow España. malosanchez1505@gmail.com

² Área de Ingeniería Mecánica. Universidad de Murcia. gdleon@um.es

³ Jefe departamento depuración y control de vertidos. Aguas de Murcia. fjnavarro@emuasa.es

La corrosión sigue siendo uno de los problemas causantes de enormes pérdidas a nivel mundial y, de no ser adecuadamente detectado, desencadenante de fallos en las instalaciones industriales, con el consiguiente riesgo que esto supone. Particularmente, en las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), la corrosión es capaz de reducir significativamente la vida útil de los equipos, tuberías, instrumentos, etc. causando cuantiosas pérdidas económicas y, en ocasiones, accidentes debido a la degradación prematura de los materiales en equipos y estructuras metálicas. Entre los factores causantes de la corrosión se encuentran el ácido sulfhídrico y la humedad inherente a estas instalaciones.

En este trabajo se analizan las concentraciones de estos dos agentes en una EDAR, representándolas mediante mapas de concentración, para estudiar su relación con los elementos más afectados por este fenómeno, poniendo al descubierto las zonas de la instalación que estaban potencialmente más expuestas a la corrosión. Además, como consecuencia de estos resultados, se modificaron las estrategias de mantenimiento, en gran parte reactivas, incluyendo un programa de actuaciones preventivas periódicas en la instalación, priorizadas en función de la criticidad de los equipos y elementos de la instalación y de su nivel de exposición potencial a dichos agentes corrosivos.

Aplicación de clasificadores automáticos a la monitorización de la condición de funcionamiento de material rodante ferroviario

E. Ruiz Torres¹, A. Bustos Caballero², H. Rubio Alonso³, C. Castejón Sisamón⁴

¹Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad Carlos III de Madrid. enruizt@ing.uc3m.es

²Dpto. de Mecánica. Universidad Nacional de Educación a Distancia. albustos@ind.uned.es ³Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad Carlos III de Madrid. hrubio@ing.uc3m.es

⁴Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad Carlos III de Madrid. castejon@ing.uc3m.es

La evolución tecnológica hacia la automatización de procesos industriales y los avances en la interconectividad han dado lugar a lo que conocemos como Industria 4.0. Un área particularmente beneficiada por estos avances tecnológicos es el mantenimiento predictivo de máquinas, donde la implementación de técnicas de aprendizaje automático ha mejorado considerablemente el diagnóstico de la condición de las mismas. Esto es especialmente sensible en el sector ferroviario, donde el mantenimiento constituye una parte importante de los costes de operación. En el presente trabajo se estudiará la aplicación de técnicas de aprendizaje automático a señales vibratorias procedentes de un eje ferroviario testeado en un banco de ensayos mediante algoritmos de máquinas de soporte vectorial para la detección de fallos. Con el propósito de obtener un clasificador preciso se propone una selección de cualidades que consiste en una serie de análisis de sensibilidad con el propósito de determinar las mejores cualidades para la clasificación. La posterior optimización de hiperparámetros propuesta se constituye por una serie de análisis de sensibilidad para determinar los valores de cada parámetro del clasificador que generan clasificadores con mayor precisión. Por último, se estudiará el efecto de la localización de los sensores de los que provienen las señales vibratorias para determinar su configuración más adecuada.

Selección de patrones mediante WPT y clasificadores inteligentes para monitorización de componentes mecánicos rotativos

M. Zamorano¹, M. J. Gómez¹, C. Castejón¹

¹ Dpto. Ingeniería Mecánica, Universidad Carlos III de Madrid, Avda. Universidad 30, 28911, Leganés, Madrid, mazamora@ing.uc3m.es, mjggarci@ing.uc3m.es, castejon@ing.uc3m.es

La tendencia actual del mantenimiento dentro de la industria es evolucionar hacia el conocimiento del estado de las máquinas durante su funcionamiento (monitorización de estado). La automatización y digitalización de este proceso, con el fin de detectar defectos e incorporar técnicas basadas en tecnologías inteligentes, es lo que se conoce actualmente como mantenimiento 4.0. La selección de ciertos patrones identificadores de diferentes tipos de defecto permite llevar a cabo una monitorización continua basada en alarmas que notifiquen cuándo existe un defecto que necesita intervención para solucionarlo. De esta forma, se logra optimizar y digitalizar todo el proceso de mantenimiento. La selección de dichos patrones puede realizarse utilizando numerosos procedimientos, cada uno con sus ventajas e inconvenientes y dependiendo de la aplicación.

En este trabajo se propone un método para la selección de patrones para detectar algunos tipos de defectos en una determinada máquina rotativa. Para ello, se analizan señales vibratorias obtenidas durante el funcionamiento de la máquina con defectos conocidos: defectos en rodamientos (pista interna y pista externa), desequilibrio, fisuras en el eje y holgura en el acoplamiento. Se aplica la transformada en paquetes wavelet que permite, de manera sencilla e intuitiva, seleccionar los paquetes o rangos de frecuencia en los que la energía sufre cambios significativos con la presencia del defecto. Esta selección se hará en base a la maximización de las tasas de acierto de un sistema de clasificación inteligente basado en aprendizaje supervisado utilizando un modelo de máquinas de vectores soporte de tipo cuadrático. De este modo, se conseguirá caracterizar el comportamiento de la máquina en presencia de los defectos más comunes y, la monitorización de todos los patrones seleccionados hará posible la detección de un defecto de manera automática y rápida.

Predicción de señales vibratorias de ejes ferroviarios utilizando modelos de atención

A. Bravo¹, Alejandro Guerrero-López¹, Pablo M. Olmos¹, G. Dambrosio², María Jesús Gómez-García²

¹Dpto. de Teoría de la Señal y Comunicaciones. Universidad Carlos III de Madrid. pamartin@ing.uc3m.es

²Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad Carlos III de Madrid. mjggarci@ing.uc3m.es

En el marco de Industria 4.0, se observa un incremento en la digitalización y automatización de los procesos industriales. Dado que el mantenimiento de los elementos mecánicos es de vital importancia para la preservación de estos, el objetivo es desarrollar e implementar técnicas de monitorización en tiempo real para detectar defectos con suficiente antelación para evitar fallos. Concretamente en la industria ferroviaria, en el caso de los ejes, las técnicas basadas en la monitorización de estado no han sido implementadas con éxito. El principal cuello de botella para que esto ocurra es la falta de modelos suficientemente generalizados que puedan ser empleados para predecir el comportamiento de estos elementos mecánicos en diversas condiciones de funcionamiento.

En el presente trabajo, se busca predecir las señales de vibración de un eje ferroviario en diferentes condiciones de trabajo. Para lograr esto, se emplearán en primer lugar señales vibratorias experimentales obtenidas de un banco de ensayos de bogies, donde se ensayan diferentes conjuntos bajo diferentes condiciones de funcionamiento. Posteriormente, se utilizan las señales experimentales para que un modelo de atención sea capaz de predecir la señal vibratoria del eje girando a determinadas condiciones. Este modelo, basado en los Transformers (arquitecturas avanzadas de redes neuronales), ha sido denominado ShaftFormer, fusiona datos estáticos y secuenciales siguiendo la filosofía del Temporal Fusion Transformer. El modelo generado ha sido capaz de lograr una reconstrucción precisa de la señal experimental en todos los casos.

ChatGPT en el aula. Aplicación en ingeniería mecánica

J. Puig-Ortiz, R. Pàmies-Vilà, L. Jordi Nebot

Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universitat Politècnica de Catalunya. joan.puig@upc.edu; rosa.pamies@upc.edu
lluisa.jordi@upc.edu

La aparición de ChatGPT en noviembre de 2022 ha despertado el interés social en el uso de la Inteligencia Artificial. Se trata de una herramienta generativa con capacidad para crear contenido escrito altamente coherente y que se asemeja considerablemente a los textos creados por seres humanos. A pesar de no tratarse de una herramienta específica para el campo de la ingeniería, el uso de ChatGPT en el campo de la enseñanza y aprendizaje de la ingeniería mecánica ha ganado popularidad en los últimos tiempos. En este estudio, evaluamos la idoneidad de ChatGPT como apoyo al aprendizaje de Teoría de Máquinas y Mecanismos. El estudio ha involucrado a estudiantes a los que se ha pedido que interactúen con ChatGPT para obtener definiciones, aclaraciones, cálculos y razonamientos relacionados con la Ingeniería Mecánica.

Los resultados obtenidos muestran que la mayoría de los estudiantes están familiarizados con ChatGPT y lo han utilizado para encontrar respuestas a preguntas académicas o técnicas. También opinan que es fácil de usar y que abarca una amplia gama de temas. Sin embargo, señalan que las respuestas proporcionadas por ChatGPT no siempre son claras y a veces son ambiguas.

Uno de nuestros resultados muestra que la importancia del pensamiento crítico, las habilidades analíticas y las capacidades de toma de decisiones son claves para saber utilizar los resultados proporcionados por ChatGPT.

Si bien ChatGPT puede ser una ayuda valiosa para los estudiantes, mejorando su productividad y proporcionándoles información rápida no puede reemplazar su experiencia y habilidades.

Opinamos que se requieren más estudios para profundizar el potencial que ofrece ChatGPT en la educación y la práctica de la ingeniería.

La energía en el Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales y su relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

L. Jordi Nebot¹, P. Català Calderon¹, J. Puig-Ortiz¹, R. Pàmies-Vilà¹

¹Departamento de Ingeniería Mecánica, Universitat Politècnica de Catalunya, lluisa.jordi@upc.edu, pau.catala@upc.edu, joan.puig@upc.edu, rosa.pamies@upc.edu

La energía es el denominador común entre diferentes ramas de la física (mecánica, química, electricidad...) y el nexo de unión con otras ramas de conocimiento, tan diversas como la economía o el medio ambiente.

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son una iniciativa global liderada por las Naciones Unidas que involucra a la sociedad en general y a las universidades en particular. La energía es un tema central para la consecución de los ODS, ya que es un recurso fundamental para el desarrollo humano, pero también una fuente importante de emisiones de gases. En consecuencia, la forma en que se produce, se distribuye y se consume la energía puede tener un impacto significativo en la consecución de los ODS.

A nuestro interés sobre este tema, se añade el hecho del compromiso establecido por la Universitat Politècnica de Catalunya con los ODS. Por eso, en esta ponencia, se analiza cómo es tratado el tema de la energía en las asignaturas que forman el plan de estudios del Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales en la Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona.

De entre todos los objetivos de desarrollo sostenible, la energía está directamente relacionada con: el ODS7, cuyo objetivo es asegurar el acceso a energía asequible, fiable, sostenible y moderna; el ODS9 que busca promover la construcción de infraestructuras resilientes, sostenibles e inclusivas, es decir, desarrollar tecnologías de energía limpia, mejorar la eficiencia energética de las instalaciones e implementar soluciones de energía renovable; el ODS12 que pretende fomentar patrones de consumo y producción sostenibles, que en el ámbito industrial está directamente relacionado con la implementación de tecnologías de reciclaje y reutilización y la optimización de los recursos energéticos utilizados en los procesos; y el ODS13 que busca combatir el cambio climático y sus efectos negativos, objetivo relacionado con el desarrollo de tecnologías de energía limpia, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la implementación de soluciones de adaptación al cambio climático en la producción.

Para ello, investigamos en qué asignaturas del plan de estudios se trabajan, de una forma u otra, temas de física aplicada (conservación de la energía, termodinámica, transferencia de calor), de sistemas energéticos (generación, distribución y consumo), energías renovables (solar, eólica, hidráulica, geotérmica, biomasa), y los relacionamos con los ODS. Creemos que es importante identificar los ODS relacionados con la energía para promover que nuestros estudiantes sean capaces de desarrollar soluciones sostenibles y responsables en el uso de los recursos energéticos en la producción industrial. Todo ello, sin olvidar el ODS4 que pretende garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad, y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos.

Los resultados del estudio revelan que aún falta mucho camino para recorrer.

Metodologías didácticas activas para la consecución de las competencias marcadas en Ingeniería Mecánica

E. Soriano Heras¹, J.M. García Alonso², H. Rubio Alonso³

¹Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad Carlos III de Madrid. esoriano@ing.uc3m.es

²ETSIDI. Universidad Politécnica de Madrid. jesusmanuel.garcia@upm.es

³Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad Carlos III de Madrid. hrubio@ing.uc3m.es

En estos últimos cursos académicos, para desarrollar las competencias establecidas en los perfiles profesionales demandados por los mercados laborales internacionales de nuestros egresados, se han implementado una serie de metodologías didácticas activas.

Desde el curso académico 2011-2012, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial de la Universidad Politécnica de Madrid y en el Centro de Formación Profesional de Grado Superior Salesianos Atocha, se ha utilizado, la metodología didáctica denominada Aprendizaje Orientado a Proyectos (AOP) participando varias asignaturas, con la idea de partida, como se ha comentado anteriormente, de incrementar la calidad en la formación académica en de los estudiantes, para ello se buscaron proyectos del “mundo real” y, en la medida de lo posible, de Aprendizaje-Servicio (ApS), beneficiosos tanto para la comunidad donde se van a implementar, como para la consecución de las competencias definidas en los diferentes currículos. A lo largo de este tiempo se han ido observando algunas carencias en los conocimientos técnicos, por ello, los dos equipos de profesores se unieron para mejorar dichas lagunas, utilizando la metodología didáctica japonesa “Kounaikenshuu”, consistente en mejorar las unidades didácticas de cada una de las asignaturas participantes, así como la implementación de otras metodologías didácticas activas basadas en técnicas de digitalización 3D, fotogrametría y realidad aumentada.

En el presente trabajo, se ha realizado el seguimiento de uno de los proyectos, digitalización 3D de tornos paralelos modelos Cumbre 022 y Zubal C750, demandado por universidades africanas de: Botswana, Mozambique, Congo, etc. Aparte de la digitalización 3D, el diseño ha sido adaptado para la realidad aumentada, desarrollándose también cinco unidades didácticas, con diferentes grados de dificultad, en varios idiomas: portugués, francés e inglés.

La implementación de estas nuevas metodologías didácticas activas, lograron mejorar en los estudiantes su formación académica en las asignaturas de los diferentes niveles que participaron, los resultados fueron avalados asimismo por las encuestas de satisfacción realizadas a los diferentes colaboradores de los proyectos y a los estudiantes. A los docentes, la aplicación de estas metodologías les ocasionó un exceso de trabajo, debido al elevado número de estudiantes, pero una gran satisfacción y una mejora en sus competencias.

Aprendizaje activo de Diseño de Máquinas basado en casos de estudio y software didáctico propio

A. López Arrabal¹, A. Guzmán Bautista², E. Chacón Tanarro³, J. Echávarri Otero⁴

¹Dpto. de Ingeniería Mecánica: ETSII. Universidad Politécnica de Madrid. adrian.lopez.arrabal@upm.es

²Dpto. de Ingeniería Mecánica: ETSII. Universidad Politécnica de Madrid. alvaro.guzman.bautista@upm.es

³Dpto. de Ingeniería Mecánica: ETSII. Universidad Politécnica de Madrid. e.chacon@upm.es

⁴Dpto. de Ingeniería Mecánica: ETSII. Universidad Politécnica de Madrid. javier.echavarri@upm.es

Abstract: La transformación digital y la aparición de nuevas necesidades industriales como la integración de conocimientos multidisciplinares, el desarrollo sostenible y el uso de nuevas herramientas tecnológicas hacen necesaria la actualización de los modelos educativos para dar respuesta a las necesidades emergentes. Las nuevas tendencias que surgen dentro de la educación centran el aprendizaje de los estudiantes en su desarrollo personal y profesional y le acercan a la realidad de su futura carrera profesional. En este contexto, proponemos una experiencia de aprendizaje de diseño de máquinas basada en proyectos que acerca a los estudiantes a la complejidad de un modelo real. Esta experiencia se apoya en un software de desarrollo propio que conecta la teoría vista en el aula con la práctica y el mundo real sin alejar a los alumnos de los cálculos que deben realizar para estimar los factores de seguridad y la vida útil de una máquina industrial. El software se ha programado en MatLab App-Designer. Se han evaluado los efectos del progreso de los alumnos a lo largo del curso en varias categorías y se han comparado con su percepción previa sobre dichas categorías. Como resultado de esta encuesta, una cantidad mínima de las preguntas abordadas obtuvo un resultado no válido. Las que cumplieron los requisitos estadísticos mínimos se analizaron para mejorar la experiencia y obtener mejores prácticas de las que obtuvieron un resultado positivo.

Análisis cinemático y dinámico de levas mediante hojas de cálculo: ampliación y mejora

M. Pleguezuelos González¹, M. B. Sánchez Sánchez¹, J. I. Pedrero Moya¹, B. Ruiz Asensio¹

¹⁻⁴ Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad Nacional de Educación a Distancia - UNED, España.

mpleguezuelos@ind.uned.es, msanchez@ind.uned.es, jpedrero@ind.uned.es, bruiz206@alumno.uned.es

El presente artículo expone los avances alcanzados hasta la fecha e incorporados a una aplicación Excel para el análisis cinemático y dinámico de levas. Todo el trabajo se desarrolla en el contexto de una experiencia docente para la mejora en la docencia de elementos de máquinas, siendo el conjunto de tareas realizado por los estudiantes de la Escuela de Ingenieros Industriales de la UNED. Se trata de un proyecto colaborativo, abierto y continuamente ampliable y mejorable, desarrollado por los estudiantes de las asignaturas relacionadas, basado en la realización de una aplicación en Excel por su sencillez de manejo y capacidad de cálculo matricial.

Se plantean los cálculos para diversos tipos de levas, programas de movimiento y cinemática y dinámica del sistema. Igualmente se aborda el dimensionamiento atendiendo a restricciones geométricas como el ángulo de presión y radio de curvatura.

En esta ocasión se incorporan funciones geométricas tipo spline, así como sus derivadas 4ª y 5ª (ping y puff), se amplían los tipos de respuesta en velocidad o aceleración, se incluyen seguidores oscilantes, se mejora el análisis de alarmas y errores de advertencia al usuario, se aumenta el número máximo de segmentos para especificar un programa, se automatiza la selección de material y sus propiedades, se incorporan otros sistemas de unidades no S.I. o se conectan los resultados con trabajos similares dedicados al análisis de fatiga superficial, entre otras ampliaciones y mejoras.

Bicicleta eléctrica de radiocontrol como proyecto docente

P. Rubial¹, Á. Varela¹, E. Sobrino¹, U. Lugrís², E. Sanjurjo²

¹Universidade da Coruña. [p.rubialy, alvaro.varela2, e.scortes]@udc.es

²Laboratorio de Ingeniería Mecánica, Campus Industrial de Ferrol, CITENI, Universidade da Coruña. [urbano.lugris, emilio.sanjurjo]@udc.es

En un esfuerzo por incrementar la docencia práctica en la Escuela Politécnica de Ingeniería de Ferrol, desde el curso 2019/2020 se han añadido dos asignaturas optativas llamadas Proyecto Interdisciplinar I y II, una en cada cuatrimestre del 4º curso de los grados de ingeniería mecánica y de tecnologías industriales. Cada curso se propone un proyecto que los alumnos han de desarrollar. En la primera parte de la asignatura se hacen seminarios que les proporcionan a los estudiantes las bases teóricas específicas para cada proyecto, y se les pide que realicen una propuesta conceptual. En el segundo cuatrimestre, se trabaja sobre la propuesta conceptual para llevarla a práctica, ya sea un prototipo, o una maqueta funcional, dependiendo del proyecto a abordar en cada curso.

En concreto, durante el curso 2021/2022, el proyecto abordado fue el diseño y construcción de una bicicleta de radiocontrol. El punto de partida era una emisora de radiocontrol Futaba que ya estaba disponible de un proyecto previo, y una bicicleta eléctrica cedida durante el curso 2021/2022 por ciclos Roca, una tienda de bicicletas local. A partir de este material, la propuesta realizada a los alumnos era que diseñasen una bicicleta que se pudiese mantener en equilibrio de forma autónoma, y que se pudiese controlar su velocidad y trayectoria de forma remota mediante la emisora de radio. El mecanismo de equilibrado debía ser la dirección, que es el principal mecanismo de control que emplea un conductor humano cuando el vehículo está en movimiento, sin añadir volantes de inercia, ruedas giroscópicas, ni ningún tipo de elemento similar.

Influencia del radio del cortador en el comportamiento mecánico de transmisiones hipoides con alta relación de transmisión

Ignacio González Pérez¹, Alfonso Fuentes Aznar²

¹ Dpto. de Ingeniería Mecánica, Materiales y Fabricación, Universidad Politécnica de Cartagena, ignacio.gonzalez@upct.es

² Department of Mechanical Engineering, Rochester Institute of Technology, afeme@rit.edu

Las transmisiones de engranajes hipoides con alta relación de transmisión, típicamente entre 10:1 a 50:1, pueden representar una solución óptima a multitud de aplicaciones actuales. El diseño de las mismas debe responder a criterios de elevada fiabilidad, niveles bajos de ruido y vibración, y alta eficiencia. Uno de los aspectos claves en el diseño de estas transmisiones es la elección del radio del cortador ya que afecta a la determinación de los conos primitivos de ambos engranajes para unas mismas condiciones de relación de transmisión, ángulo y distancia entre ejes. El presente trabajo presenta un estudio de la influencia del radio del cortador en la evolución de la presión de contacto a lo largo del ciclo de engrane en este tipo de transmisiones. Esta presión es el principal parámetro representativo de la fiabilidad de la transmisión, pero no el único, ya que la sensibilidad del desplazamiento de la huella de contacto a los errores de alineación (como consecuencia de la deflexión de los ejes) también es importante. Se analiza además la potencia media perdida por fricción y la eficiencia media a lo largo del ciclo de engrane ante la variación del radio del cortador, utilizando para ello los resultados de análisis por el método de los elementos finitos para calcular las fuerzas tangenciales y las velocidades de deslizamiento en los nodos en contacto, en el modelo bajo carga. Los resultados muestran que la elección de un radio de cortador lo más bajo posible, pero siempre por encima del radio límite para evitar interferencias de tallado, dará lugar a los diseños con el desplazamiento de la huella de contacto menos sensible a los errores de alineación. Sin embargo, no son los diseños óptimos desde el punto de vista de la mínima presión de contacto y la máxima eficiencia. Un leve aumento del radio del cortador desde el radio límite puede ser beneficioso considerando estos dos últimos criterios.

Tensiones en el pie de acoplamientos dentados abombados que trabajan en aplicaciones con alta desalineación

A. Iñurritegui Marroquin¹, J. Larrañaga Amilibia¹, A. Arana Ostolaza¹, I. Ulacia Garmendia¹,
I. Berganzo Sampedro¹

¹Dpto. de Mecánica y Producción Industrial. Mondragon Unibertsitatea, Arrasate-Mondragón, España.
ainurritegui@mondragon.edu, jlarranaga@mondragon.edu, aarana@mondragon.edu, iulacia@mondragon.edu,
irenevalentina.berga@alumni.mondragon.edu

Los acoplamientos dentados abombados son componentes mecánicos para transmitir potencia entre ejes en rotación desalineados. Para poder absorber dichas desalineaciones y en especial, la desalineación angular, la geometría del diente se caracteriza por tener una gran cantidad de abombamiento longitudinal. Este abombamiento se genera realizando una trayectoria circular de la herramienta durante el proceso de fabricación. Sin embargo, debido al pequeño radio de la trayectoria es muy frecuente la aparición de secciones con interferencia de tallado en acoplamientos pequeños fabricados directamente sobre el eje.

Recientes trabajos, han demostrado que el número de dientes en contacto desciende drásticamente con desalineaciones altas, así como que la distribución de carga entre los dientes en contacto no es homogénea. Es por ello que el principal fallo de este tipo de componente es la rotura del pie del diente. Las normas para el diseño y dimensionamiento de acoplamientos dentados utilizados actualmente consideran el ángulo de desalineación para estimar el número de dientes en contacto y el ancho de cara que soporta la carga, sin embargo, solo hasta valores de desalineación inferiores a 1.5°. Cuando se trata de desalineaciones por encima de los 3°, las normas consideran dichas aplicaciones como especiales y no existen guías de diseño ni de predicción de tensiones.

En el presente trabajo, se propone un procedimiento para determinar la evolución de las tensiones en el pie de acoplamientos dentados abombados para optimizar un diseño utilizado en una aplicación con gran desalineación angular. Para ello, se utilizan modelos analíticos para la generación de la geometría y modelos de elementos finitos para el cálculo de las tensiones en el pie. Asimismo, estos valores se validan experimentalmente en un banco de ensayos diseñado para tal fin. Dichos resultados correlan con los modelos numéricos, demostrando así que el método propuesto es adecuado para acoplamientos abombados que trabajan con desalineaciones angulares altas. Asimismo, se observa que el diseño optimizado propuesto reduce un 50% las tensiones en el pie.

Caracterización de reductora wolfrom con sistema antijuego de actuador rotatorio espacial

Pablo Riera^{1,3}, Ekain San José², Jon Ander Egaña², Luis Maria Macareno³, Josu Aguirrebeitia³

¹ Departamento de Sistemas Electromecánicos, Sener Aeroespacial, pablo.riera@aeroespacial.sener

² Departamento de Investigación y Desarrollo, Egile Aero Transmissions, ekain.sanjose@egile.es, jonander.egana@egile.es

³ Departamento de ingeniería Mecánica, UPV/EHU, luismaria.macareno@ehu.eus, josu.aguirrebeitia@ehu.eus

En los actuadores rotatorios utilizados para accionar los mecanismos espaciales, se emplean distintos tipos de reductoras. Estas reductoras se basan principalmente en trenes de engranajes simples, compuestos, orbitales y flexibles, que posibilitan un gran número de soluciones para cada misión. Las misiones pueden ser muy diferentes, pero tanto el peso como la precisión son factores determinantes. En los sistemas de engranajes no flexibles la precisión en el eje de salida se ve afectada principalmente por el juego existente entre dientes. Se ha desarrollado un demostrador de una reductora “wolfrom” con engranajes de dientes rectos y helicoidales a los que se dota de una precarga elástica para eliminar por completo el juego entre dientes. Esta es una alternativa compacta de eliminación de juego muy apropiada para actuadores espaciales debido a sus reducidas dimensiones. La reductora se ha diseñado con capacidad de operar desde el sol y desde el portaplanetas, aportando unas relaciones de reducción de 206.4 y 57.3 respectivamente. Para verificar la validez del sistema, se ha elaborado un prototipo con un juego superior a una vuelta a nivel de sol cuando el sistema se encuentra sin precarga. Se presenta el funcionamiento de este tipo de arquitecturas y los ensayos realizados que muestran la validez de la solución empleada.

Circuitos y ramas en las curvas de acoplador de un cuadrilátero articulado rígido-flexible actuado por un tendón continuo

A. Hernández¹, A. Muñozerro², M. Urizar¹, O. Altuzarra¹

¹Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad del País Vasco UPV/EHU. Escuela de Ingeniería de Bilbao

²ITP Aero – Zamudio, Bizkaia.

a.hernandez@ehu.eus; aitormuba@gmail.com; monica.urizar@ehu.eus; oscar.altuzarra@ehu.eus

A diferencia de los mecanismos de eslabones rígidos, los mecanismos deformables requieren, además de la geometría de sus componentes, las leyes de deformación de los mismos para definir su configuración. Esto hace que la obtención de soluciones en forma cerrada de problemas cinemáticos clásicos sea una tarea difícil. Una variante de estos mecanismos emplea barras actuadas por tendones. Una simplificación de estos tendones consiste en asumir constante su curvatura. En este artículo se utiliza una barra actuada de este tipo, sustituyendo como elemento de entrada a la manivela de un cuadrilátero articulado de elementos rígidos. En el mecanismo resultante, se estudian la geometría de las curvas generadas por un punto del acoplador, lo cual constituye el objeto fundamental de este trabajo. En primer lugar, se analiza la composición de las curvas de acoplador en circuitos, y dentro de los circuitos la existencia de una o más ramas. Existen diferencias fundamentales en comparación con el cuadrilátero de barras rígidas. De hecho, aparecen circuitos “abiertos”, trayectorias con más de dos circuitos y no existen circuitos (cerrados) con una sola rama. Una posible aplicación de este conocimiento sería la inclusión del mismo en un algoritmo de optimización para la síntesis dimensional de generación de trayectorias.

Modelización eficiente del comportamiento estructural de rodamientos de rodillos cónicos mediante elementos finitos

M. Eizmendi Saiz¹, I. Heras Miguel¹, J. Aguirrebeitia Celaya¹, M. Abasolo Bilbao¹

¹ Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad del País Vasco (UPV/EHU),
martin.eizmendi@ehu.eus, iker.heras@ehu.eus, josu.aguirrebeitia@ehu.eus, mikel.abasolo@ehu.eus

Los rodamientos de rodillos cónicos (en adelante TRB's, del inglés Tapered Roller Bearings) se emplean en múltiples aplicaciones industriales y su principal característica es su capacidad para soportar cargas radiales y/o axiales de gran magnitud debido a la geometría cónica de los componentes que lo conforman. En este trabajo se propone un modelo eficiente para realizar el análisis estructural de los hombros del anillo interior de TRBs de una sola hilera, para llevar posteriormente a cabo su análisis de fatiga, dado que éste puede llegar a ser un posible modo de fallo bajo ciertas condiciones. El análisis estructural consiste en calcular el estado tensional variable de los puntos críticos de los hombros, para lo cual se presenta el modelo de elementos finitos que permite obtener estos resultados con una precisión suficiente y un bajo coste computacional. Se estudian así diferentes aspectos como la definición de los contactos rodillo-pista, la consideración del eje con su ajuste correspondiente o el modo de aplicación de la carga. A partir del estado tensional variable calculado y de las propiedades del material, los hombros del anillo interior se analizan a vida infinita según diferentes criterios de fatiga multiaxial.

Diseño de utillaje para ensayos de caracterización mecánica de nuevos materiales FRCM

J. López-Rebollo¹, J. Pisonero¹, R. García-Martín², D. González-Aguilera¹

¹Dpto. de Ingeniería Cartográfica y del Terreno. Escuela Politécnica Superior de Ávila. Universidad de Salamanca. jorge_lopez@usal.es; j_pisonero@usal.es; daguilera@usal.es

²Dpto. de Ingeniería Mecánica. Escuela Politécnica Superior de Zamora. Universidad de Salamanca. toles@usal.es;

El avance en los procesos de fabricación y nuevos materiales compuestos ha propiciado su combinación con otros materiales convencionales como los morteros u hormigones. Estos materiales, conocidos como Matrices Cementosas Reforzadas con Fibras (FRCM), buscan alcanzar las mejores propiedades con el fin de cubrir necesidades específicas y suplir las carencias de los materiales tradicionales. La alta variabilidad de compuestos y los múltiples factores que influyen en su fabricación provocan un marcado comportamiento heterogéneo que dificulta su caracterización mecánica. En este sentido, su caracterización requiere desarrollar nuevas técnicas y procedimientos de ensayo los cuales no se encuentran normalizados, por lo que es complejo encontrar equipamientos que se adapten a las diversas geometrías y parámetros. Además, la implementación de nuevas técnicas implica nuevas restricciones, como es el caso de la caracterización sin contacto mediante la técnica de Correlación Digital de Imágenes (DIC), la cual precisa que la superficie de las probetas se encuentre libre de obstáculos y pueda ser monitorizada a distancia.

Esta investigación, por una parte, trata de encontrar el diseño geométrico más adecuado de las probetas destinadas a la obtención de sus propiedades mecánicas. A pesar de que los ensayos de tracción de FRCM cuentan con recomendaciones para su realización, no existe una normativa de uso extendido. En este sentido, se busca unificar los criterios y establecer una geometría que permita la implementación de útiles para realizar estos ensayos garantizando la reproducibilidad y repetibilidad en condiciones estandarizadas.

Por otro lado, al mismo tiempo se busca satisfacer las necesidades en lo relativo al diseño mecánico de las probetas y los instrumentos de ensayo. La amplia variabilidad de estos materiales provoca la existencia de probetas de espesores y comportamientos muy diversos. Por ello, tanto las piezas como las sujeciones han de adecuarse a las sollicitaciones y esfuerzos a los que son sometidos durante estos ensayos. El empleo de sistemas de garras diseñados ad-hoc basados en la implementación de mejoras sobre mordazas tradicionales, permite evitar efectos no deseables como esfuerzos de torsión o pretensados que dañen la probeta alterando así su comportamiento.

Este trabajo tiene por objeto el diseño y la fabricación de utillaje adaptado a los ensayos de caracterización mecánica de FRCM. La posibilidad de disponer de este tipo de útiles de carácter modular y personalizable permitirá no solo el acceso a estos nuevos y complejos materiales, sino que también permitirá llevar a cabo una actualización sencilla y económica del parque de maquinaria más envejecido y anticuado permitiendo ampliar la vida útil de los equipos, así como integrar estos equipos a los nuevos procesos industriales.

Análisis cuantitativo de la actividad cerebral para determinar la maduración cerebral de los recién nacidos

Albert Fabregat-Sanjuan¹, Francisco Vingut-Escandell^{1,2}, Ángel Rodríguez-Ballabriga¹, Agnès Rigo-Vidal³, Susana Larrosa-Capaces³, Rosa Pàmies-Vilà², Vicenç Pascual-Rubio³

¹ FUNCMAT, Departamento de Ingeniería Mecánica, Universitat Rovira i Virgili, España. a.fabregat@urv.cat, francisco.vingut@fundacio.urv.cat

² BIOMECH, Departamento de Ingeniería Mecánica, Universitat Politècnica de Catalunya, España. rosa.pamies@upc.edu

³ NEUROEPIA, Institut d'Investigació Sanitària Pere Virgili. Departamento de Neurofisiología Clínica, Hospital Sant Joan de Reus, España. agnes.rigo@iispv.cat, vicenc.pascual@salutsantjoan.cat

El nivel de maduración cerebral en neonatos prematuros se puede determinar analizando los gráficos de la electroencefalografía integrada por amplitud (aEEG) siguiendo la escala de maduración del trazado propuesto por Burdjalov. Se trata de una técnica extendida y aceptada en la práctica médica pero que puede ser inexacta ya que se realiza por medio de la inspección visual del registro y, en algunos parámetros, puede depender de criterios subjetivos del clínico que realiza la evaluación. El objetivo de este estudio es explorar un nuevo método de puntuación que resuelva las inexactitudes de Burdjalov y facilite la correcta determinación de la madurez cerebral en recién nacidos ingresados en la Unidad de Cuidados Intensivos Neonatal (UCIN). Para ello, este trabajo recoge un estado del arte para poner de manifiesto las fronteras del conocimiento relativas a las técnicas electrofisiológicas de determinación de la madurez cerebral. Posteriormente, se utilizan registros reales de aEEG de neonatos neurológicamente sanos y se identifican características específicas del trazado aEEG asociadas con el desarrollo y la maduración del cerebro. Se parte de la escala propuesta por Burdjalov, basada en parte en la interpretación visual de la aEEG, y se utilizan técnicas de análisis de procesamiento de señal para proponer una versión modificada de la escala de Burdjalov que permita una menor subjetividad por parte del personal clínico en la puntuación de la escala, mediante un análisis cuantitativo automatizado. Se compara la puntuación de cada apartado de la escala de Burdjalov automatizada con los resultados dados por los clínicos sobre la misma señal aEEG para poder determinar la divergencia, y poder ajustar los valores de los atributos estudiados en el análisis de procesamiento de la señal. Los resultados demuestran que hay dos parámetros de la puntuación de Burdjalov que obtienen la misma puntuación entre los diferentes clínicos, pero los otros dos apartados muestran grandes diferencias. En los apartados donde se muestra una mayor variabilidad de resultados es donde la automatización de la puntuación permite unos resultados menos dependientes del personal clínico y más reproducibles. Este trabajo ha permitido confirmar la variabilidad de la puntuación de Burdjalov y ha permitido elaborar un algoritmo de puntuación que mejora la puntuación respecto al proceso visual de los clínicos. No obstante, se requiere una ampliación del trabajo con mayor número de registros y de clínicos para afinar el algoritmo de cálculo y corroborar los resultados de esta investigación.

Diseño y materialización de mecanismos de barras planos reconfigurables en sus inversiones cinemáticas

E. E. Zayas Figueras¹, L. Jordi Nebot¹, D. Ponsa Banús¹, R. Pérez Rodríguez², J. Puig-Ortiz¹

¹Departamento de Ingeniería Mecánica, Universitat Politècnica de Catalunya, enrique.zayas@upc.edu, lluisa.jordi@upc.edu, joan.puig@upc.edu

²Centro de Estudios CAD/CAM. Universidad de Holguín. roberto.perez@uho.edu.cu

Este trabajo expone el diseño modular y la materialización de maquetas de los mecanismos de barras planos más comunes: cuadrilátero articulado y pistón-biela. Se aplican soluciones de diseño creativas y factibles de materializar a bajo coste, mediante procesos de impresión 3D por modelación de deposición fundida y de mecanizado de madera.

Los diseños modulares propuestos permiten obtener las cuatro inversiones cinemáticas de los mecanismos, utilizando la misma bancada. Estos diseños facilitan utilizar módulos de accionamiento manual o con motores paso a paso. Para la modelización de los sólidos y de los ensamblajes, así como para la simulación virtual del funcionamiento de cada mecanismo, se ha utilizado el programa SolidWorks y su módulo Motion. La esquematización de los mecanismos se ha realizado con Adobe Illustrator. El control del funcionamiento de las maquetas motorizadas se realiza con una tarjeta de control BigEasyDriver y una placa Arduino UNO.

Las maquetas se utilizan como recurso didáctico de apoyo a la docencia de la asignatura Teoría de Máquinas y Mecanismos impartida en el Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales (GETI) de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona (ETSEIB). Los diseños presentados surgen como parte del resultado del trabajo de fin de grado de uno de los autores.

El molde de inyección bajo una perspectiva docente en Ingeniería Mecánica

J. Aisa¹, D. Mercado, A. Martínez, F. Serraller, F. J. Castany

¹Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad de Zaragoza. tiip@unizar.es

El diseño y desarrollo de componentes de plástico inyectado es una actividad de marcado carácter técnico e industrial, ampliamente extendida en diferentes sectores (automoción, línea blanca, construcción, juguetes, etc.). Como tal, ofrece un excelente campo de aprendizaje para los estudiantes del ámbito mecánico. Una observación más detallada permite observar su carácter poliédrico, integrando diseño mecánico, conceptos de resistencia de materiales, fabricación, transferencia de calor, cinemática y, por supuesto, aspectos de mecánica de fluidos.

Desde la experiencia de los docentes integrados en el Taller de Inyección de la Industria de los Plásticos de la Universidad de Zaragoza, el molde permite, en un nivel de últimos cursos de grado o postgrado, presentar a los estudiantes cómo se deben adoptar soluciones de compromiso, siempre de carácter técnico, pero también económico. En la comunicación se comentan diferentes ejemplos utilizados en la actividad docente del grupo: realización de contrasalidas, cuestiones relativas a la resistencia mecánica de elementos de moldes, análisis reológicos, ... El objetivo será reducir a modelos sencillos cuestiones mecánicas concretas, pero llevándolas a su importancia tecnológica.

Se espera con ello facilitar a los docentes en Ingeniería Mecánica ejemplos industriales para ampliar el abanico clásico en cada campo de conocimiento, tratando al tiempo de romper la especialización que cada vez más parece extenderse en la formación de los futuros ingenieros, y recogiendo parte de conocimiento atesorado en más de treinta años de actividad de I+D+i.

Contenur – T.I.I.P.: veinte años de colaboración empresa - universidad

J. Aisa ¹, I. Querejeta ², R. Lafuente ², F. J. Castany ¹

¹Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad de Zaragoza, tiip@unizar.es

²Contenur, Getafe (Madrid), contenur@contenur.es

La transferencia de resultados es una de las funciones encomendadas a las instituciones universitarias. Se presenta en esta comunicación un caso que puede considerarse de éxito, tras más de veinte años de colaboración entre el Taller de Inyección de la Industria de los Plásticos de la Universidad de Zaragoza (T.I.I.P.) y la empresa Contenur, afincada en Getafe. A lo largo de este periodo, la empresa ha fortalecido sus líneas de producto, instalaciones, capacidades y ha pasado de ser un actor secundario en el mercado europeo a competir abiertamente en todo el mundo con cualquier otro fabricante en su sector. Pero al tiempo, la colaboración sinérgica entre los profesionales de la empresa y el personal docente e investigador ha permitido retener un conocimiento profundo de la realidad industrial que realimenta a los nuevos estudiantes en los ámbitos de diseño, fabricación e ingeniería mecánica en la Universidad de Zaragoza.

Los sucesivos equipos que han ido encadenándose desde mediados de 1999 han obtenido dos grandes logros: en el plano humano, formación y capacitación para más de treinta estudiantes de diferentes ramas técnicas que han trabajado en proyectos industriales reales y defendido sus trabajos fin de estudios incrementando su cualificación; por el lado técnico se han diseñado los contenedores más grandes en plástico inyectado del mercado, referencia durante años en el sector. Algunos de estos resultados han sido presentados en congresos internacionales y comunicaciones técnicas, por su singularidad.

Desde un plano técnico, se indican algunos elementos clave en el desarrollo de los sucesivos proyectos que se han llevado a cabo en este tiempo, que podríamos decir se apoyan en los clásicos dentro del cronograma de un proyecto con materiales plásticos para inyección, con las particularidades derivadas del tamaño de las piezas consideradas. Se indican además algunas consideraciones de los autores de carácter personal sobre la siempre en cuestión relación entre universidad y empresa, desde el difícil equilibrio entre lo mejor y lo bueno de ambos mundos.

Comportamiento en cavitación de sistemas aleados base cobre: caso particular de los bronce NAB y MAB

M.V. Biezma-Moraleda¹, L. Merino Galván¹, P. Linhardt²

¹Dpto. de Ciencia e Ingeniería del Terreno y de los Materiales. Universidad Cantabria. e-mail:biezmav@unican.es

¹Dpto. de Ciencia e Ingeniería del Terreno y de los Materiales. Universidad Cantabria. e-mail:lourdes.merino@alumnos.unican.es

²Institute of Chemical Technologies and Analytics, Technische Universität Wien, Austria; e-mail: paul.linhardt@tuwien.ac.at

Los bronce al níquel y aluminio, NAB, (Nickel Aluminium Bronze) y al manganeso y aluminio, MAB, (Manganese Aluminium Bronze) son extensamente empleados en donde se exija a los componentes, hélices navales, rodetes, válvulas, etc. elevada resistencia mecánica, así como a procesos de corrosión, en particular en ambientes hostiles, como es el medio marino. En dichas prestaciones, el material está sometido a situaciones críticas de desgaste, fundamentalmente debido a la cavitación, provocándose una erosión superficial del material. En el presente trabajo se ha estudiado el comportamiento en cavitación de bronce de elevada aleación, NAB y MAB, empleando un baño de ultrasonidos de 40kHz, cuyos transductores generan las frecuencias para promover la implosión de las burbujas de gas sobre los materiales. Se realizó un análisis meticuloso tanto macro como microestructural, con apoyo de análisis mediante energías dispersivas tras someter a los materiales a procesos de cavitación durante 90 minutos en agua de mar de la Bahía de Santander.

El MAB presenta un desprendimiento y erosión de las fases intermetálicas, fase κ , con forma de pétalo, rica en Fe y Mn experimentando, a su vez, corrosión selectiva de la fase beta, lo que impide una regeneración de la capa protectora. El comportamiento del NAB es diferente, pues en la microestructura hay numerosas fases κ de distintas estequiometrías, tamaños y formas con mayor energía interfacial con la matriz de fase alfa, rica en cobre, lo que dificulta su erosión en procesos de cavitación. Asimismo, y dado su mayor contenido en níquel, regenera su capa protectora. De esta forma se puede concluir que existe una gran sinergia entre la microestructura del material y su respuesta a cavitación y a corrosión-cavitación, siendo la distribución, dureza y composición química de las fases o compuestos intermetálicos los que condicionan, en gran medida, dicho comportamiento.

Procedimiento para la optimización de propiedades de elastómeros impresos en 3D

A. Pascual Martínez¹, S. Íñiguez Macedo¹, R. Lostado Lorza², M. Corral Bobadilla², F. Somovilla Gómez²,
C. Sabando Fraile² S. Ruiz González

¹ Departamento de Fabricación Inteligente, Centro Tecnológico del Calzado de La Rioja (España), apascual@ctcr.es,
siniguez@ctcr.es

² Departamento de Ingeniería mecánica, Universidad de La Rioja (España), ruben.lostado@unirioja.es,
marina.corral@unirioja.es, fatima.somovilla@unirioja.es, celia.sabando@unirioja.es sergio.ruizg@alum.unirioja.es

Tradicionalmente, las ortesis plantares utilizadas en podología son elaboradas en base a la experiencia de los especialistas. En la actualidad, existen técnicas de simulación que permiten obtener componentes que, de un modo objetivo, respondan a las necesidades de los pacientes. Sin embargo, para la determinación del funcionamiento de los componentes, es necesario caracterizar el comportamiento de los materiales utilizados en su construcción. El creciente auge de las tecnologías de impresión 3D ha permitido que los profesionales puedan obtener componentes finales rápidamente, sin necesidad de laboriosos procesos de montaje, lo cual añade un componente extra de dificultad en la caracterización, el tipo de patrón y el porcentaje de relleno.

En este artículo, tres elastómeros imprimibles son estudiados mediante su impresión, tanto a nivel sólido como con distintos patrones y porcentajes de relleno. El comportamiento de cada una de las configuraciones es caracterizado de forma que se obtienen los parámetros representativos de las funciones de energía de Mooney-Rivlin, Arruda-Boyce, Ogden y Gent. Una vez caracterizados, se realiza una validación mediante la simulación por elementos finitos de los patrones impresos, asignando en cada caso las propiedades del elastómero.

Tras el estudio se determinan los parámetros de comportamiento más adecuados en cada caso. Se verifica la posibilidad de considerar, para un rango acotado de deformación, que el comportamiento de un material impreso con un determinado patrón y porcentaje de relleno sigue la respuesta de un material sólido con los parámetros adecuados. El uso de este tipo de ajuste permitirá la aceleración del proceso de cálculo y diseño, eliminando la necesidad de replicar geometrías complejas y definición de contactos mecánicos a la hora de simular.

Mejora mecánica de piezas impresas en 3D a través de tratamientos térmicos

R. Jerez-Mesa¹, B. Adrover-Monserrat², J.A. Travieso-Rodríguez³, J. Llumà⁴, W. Crupano⁵

¹ Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universitat Politècnica de Catalunya, ramon.jerez@upc.edu

² Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universitat Politècnica de Catalunya, barbara.adrover@upc.edu

³ Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universitat Politècnica de Catalunya, antonio.travieso@upc.edu

⁴ Dpto. de Ciencia e Ingeniería de Materiales. Universitat Politècnica de Catalunya, jordi.lluma@upc.edu

⁵ Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universitat Politècnica de Catalunya, walter.crupano@upc.edu

La finalidad de esta contribución es la de mostrar los resultados obtenidos a partir de un estudio experimental donde se evalúa a modo de estudio preliminar el efecto de diferentes tratamientos térmicos en las propiedades mecánicas de piezas fabricadas en ácido poliláctico (PLA) mediante la tecnología de Extrusión de Material. Para salvar la alta anisotropía típica en este tipo de materiales así procesados, se busca saber si puede existir una mejora sustancial de las propiedades en las direcciones de impresión menos favorables sin perder estabilidad dimensional después de haber realizado dichos tratamientos.

Para evaluar las propiedades mecánicas se llevaron a cabo ensayos de flexión a 4 puntos de probetas impresas con un conjunto fijo de parámetros de impresión y normalizadas según la norma ISO 14125. Una vez fabricadas, fueron tratadas térmicamente a 120°C durante rangos diferentes de 1 a 32 h de permanencia en un horno. Se consideraron tres medios diferentes para dichos tratamientos, a saber: aire, chamota y arcilla; todo con el fin de evaluar durante cuánto tiempo y qué medio es el adecuado para maximizar las propiedades mecánicas de las probetas. En una segunda fase experimental, se escogió la arcilla como mejor medio para llevar a cabo los tratamientos térmicos, y se midieron la geometría y propiedades mecánicas de diferentes piezas sometidas a tratamientos térmicos con diferentes temperaturas de exposición.

Tras todos los tratamientos térmicos efectuados, las muestras sufrieron una contracción en su longitud y su ancho, y una expansión en su espesor, lo que, a efectos de propiedades mecánicas macro se manifestaron en un aumento de la rigidez a través de un aumento del módulo elástico de las probetas y un descenso en su deformación máxima a flexión. Concretamente, en la mejor condición ensayada (tratamiento térmico en arcilla durante 32 h), se consiguió un módulo elástico de 3,32 GPa, en comparación a los 2,91 GPa que mostraban las probetas sin tratar térmicamente.

Procedimiento para la caracterización probabilística de los parámetros intrínsecos de cámaras

Ramón Alberto Gutiérrez Moizant¹, María Jesús López Boada¹, María Ramírez Berasategui¹,
Abdulla Al Kaff², Fernando García Fernández²,

¹Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad Carlos III de Madrid, España. mjboada@ing.uc3m.es,
ragutier@ing.uc3m.es, mrami@ing.uc3m.es

²Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática. Universidad Carlos III de Madrid, España. akaff@ing.uc3m.es,
fegarcia@ing.uc3m.es

Los sistemas de conducción autónomos requieren la detección precisa de obstáculos, debido a que afectan a la toma de decisiones de los sistemas de control del vehículo. La modelización de la incertidumbre es una forma eficaz de verificar el nivel de fiabilidad de los sistemas de percepción. Las cámaras CCD son uno de los sensores comúnmente utilizados en los sistemas de percepción del vehículo autónomo. Para la reconstrucción de la información geométrica del objeto captado por la cámara, es necesario determinar la relación entre el punto espacial y el píxel de la imagen captada. Para ello, es necesario calibrar la cámara. Generalmente, las cámaras se calibran teniendo en cuenta no sólo los parámetros internos, sino también la distorsión de la lente. Existen diversos métodos de calibración, basados en técnicas de optimización lineales o no lineales, cuyo objetivo es encontrar la mejor estimación de los parámetros de la cámara. Sin embargo, desde el punto de vista estadístico, la mejor estimación no es única, sino que es de naturaleza estocástica. Dado que los valores de los parámetros de la cámara se utilizan en la reconstrucción 3D de la imagen, es necesario cuantificar el error inherente a las estimaciones de los parámetros. De esta manera, es posible utilizar la incertidumbre de los parámetros de la cámara para verificar la precisión de los sistemas de percepción del vehículo autónomo. En la actualidad, el método más comúnmente utilizado para la estimación de los parámetros de la cámara es el propuesto por Zhang. Con este método, se necesitan al menos 2 imágenes de distintas poses de un tablero de ajedrez. Sin embargo, se ha demostrado que los resultados de la calibración con este método son sensibles a la secuencia de imágenes utilizadas para tal fin. En el presente trabajo se utiliza la calibración bayesiana para la verificación de la precisión de los parámetros intrínsecos y extrínsecos del modelo propuesto por Zhang.

Diseño y caracterización de simulador solar low-cost para monitorización termomecánica de materiales

J. López-Rebollo¹, A. Molada-Tebar¹, S. Del Pozo¹

¹ Dpto. de Ingeniería Cartográfica y del Terreno. Escuela Politécnica Superior de Ávila. Universidad de Salamanca.
jorge_lopez@usal.es; admote@usal.es; s.p.aguilera@usal.es

En este estudio, se presenta un enfoque que abarca el diseño, fabricación y caracterización lumínica de un simulador solar low-cost compuesto por lámparas de halogenuro metálico. El objetivo principal de este dispositivo es investigar el comportamiento termomecánico de materiales de sectores como la industria y la construcción. En primer lugar, se realizó un exhaustivo análisis de la estabilidad lumínica de las lámparas utilizadas, así como de su disposición geométrica dentro del simulador solar, con el fin de lograr la mejor configuración que permita concentrar la radiación emitida por las luminarias en la muestra de interés. A continuación, se llevaron a cabo diversos análisis para caracterizar lumínicamente el simulador solar. Mediante el uso de un espectrofotómetro, se obtuvieron datos precisos sobre la temperatura de color correlacionada (CCT) y la distribución de potencia espectral (SPD) de la fuente de luz del dispositivo. Estos resultados proporcionan información valiosa para evaluar la calidad de la iluminación generada, así como su capacidad de emular la radiación solar natural. Como resultados, la configuración óptima del simulador se logró empleando la combinación de tres lámparas de halogenuro metálico, configuración para la que se alcanzó mayor estabilidad y rendimiento de la fuente de luz. Además, el análisis llevado a cabo de su distribución espacial permitió determinar la ubicación óptima de la muestra de material a ser ensayada para aprovechar el máximo rendimiento de la potencia de luz emitida por el simulador solar.

Modelo FEM para minimizar el error geométrico en el curvado de grandes chapas

A. Gil Del Val ^{1,2}, T. Dhawale ¹, M. Penalva ¹, F. Veiga ³

¹TECNALIA, Basque Research and Technology Alliance (BRTA), Donostia-San Sebastián 20009, Spain.

trunaldhawale@gmail.com; mariluz.penalva@tecnalia.com; alain.gil@tecnalia.com;

²International University of La Rioja UNIR, Logroño 26006, Spain. alain.gildelval@unir.net

³Departamento de Ingeniería, Universidad Pública de Navarra, Pamplona 31006. fernando.veiga@unavarra.es;

Minimizar el error geométrico en el curvado de grandes chapas es un problema todavía sin resolver en la industria. Esta operación industrial se caracteriza por ciclos largos y lotes de tamaño pequeño. Además de tiempos de ciclo largos, el proceso tiene una amplia gama de dimensiones y materiales. Estos rasgos de la operación hacen inasequible la experimentación real para la extracción de datos y el control de los parámetros del proceso industrial. Para obtener una información del proceso, se utilizan modelos por elementos finitos que simulan las operaciones industriales con un menor coste experimental. Por tanto, el objetivo de esta investigación es desarrollar un modelo inteligente de elementos finitos que sea capaz informar al operario del rango de trabajo de los parámetros principales para minimizar el error geométrico en el curvado de grandes chapas. El error geométrico medio de curvatura es de 0,97% y cumple con el requisito industrial de conseguir dicho curvado con una deformación plástica equivalente mínima. Por tanto, los resultados son prometedores de cara a automatizar el proceso industrial.

Metodología de diseño y fabricación personalizada de férulas ortopédicas mediante fabricación aditiva de bajo coste

P. Bordón¹, A. Cuadrado¹, R. Paz¹, A. Navarro-González¹, M. Monzón¹, Y. Rivero¹, J. García-Montagut¹, Alejandro Yáñez¹, J. Ruiz-Alzola²

¹ Dpto. de Ingeniería Mecánica, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, pablo.bordon@ulpgc.es, alberto.cuadrado@ulpgc.es, alvaro.navarro103@alu.ulpgc.es, mario.monzon@ulpgc.es, yamilet.rivero@ulpgc.es, joshua.garcia@ulpgc.es, alejandro.yanez@ulpgc.es

² Instituto Universitario de Investigaciones Biomédicas y Sanitarias, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. juan.ruiz@ulpgc.es

Las férulas ortopédicas constituyen una de las herramientas de inmovilización de miembros corporales más extendidas y efectivas para la recuperación ósea tras una rotura, cirugía quirúrgica o incluso recuperación post-traumática sin fisuración. Entre las diferentes opciones disponibles en el sector médico se encuentran fundamentalmente las férulas rígidas y desechables, fabricadas mediante compuestos de yeso, y férulas no desechables pero desmontables, generalmente fabricadas mediante componentes metálicos y poliméricos. La primera tipología dispone de ventajas como el bajo coste de elaboración o la rápida implementación. Sin embargo, implican un elevado peso, mínima transpirabilidad, o limitado acceso al interior, así como la necesidad de revisión y extracción por servicio médico, siendo molestas durante el transcurso de su utilización. En cuanto a las férulas desmontables, alternativas con similar efectividad, permiten su desmontaje puntual, mejorar la transpirabilidad y su manejo diario, aunque los costes son más elevados y disponen de una adaptación al miembro más limitada.

Este trabajo presenta el desarrollo de férulas ortopédicas más ligeras, transpirables, desmontables y personalizadas a cada paciente, a un coste y tiempo de fabricación razonables. Para ello, se propone una metodología sistemática de escaneo de bajo coste del miembro a inmovilizar, diseño digital mediante un procedimiento fácilmente accesible y ágil, y su final producción mediante fabricación aditiva MEX, cumpliendo los requisitos mecánicos de inmovilización y rigidez mecánica requeridos en base a simulaciones por elementos finitos. Esta propuesta se plantea como una alternativa para la producción de férulas con mejores prestaciones que las convencionales mediante tecnologías de fabricación aditiva accesibles y de bajo coste.

Cómo evitar electrocutarse en vehículos eléctricos

**E. Velasco-Sánchez¹, D. Clar-García¹, A. Navarro-Arcas¹, H. Campello-Vicente¹, F.J. Simón-Portillo¹,
O. Cuadrado-Sempere¹**

*¹ Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería de Elche, I3E. Universidad Miguel Hernández de Elche.
emilio.velasco@umh.es, dclar@umh.es, abel.navarro@umh.es, hcampello@umh.es, f.simon@umh.es, ocuadrado@umh.es*

Es previsible que el parque de vehículos híbridos y eléctricos aumente de forma exponencial en los próximos años. La energía que se gestiona en los sistemas de tracción eléctrica es considerablemente elevada y los fabricantes nos garantizan la seguridad de la instalación del vehículo. Pero, ¿qué pasará cuando el vehículo envejezca?, ¿tenemos que confiar en el adecuado mantenimiento por parte del usuario?, seguramente eso no es suficiente. Es la inspección periódica en ITV la que debe garantizar dicha seguridad eléctrica. Actualmente no está previsto ni organizado un procedimiento de inspección en ITV. En este trabajo se analizan los riesgos intrínsecos de los vehículos eléctricos e híbridos, así como los posibles parámetros de inspección en ITV. Hay que tener en cuenta que un procedimiento de inspección en ITV debe ser sencillo, rápido y sin desmontar ningún elemento del vehículo.

Este trabajo ha sido realizado en el marco de la Cátedra ITEVEBASA de la Universidad Miguel Hernández de Elche. Cuyo fin es mejorar el sector de ITV que debe estar en constante evolución con el fin de mejorar la seguridad vial y proteger el medioambiente. Evidentemente esto requiere de continuar con desarrollos tecnológicos que se puedan aplicar en las estaciones ITV.

Estimación de prestaciones en una motocicleta de competición

A. Noriega González^{1*}, I. Fernández de Bustos²

¹ Departamento de Construcción e Ingeniería de Fabricación, Universidad de Oviedo, noriegaalvaro@uniovi.es

² Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad del País Vasco, igor.fernandezdebustos@ehu.eus

La competición Motostudent implica el diseño, construcción y puesta a punto de una motocicleta de competición que debe pasar una serie de pruebas dinámicas durante la fase final de dicha competición. Entre esas pruebas se incluyen una prueba de aceleración, una prueba de frenada, la obtención de la velocidad máxima en el circuito y la mejor vuelta realizada al mismo.

Dado que las pruebas comentadas son puntuables, resulta de gran interés disponer de una herramienta de simulación que permita estimar el rendimiento alcanzable por un diseño de motocicleta o una puesta a punto de la misma en función de ciertos parámetros ajustables como puede ser la curva de par del motor, el desarrollo de la transmisión, la posición del centro de masas, ... Esta herramienta debe ser paramétrica, robusta y altamente eficiente para poder automatizar más adelante el proceso de obtención de los parámetros óptimos para el diseño o la puesta a punto.

En este artículo se muestra como se ha realizado el modelado de la dinámica longitudinal de una motocicleta de competición de la categoría Motostudent Petrol despreciando los efectos de cabeceo e inclinación lateral. El modelo de piloto gestiona el cambio de marchas, el control de tracción y anticaballito así como la elección del punto de frenada óptimo. Basándose en este modelado, se realiza una simulación dinámica que permite calcular, de manera detallada, el movimiento de la moto a lo largo de una recta y estimar las prestaciones anteriormente comentadas asociadas al diseño o puesta a punto que se desee estudiar.

La herramienta desarrollada se ha validado comparando las prestaciones calculadas con las obtenidas por motocicletas participantes en ediciones pasadas de la competición Motostudent Petrol.

Clasificación de tipologías de vehículos mediante un sensor LiDAR situado en la lateral de la carretera

F. Jiménez Alonso¹, C. Lozano Gallego², M. Clavijo Jiménez², G. Sánchez Gutiérrez-Cabello¹

¹INSIA. Universidad Politécnica de Madrid. felipe.jimenez@upm.es, guillermo.sanchezg@upm.es

²Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad Politécnica de Madrid. carlos.lozano.gallego@alumnos.upm.es, miguel.clavijo@upm.es

Dentro de diversas aplicaciones de monitorización y gestión del tráfico está la identificación y caracterización del paso de vehículos. Para ello, se han empleado soluciones basadas en visión artificial y en tecnología LiDAR o fusión de ambas. A pesar de la versatilidad de las primeras, la segunda alternativa ofrece mayor robustez en entornos complejos. Por otra parte, la ubicación de los sensores suele ser en posiciones elevadas como pórticos sobre la carretera o báculos altos. Sin embargo, otras alternativas contemplan la posibilidad de instalación en los laterales de la carretera.

En este artículo se plantea un algoritmo de clasificación de vehículos a partir de la información que ofrece un sensor LiDAR situado en el lateral de la carretera. Desde dicha ubicación y mediante un tracking de los vehículos, es posible obtener variables características de las partes frontal y trasera además de la lateral. Este trabajo se centrará en analizar estas últimas ya que, desde la ubicación en estudio, son las que pueden proporcionar información más relevante, sobre todo, en comparación con la percepción obtenida desde puntos más elevados y centrados en la vía. Además, los algoritmos desarrollados en estos casos no serían de aplicación aquí. El algoritmo se basa en propiedades morfológicas de los vehículos a diferencia de otros enfoques centrados en redes neuronales, con los problemas que estas herramientas tienen en cuanto a la explicabilidad de los resultados. De esta forma, se trabaja sobre las dimensiones de longitud y altura, así como la silueta global y la presencia o no de ventanas, lo que permite diferenciar tipologías de vehículos que, en base a los otros parámetros, son indistinguibles como es el caso de los binomios furgonetas ligeras - turismos o camiones - autobuses. En concreto, es el tratamiento de la nube de puntos percibida del vehículo para la identificación de zonas acristaladas (por el diferente comportamiento del LiDAR ante estas superficies) la principal contribución de este trabajo que podría generalizarse no de forma exclusiva a las ventanas laterales sino a las delanteras o traseras.

Los algoritmos han sido probados sobre ensayos reales en una carretera interurbana obteniéndose resultados satisfactorios en líneas generales. También se han puesto de manifiesto las situaciones y tipologías de vehículos que más difícilmente pueden ser identificadas. Por ello, se abre un campo hacia la fusión de la información con sensores localizados en otras posiciones, otras tecnologías de percepción o nuevos criterios de clasificación, incluyendo herramientas de Inteligencia Artificial que pueden complementar el enfoque aquí presentado para refinar una primera clasificación.

BALANCE, diseño de una nueva máquina para diagnóstico y rehabilitación de equilibrio y marcha

E. Macho Mier¹, P. Diego Martín¹, J. Fuentes Ballesteros¹, S. Herrero Villalibre¹, F.J. Campa Gómez¹, J. Corral Sáiz¹, M. Diez Sánchez¹, R. Valenzuela Montes¹, C. Pinto Camara¹

¹Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad del País Vasco UPV/EHU,

erik.macho@ehu.eus, paul.diego@ehu.eus, jon.fuentes@ehu.eus, saioa.herrero@ehu.eus, fran.campa@ehu.eus,
j.corral@ehu.eus, mikel.diez@ehu.eus, ruben.valenzuela@ehu.eus, charles.pinto@ehu.eus

Este trabajo de investigación presenta el diseño mecánico de una nueva máquina destinada a realizar el diagnóstico objetivo del grado de afección de las funciones del equilibrio y la marcha, así como la realización de los ejercicios rehabilitación de dichas funciones, para pacientes afectados de daño neurológico. Este prototipo se está desarrollando en el marco de una colaboración con el personal médico del Hospital Gorniz, perteneciente al sistema sanitario público vasco.

Se trata de un sistema formado por dos plataformas móviles sensorizadas idénticas pero independientes, una para cada pie del paciente. Cada una de dichas plataformas está accionada por un mecanismo de cinemática paralela de baja movilidad, que dota al elemento terminal de los grados de libertad requeridos para realizar los movimientos de todos los ejercicios de diagnóstico y rehabilitación definidos por el personal del hospital.

Se presenta en primer lugar el proceso de síntesis de tipo que ha permitido definir las cadenas cinemáticas del manipulador RRU-3RSS con los 4 gdl necesarios (2T2R, 2 traslaciones en el plano vertical y 2 rotaciones en torno a ejes contenidos en el plano horizontal), siendo totalmente actuado mediante motores de rotación situados en el bastidor fijo. A continuación, se describe el proceso de síntesis dimensional que ha permitido alcanzar las elevadas amplitudes en los rangos de movimiento requeridos por la aplicación a la que va a ser destinado el dispositivo. Finalmente se describe el diseño mecánico práctico desarrollado que permite materializar el diseño cinemático teórico y que ya se está implementando en la ejecución de un prototipo físico.

Estudio de los manipuladores paralelos flexibles de baja movilidad del tipo Tripod

O. Altuzarra¹, M.A. Vizcaíno², S. Rodríguez², M. Acevedo², V. Petuya¹

¹Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad del País Vasco UPV/EHU. Escuela de Ingeniería de Bilbao.

² Universidad Panamericana. Facultad de Ingeniería. Álvaro del Portillo 49, Zapopan, Jalisco, 45010, México.
oscar.altuzarra@ehu.eus; mario.acevedo@up.edu.mx; 0215141@up.edu.mx; 0210534@up.edu.mx; victor.petuya@ehu.eus

Los manipuladores paralelos de baja movilidad son mecanismos de cadena cerrada que presentan menos de seis grados de libertad en su elemento terminal o plataforma. Este tipo de mecanismos están sujetos a restricciones geométricas permanentes que condicionan el movimiento de salida. En algunos casos, estas restricciones se traducen en valores constantes de algunos parámetros de salida, mientras que, en otros casos, se expresan en forma de ecuaciones de restricción que relacionan entre sí algunos de dichos parámetros. Este es el caso de los manipuladores paralelos Tripod del tipo 3PRS en los cuales dos grados de libertad traslacionales y uno rotacional dependen de los otros dos grados de libertad rotacionales y el traslacional restante dotando a la plataforma de un patrón de movimiento 2RT1.

En este trabajo se presenta el estudio cinemático de un manipulador paralelo flexible del tipo Tripod. Se va a estudiar una estructura cinemática, 3PES, formada por una base y un elemento terminal rígidos unidos entre sí mediante barras flexibles. Es precisamente la flexibilidad no-lineal de las barras el origen de la movilidad del robot. Para modelizar dichas deformaciones, se empleará el modelo de viga de Cosserat. Se estudiarán los problemas de posición directo e inverso y se caracterizará el espacio de trabajo de este tipo de manipuladores. Por otro lado, se estudiará el efecto de los movimientos parásitos en este tipo de mecanismos flexibles de baja movilidad.

Asimismo, se presentan los dos prototipos desarrollados de manipuladores paralelos del tipo Tripod rígido y flexible respectivamente. Con ellos se pretende realizar los primeros análisis experimentales. El objetivo es, por un lado, la validación de los análisis y simulaciones numéricas, y por otro la evaluación de las similitudes y diferencias de comportamiento entre ambas estructuras.

Diseño mecatrónico de un manipulador paralelo de 3gdl para la rehabilitación del equilibrio

M. Diez Sánchez¹, F. J. Campa Gómez¹, S. Herrero Villalibre¹, J. Corral Sáiz¹, E. Macho Mier¹, P. Diego Martín¹, R. Valenzuela Montes¹, Ch. Pinto¹

¹ Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universidad del País Vasco (UPV/EHU). mikel.diez@ehu.eus; fran.campa@ehu.eus; saioa.herrero@ehu.eus; j.corral@ehu.eus; erik.macho@ehu.eus; paul.diego@ehu.eus; ruben.valenzuela@ehu.eus; charles.pinto@ehu.eus

Una de las principales secuelas que tienen los infartos cerebrales es la hemiparesia o hemiplejía parcial. Esta condición hace que los pacientes sufran de procesos de rehabilitación muy extendidos en el tiempo. Disponer de herramientas que permitan descargar de trabajo al personal sanitario a la vez que ayudan a evaluar de forma objetiva el estado de los pacientes es de vital importancia. En este trabajo se presenta un nuevo prototipo OREKA basado en la cinemática en un manipulador de cinemática paralela con tres cadenas para la rehabilitación de pacientes. En el artículo se describe tanto el prototipo como el modelo mecatrónico del mismo utilizado para la generación de las señales de control que se ejecutan durante los ejercicios, así como la plataforma dinamométrica encargada de determinar la localización del centro de presiones del paciente durante estos ejercicios. Un factor clave para una correcta evaluación del equilibrio es la correcta medición del centro de presiones, lo que permitiría realizar un seguimiento objetivo del estado de la función del equilibrio en los pacientes a lo largo del proceso de rehabilitación. Se ha desarrollado un método basado en elementos finitos para determinar de forma exacta la posición del centro de presiones durante todos los ejercicios teniendo en cuenta el reparto de esfuerzos de la plataforma dinamométrica. Tanto el modelo de control como el cálculo del centro de presión han sido validados experimentalmente en el prototipo.

Entrenamiento de IA para aplicación a robótica industrial: Desarrollo de un sistema de Software-in-the-loop

M. Hualde Otamendi¹, M. Merino Olagüe¹, J. Ibarrola Chamizo¹, H. Zia López², J. Aginaga García^{1,3}

¹Dpto. de Ingeniería. Universidad Pública de Navarra

²Dpto. de Estadística, Informática y Matemáticas. Universidad Pública de Navarra

³Institute of Smart Cities (ISC). Universidad Pública de Navarra

Email-s: {mikel.hualde, javier.ibarrola, mikel.merino, hodei.zia, jokin.aginaga}@unavarra.es

Pese a que las operaciones más mecánicas y repetitivas de la industria han sido ya automatizadas, siguen existiendo numerosas tareas en las cuales la variabilidad y aleatoriedad de ciertos elementos dificulta el uso de robots industriales. Los avances exponenciales de la Inteligencia Artificial en la última década están posibilitando que los robots puedan desenvolverse en diversos escenarios, tratando de imitar la capacidad de adaptación de los seres humanos. El proyecto que se presenta está centrado en una aplicación que presenta una gran aleatoriedad y variabilidad: la soldadura de un tubo al compresor de un frigorífico. Así, una Red Neuronal controlará un robot, tomando imágenes de éste en cada instante de muestreo y comandándole el siguiente movimiento hasta alcanzar el punto donde debe realizarse la soldadura. En este trabajo se ha desarrollado un sistema de Software-in-the-loop (SIL) para testear el control realizado por la Red Neuronal; se describe la creación del entorno virtual de simulación, las herramientas informáticas utilizadas, las comunicaciones entre éstas y el procedimiento que sigue el sistema de SIL. Asimismo, se muestra su correcto funcionamiento para testear cuatro Redes Neuronales que habían sido preentrenadas para esta aplicación concreta.

Metodología de incorporación de Key Performance Indicators en el cuadro de mando para la gestión de un proyecto complejo mediante el método Delphi

M. Ramírez-Peña^{1a}, A. Cerezo-Narváez^{1b}, M. Otero-Mateo^{1c}, A. Pastor-Fernández^{1d}, M. Batista^{1e}

¹ IDpto. de Ingeniería Mecánica y Diseño Industrial. Universidad de Cádiz

^amagdalena.ramirez@uca.es, ^balberto.cerezo@uca.es, ^cmanuel.otero@uca.es, ^dandres.pastor@uca.es,

^emoises.batista@uca.es

Mejorar el rendimiento de la gestión de proyectos supone la valoración de los procesos desarrollados para alcanzar los objetivos inicialmente previstos, de manera que los resultados sean óptimos. Entre las herramientas diseñadas en gestión de proyectos se encuentran los indicadores de rendimiento. Se distinguen principalmente tres tipos, indicadores de diagnóstico, que dan a conocer variaciones de coste, de plazo y de desempeño, indicadores retrospectivos, que proporcionan información sobre el avance del proyecto, los costes ejecutados o las reclamaciones de calidad y los indicadores predictivos que pronostican sobre los costes estimados a la finalización del proyecto o a su fecha de entrega final.

Todos estos indicadores, también conocidos como KPIs (Key Performance Indicators) se refieren a indicadores de rendimiento del proyecto. Sin embargo, desde la planificación estratégica organizacional, el cuadro de mando para la gestión de proyectos complejos debe contar con información para conocer la valoración de las partes interesadas, mediante instrumentos que arrojen información lo más precisa y exacta posible sobre la satisfacción de sus productos y entregables de sus proyectos. Por ello, en este artículo se propone diseñar una metodología que incorpore KPIs en el cuadro de mando para la gestión de un proyecto complejo, utilizando el método Delphi para conseguir recabar la información necesaria que permita conocer el nivel de satisfacción de las partes interesadas, que aporte mejoras enfocadas a valorar la eficiencia y eficacia del proyecto e incluso el estilo de gestión y liderazgo, mejorando las comunicaciones y aportando valor a la sociedad.

Clasificación de correas mediante Neuro-Fuzzy Genético

A. Hernández López¹, D. Ávila Prats¹, G.N. Marichal Plasencia¹

¹ Escuela Politécnica Superior de Ingeniería. Universidad de La Laguna. ahernand@ull.edu.es, davilapr@ull.edu.es, nicomar@ull.edu.es

La implementación de la llamada industria 4.0 supone, entre otros aspectos, la automatización del mantenimiento, de ahí que el mantenimiento predictivo esté cobrando cada vez más protagonismo. Si un sistema inteligente es capaz de predecir una rotura antes de que suceda, se consigue un gran ahorro económico, no solo evitando un fallo mayor, sino también evitando paradas no programadas que pueden ser evitables. Para esto es necesario contar una técnica de clasificación inteligente que analice el estado de los elementos de roturas claves y valore si es necesaria o no su sustitución. En este trabajo se presenta un estudio para clasificar correas según su estado de uso. Para su entrenamiento se ha realizado una recogida de datos de vibraciones en un banco de pruebas con 7 correas nuevas, 10 correas con medio uso y 9 correas al límite de rotura. El procesamiento de estas vibraciones permite extraer parámetros característicos que se pueden relacionar con el estado de uso de las correas, por lo que, tras el análisis inicial, estos valores se emplean como entradas para el entrenamiento del sistema inteligente. Particularmente, se ha optado por la técnica Neuro-Fuzzy Genético. Una vez que se ha entrenado el sistema, es posible establecer una relación entre la vibración que muestra la correa con su estado de uso, lo que supone una clasificación clave para el mantenimiento predictivo en correas, puesto que es posible adaptar la sustitución de las correas a su comportamiento, en lugar de a lo programado.

Caracterización mecánica de un sistema dual acrílico/epoxi y su habilidad para unir piezas impresas

A. Escribá¹, X. Fernández-Francos², A. Fabregat-Sanjuan¹, F. Ferrando¹

¹Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universitat Rovira i Virgili. armandoalfredo.escriba@urv.cat, a.fabregat@urv.cat, f.ferrando@urv.cat

²Dpto. de Máquinas y Motores Térmicos. Universitat Politècnica de Catalunya. xavier.fernandez@upc.edu

La impresión 3D es una técnica de fabricación que ha ganado importancia en los últimos años, debido a su versatilidad y gran capacidad para producir rápidamente diseños complejos, aunque esta tecnología todavía se encuentra en desarrollo ya se evidencian algunas limitaciones en relación con el tamaño de las piezas, materiales disponibles y tamaño de los equipos utilizados. La gran mayoría de las impresoras tienen una limitación en el volumen de construcción y esta limita directamente el tamaño de las piezas que pueden ser producidas en cuestión. Adicionalmente la mayoría de los materiales utilizados en las impresoras 3D tienen limitadas propiedades físicas y mecánicas que pueden afectar el tamaño de las piezas y al mismo tiempo estas propiedades intrínsecas de los materiales pueden producir encogimiento y deformaciones en las mismas, así pues, es un enorme desafío la producción de piezas de gran tamaño en impresión 3D afectando la producción de múltiples piezas y ensamblajes, y estas pueden comprometer la integridad estructural del producto final. Por otro lado, la metodología de curado dual promete una serie de ventajas en la impresión en 3D. Uno de los beneficios más importantes de este sistema es la construcción de piezas con la capacidad para cambiar de forma durante la fase intermedia de curado. Esto significa que la pieza puede ser impresa en forma plana con impresiones rápidas y pudiéndose fijar una forma en la fase intermedia, lo que permite realizar cambios de geometría o ajustes en la forma o posición de las piezas antes de definir su posición final; otra ventaja de este tipo de sistemas está asociada con la capacidad de generar enlaces covalentes por medio de los grupos residuales en su conformación parcialmente curada y por parte de los grupos activados por temperatura abriendo otra ventana para el procesamiento de piezas de mayor tamaño y la generación de uniones. Además de presentar interesantes propiedades mecánicas en su estado intermedio los sistemas de curado dual combinan las propiedades mecánicas de ambas resinas presentes en la red, la utilización de resinas fotoactivas y las fuertes resinas con latencia térmica permiten generar piezas en impresoras 3D y tener un excelente desempeño mecánico, químico y térmico después de la segunda etapa de curado. En este trabajo se caracteriza y analiza mecánicamente un sistema de curado dual para un sistema acrílico/epoxi. Este particular sistema permite la formación de un material flexible con alta capacidad de elongación en su primera etapa de curado, la segunda etapa de curado por activación térmica permite generar un material totalmente diferente y de alta resistencia. Además, se explora la capacidad mecánica de las uniones a tensión utilizando el mismo material como adhesivo y substrato obteniendo resultados comparables con la literatura en adhesivos comerciales. Este enfoque puede ampliar una alta gama de aplicaciones para la impresión 3D y brindar nuevas posibilidades para el diseño y la fabricación. Los resultados muestran que el uso de este sistema de curado dual para la generación de piezas impresas en 3D ofrecen varias ventajas, incluida la capacidad de cambiar la forma de una pieza en la fase intermedia de curado, alta resistencia y durabilidad en su segunda etapa de curado, además de la capacidad de unir piezas con buenos resultados. Estos beneficios se traducen en una opción atractiva para aplicaciones donde la alineación precisa y la integridad estructural son críticas.

Calibración de Sensores de Fibra Óptica desde la Ingeniería Mecánica

P.M. Diéguez Elizondo¹, M. López-Amo Sainz², J.J. López Rodríguez¹, J.C. Urroz Unzueta¹,
A. Rodríguez Rodríguez²

¹Dpto. de Ingeniería, Universidad Pública de Navarra,
pmde@unavarra.es, jjlr@unavarra.es, josec.urroz@unavarra.es

²Dpto. de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Comunicaciones, Universidad Pública de Navarra,
mla@unavarra.es, armando.rodriguez@unavarra.es

Los sensores de fibra óptica se están imponiendo en muchas de las facetas más clásicas de la Ingeniería Mecánica como medición de deformaciones estructurales, temperaturas, vibraciones, etc. Su pequeño tamaño (diámetros capilares), su resistencia a la corrosión y a ambientes agresivos (al ser fabricadas con sílice) son características idóneas para muchas aplicaciones, como la que se presenta en este trabajo: medición de velocidad de corriente de agua en una tubería. En el presente trabajo se procede a la calibración de un sensor fotónico tipo FBG (Fiber Bragg Grating). Se establece un procedimiento basado en un planteamiento teórico de la Mecánica de Fluidos que calcula una distribución de velocidades y esfuerzos (calculados con MATLAB) sobre el sensor sumergido dentro de la tubería. Estos esfuerzos se llevan al programa de Elementos Finitos ANSYS-APDL para el cálculo de la deformación unitaria del sensor, de modo que se obtiene un resultado de deformación a partir del caudal circulante por la tubería. Paralelamente, se procede a unos ensayos en el laboratorio, haciéndose pasar distintos caudales de agua por el interior de una tubería donde se ubican distintos tipos sensores, midiendo su deformación por medio de una señal óptica generada por un barrido de un láser sintonizable –del orden de nanómetros– introducida en el FBG, es decir, se obtiene un valor de la deformación unitaria vía una medición de la longitud de onda reflejada. Ambos valores, teórico y experimental son coincidentes con un pequeño error. Este procedimiento de cálculo y simulación es muy útil para definir rangos de medida del sensor, su calibración, influencia de la variación de temperatura, etc. Además, este procedimiento es extrapolable a cualquier tubería y fluido circulante.

Generación de energía en túnel ferroviario mediante *harvester* electromagnético de vibración

Victor Ordoñez¹, Hassan Liravi², Robert Arcos³, Jordi Romeu⁴, Behshad Noori⁵

¹Siemens Gamesa Renewable Energy. victor.ordonez@siemensgamesa.com

²Laboratorio de Ingeniería Acústica y Mecánica, Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universitat Politècnica de Catalunya. hassan.liravi@upc.edu

³Serra Hünter Fellow, Laboratorio de Ingeniería Acústica y Mecánica, Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universitat Politècnica de Catalunya. robert.arcos@upc.edu

⁴Laboratorio de Ingeniería Acústica y Mecánica, Dpto. de Ingeniería Mecánica. Universitat Politècnica de Catalunya. jordi.romeu@upc.edu

⁵AV Ingenieros. behshad.noori@avenginyers.com

Esta comunicación evalúa la aplicabilidad y el rendimiento de un sistema electromagnético diseñado para transformar la vibración causada por el paso del ferrocarril en energía que podría ser utilizada para alimentar redes de sensores inalámbricos de diferente tipología.

Para ello se diseña un prototipo de generador electromagnético en el que la bobina se desplaza por el interior de un campo magnético generado por una array Halbach de tres imanes. Se lleva a cabo una prueba de campo instalando el dispositivo en diferentes puntos de un túnel ferroviario de doble piso de la red de Metro de Barcelona. Los datos obtenidos se utilizan para validar un modelo teórico del mismo que permite optimizar los parámetros de diseño, ajustando su frecuencia natural a la frecuencia predominante del espectro de vibración, y calcular la energía eléctrica para la circulación diaria.

Los resultados experimentales, para el Harvester configurado a una frecuencia resonante de 61,7 Hz, muestran que el voltaje de carga y potencia de salida eléctrica máximos obtenidos es de aproximadamente 3,45 V y 1,10 mW, mientras que la energía eléctrica generada por el paso individual de tren está entre 0,34 y 0,98 mJ, en función de las condiciones de circulación. El ajuste de la frecuencia resonante a la frecuencia predominante de vibración (49 Hz), obtendría unos valores máximos respectivos de 14,3 V y 19,5 mW, lo que confirma la conveniencia de ajustar el diseño del harvester a las condiciones de trabajo.

Aún fuera de las condiciones óptimas de diseño, la energía acumulada durante un día completo de circulaciones sería de 133 mJ (3 880 mJ en caso de ajuste de la frecuencia de resonancia), suficiente para alimentar a sensores de funcionamiento discontinuo.

Diseño de un sistema experimental para la obtención de los parámetros característicos de un actuador apilado piezoeléctrico

M. Melero Esteso¹, D. Rodríguez León¹, E. Palomares Novalbos¹, A.J. Nieto Quijorna¹,
A.L. Morales Robredo¹, P. Pintado Sanjuán¹

¹Dpto. de Mecánica Aplicada e Ingeniería de Proyectos. DYNAMO Research Group.
Universidad de Castilla-La Mancha. Miguel.Melero@uclm.es, Daniel.Rodriguez14@alu.uclm.es,
Eduardo.Palomares@uclm.es, AntonioJavier.Nieto@uclm.es, AngelLuis.Morales@uclm.es, Publio.Pintado@uclm.es

En el ámbito de las estructuras de vehículos es cada vez más frecuente la incorporación de elementos integrados que permitan modificar ocasionalmente su comportamiento vibratorio. Unos de los elementos integrados más interesantes son los apilados piezoeléctricos, un tipo de los denominados "Smart Materials" pertenecientes a los actuadores piezocerámicos PZT (Lead Zirconate Titanate). El empleo de estos actuadores resulta interesante en base al aprovechamiento de una diferencia de tensión generada ante la existencia de una deformación mecánica en la estructura en que se encuentre, o viceversa.

Esta relación tan estrecha entre un sistema mecánico y el actuador piezoeléctrico requiere de un modelado preciso del acoplamiento mecánico entre la estructura y estos apilados piezoeléctricos, y más concretamente, demanda la obtención experimental de sus parámetros característicos que intervienen en sus ecuaciones constitutivas.

En este artículo se propone el diseño de un sistema de ensayo para la caracterización de un apilado piezoeléctrico. El dispositivo introduce rótulas que impiden la aparición de flexiones no deseadas en el cuerpo del apilado piezoeléctrico que pudieran ocasionar su deterioro o destrucción. Además, incorpora un actuador lineal de tipo neumático gobernado por un control electrónico de presión. Mediante la aplicación de diversas sollicitaciones de carga sobre el apilado piezoeléctrico, se obtienen sus parámetros característicos, tales como el factor de acoplamiento electromecánico, la rigidez en cortocircuito y en circuito abierto, y la constante piezoeléctrica.

Matrices híbridas poliméricas con aloe y/o miel: caracterización y ensayos *in vitro*

JM. Pérez Galván¹, JE. Hernández Rodríguez², MM. Romero Alemán³, O. Martel Fuentes⁴,
E. Pulido Melián⁵, M. Monzón Mayor³

¹Servicio Investigación Microscopía Avanzada Confocal y Electrónica - SIMACE. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria - ULPGC. jose.perezgalvan@ulpgc.es; ²Dpto. de Enfermería. ULPGC.

joseenrique.hernandez@ulpgc.es; ³Dpto. de Morfología. ULPGC. mariadelmar.romero@ulpgc.es, maximina.monzonmayor@ulpgc.es; ⁴Dpto. de Ingeniería Mecánica. ULPGC. oscar.martel@ulpgc.es; ⁵Instituto de

Estudios Ambientales y Recursos Naturales (iUNAT). Dpto. de Química. ULPGC. elisenda.pulido@ulpgc.es

En la piel, los eventos traumáticos o las heridas crónicas (por ejemplo, úlceras por segunda intención/diabéticas) comprometen tanto su estructura como su función. En este sentido, el injerto sigue siendo el tratamiento más común usado en la práctica clínica. Sin embargo, este enfoque no siempre se puede utilizar debido a la extensión de la lesión o la disponibilidad limitada del donante. Por tanto, disponer de una matriz extracelular microscópica 3D es de interés relevante en biomedicina ya que la disponibilidad de materiales especializados críticos para la integración de los tejidos de la piel y del tejido nervioso es limitada. Así, después de lesiones, el uso de materiales idóneos ayudaría a que la reinervación sea un éxito.

Las patentes “Hybrid Aloe Nanofiber” y la “Hybrid Honey Nanofiber” proporcionan matrices extracelulares híbridas que contienen una mezcla cuya base es el polímero sintético biodegradable Poli(3-hidroxibutirato-co-3-hidroxivalerato) (PHBV) y aloe o miel o una mezcla de ambos. Cuatro tipos de matrices, a saber, control (PHBV) y combinaciones de este con aloe vera (PHBV-A), miel (PHBV-M) y aloe vera + miel (PHBV-AM), han sido fabricadas mediante electrospinning.

El objetivo del presente trabajo ha sido la caracterización, morfológica, química y mecánica de estas matrices para aportar evidencia experimental del uso de estos productos como una alternativa real en la práctica clínica. En definitiva, se pretende, aumentar el conocimiento sobre la regeneración de la piel mediante estas matrices. Así, se describe brevemente la obtención de las matrices, y su caracterización mediante diferentes técnicas: Microscopía Electrónica de Barrido; Espectroscopia Infrarroja por Transformada de Fourier, Ensayos de Tracción, Ensayos de corrosión (Potencial de corrosión y Espectroscopia de impedancia electroquímica). Además, se han llevado a cabo estudios “in vitro” de explantes de los ganglios de la raíz dorsal de ratas para conocer la respuesta del crecimiento neurítico sobre los distintos tipos de matrices.

Los ensayos de caracterización y la experimentación preclínica nos sugieren que la matriz PHBV-M puede tener aplicaciones biomédicas tales como apósitos para heridas, suturas y mallas quirúrgicas absorbibles, entre otras.

Prototipo de bio-impresora 3D de alta precisión adaptable a fotocurado DLP y LED-LCD

A. González-Muñoz¹, D. Sánchez-García¹, A. Giménez-El-Amrani², C. Escobedo-Lucea²

¹ Dpto. Ingeniería Mecánica, Universidad de Salamanca, armandopeska@usal.es, danielsg0499@usal.es

² Laboratorio de Ingeniería Biomédica y Tisular (BTELab), Fundación de Investigación Hospital General Universitario de Valencia (FIHGUV), gimenez_anu@gva.es, escobedo_car@gva.es

La manufactura aditiva, también conocida como impresión 3D, se ha extendido en esta última década de forma exponencial, ganando utilidades en múltiples sectores. Uno de estos ámbitos es la ingeniería de tejidos, campo en el que numerosos investigadores y clínicos se han lanzado a explorar las posibilidades de esta tecnología en el campo de la generación in vitro de órganos y tejidos artificiales a partir de células humanas. De estos esfuerzos nace la bioimpresión 3D, entendiendo la misma como una combinación de la biología, la ciencia de materiales y la propia manufactura aditiva, cuyo objetivo es generar tejidos e implantes médicos personalizados. Dentro de las técnicas de bioimpresión 3D, destaca la técnica de extrusión como la más empleada en la actualidad, y las tecnologías de fotocurado a través de luz ultravioleta (UV) o de longitud de onda visible como las más prometedoras.

En el presente documento se presenta la experiencia y el proceso seguido en el diseño mecánico (CAD) y prototipado de una bioimpresora 3D de alta precisión compatible con dos de las técnicas de fotopolimerización más precisas que existen en la actualidad: Digital Light Processing (DLP) y Liquid Crystal Display (LCD) - Light Emitting Diode (LED). Se describen los pasos seguidos para el diseño CAD, la fabricación y los resultados preliminares de las pruebas de validación. A lo largo de todo el proceso de diseño, se detallan las tolerancias y especificaciones geométricas de producto (GPS) para los componentes mecanizados e impresos en 3D, de tal forma que las formas, tamaños y relaciones de posición de los mismos se limitan y/o caracterizan a un valor que permita cumplir con el funcionamiento deseado. Desde el punto de vista del dimensionamiento geométrico (GD&T), se recalca el uso de las tolerancias geométricas, comprobando que los componentes de la bioimpresora cumplen con las especificaciones a nivel geométrico y dimensional, afianzando su correcto montaje y utilidad. Finalmente, se demuestra el éxito en el ensamblaje de las distintas piezas, y como la caracterización de las tolerancias geométricas y dimensionales de las mismas, permiten acotar las posibles desviaciones a un intervalo reducido.

Efectos de la biocorrosión de un acero al carbono expuesto a lixiviados mineros

A.M. Sarmiento¹, J.M. Dávila¹, F. Macías², J.C. Fortes¹, M.L. de la Torre¹, F. Córdoba³

¹Dpto. de Ingeniería Minera, Mecánica, Energética y de la Construcción. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad de Huelva. amsarmiento@uhu.es; jmdavila@dimme.uhu.es; jcfortes@uhu.es; mltorre@uhu.es

²Dpto. de Ciencias de la Tierra. Universidad de Huelva. francisco.macias@dgeo.uhu.es

³Dpto. de Ciencias Integradas. Universidad de Huelva. fcordoba@uhu.es

Los lixiviados generados por la minería de sulfuros polimetálicos son altamente corrosivos debido a su elevada acidez, presencia de bacterias oxidantes del hierro y alto contenido en sulfatos y otros elementos disueltos con potenciales de reducción capaces de oxidar el hierro sólido. Este trabajo muestra los resultados obtenidos en un experimento en el que se comparó la velocidad de corrosión de un acero al carbono expuesto a diferentes lixiviados ácidos de mina en situación estática. También se estudiaron los productos de corrosión obtenidos. Los resultados permiten explicar los factores que controlan la corrosión del acero al carbono en aguas ácidas de mina en función de la acidez, la presencia o ausencia de bacterias oxidantes del Fe y el contenido en especies de Fe, estableciendo que la especie Fe^{3+} juega un papel especial en estos procesos.

Durabilidad del hormigón en ambientes afectados por Drenaje Ácido de Mina mediante ensayos de tracción

J.M. Davila Martin^{1,2}, A. Miguel Sarmiento^{1,2}, J.C. Fortes Garrido^{1,2}, M.L. de la Torre Sánchez^{2,3}

¹ Dpto. de Agua, Minería y Medio Ambiente. Centro Científico Tecnológico de Huelva. Universidad de Huelva. jmdavila@dimme.uhu.es, amsarmiento@uhu.es, jcfortes@dimme.uhu.es.

²Dpto.Ingeniería Minera, Mecánica, Energética y de la Construcción. ETSI. Universidad de Huelva.

³Centro de Investigación de Recursos Naturales, Salud y Medio Ambiente. Universidad de Huelva. mltorre@uhu.es.

El problema del Drenaje Ácido de las Mina (Acid Mine Drainage en su denominación en inglés) está muy extendido en todo el mundo, afectando fundamentalmente a las explotaciones de pirita y carbón. En las estructuras generadoras (como escombreras y cortas) se producen efluentes altamente ácidos con alto contenido de metales pesados y sulfatos. Algunos antecedentes sobre el tema que aquí se aborda han estudiado el comportamiento del hormigón en ambientes ácidos, analizando cómo afecta la resistencia a la compresión del material, pero no se conocen estudios sobre la resistencia a la tracción de este material. Si bien es claro que el principal parámetro mecánico del hormigón es su resistencia a compresión, no se debe olvidar que en algunos elementos estructurales se tiene en cuenta la resistencia a tracción del hormigón a la hora de determinar la armadura de refuerzo de la sección. Por tanto, entendemos que es importante estudiar cómo afecta este tipo de medios agresivos a la resistencia a la tracción. Se han sometido varias muestras de hormigón en masa a agua ácida con un valor de pH inicial de 2,8 y un contenido de sulfatos que alcanzaba los 13301 mg/L, conociendo además otros parámetros físico-químicos de estudios previos. Con estos valores, el ambiente agresivo corresponde al máximo definido en la normativa vigente (Código Estructural, 2021). Para determinar la resistencia a la tracción del hormigón, las muestras fueron sometidos a ensayos destructivos de tracción hasta alcanzar la rotura. Las muestras se agruparon en dos series que fueron expuestas durante 3 meses la primera, y la segunda hasta completar 6 meses, alcanzándose una reducción de la resistencia a la tracción del 24% para este último periodo de tiempo, tal como se puede observar en la siguiente figura. Esto se debe a la pérdida de masa de cemento en la zona externa del hormigón.

XXIV

CONGRESO NACIONAL INGENIERÍA MECÁNICA

25 | 27 octubre 2023

 **ULPGC**
Universidad de
Las Palmas de
Gran Canaria



LAS PALMAS DE GRAN CANARIA