

## PREGRADO

Autor: Nicolás Yévenes Araneda  
 Profesor guía: Roger Bustamante Plaza  
 (DIMEC U. Chile)

### Resolución de algunos problemas de valor de frontera unidimensionales con nuevas ecuaciones constitutivas no lineales para materiales piezoeléctricos.

En este trabajo se estudian nuevas ecuaciones constitutivas no lineales para cuerpos electroelásticos que no son de Green, donde la deformación y polarización son funciones explícitas del esfuerzo y el campo eléctrico, específicamente para el caso isotrópico y de pequeñas deformaciones. Estas ecuaciones, a diferencia de otras anteriormente planteadas por Rajagopal y Bustamante, consideran el cumplimiento de las leyes de la termodinámica para el caso en que no existe cambio de entropía ni de temperatura en el material.

A estas nuevas relaciones constitutivas se les asocia una función isotrópica, tal que se permita describir tanto el fenómeno de strain limiting a grandes esfuerzos, como el de la saturación de la polarización para campos eléctricos elevados. Se procede a realizar un fitting de las ecuaciones con datos experimentales de las curvas de deformación-esfuerzo del compuesto ferroeléctrico BiFeO<sub>3</sub>, y las curvas de polarización-campo eléctrico del compuesto PLZT 8/60/40, acoplando así los fenómenos mecánicos y eléctricos de ambos materiales. Con esto, se obtienen los valores numéricos de los coeficientes de las ecuaciones constitutivas.

Una vez realizado el ajuste experimental para la obtención de resultados numéricos, se resuelven dos problemas homogéneos (variables independientes de la posición), para luego resolver cuatro problemas de valor de frontera no homogéneos unidimensionales (donde las variables independientes del modelo están en función de la posición): el primero corresponde a una cáscara esférica inflada bajo campo eléctrico radial, y los otros tres para un tubo cilíndrico inflado bajo campo eléctrico radial (i) en ausencia de corte, (ii) con corte axial (iii) y con corte circunferencial. Los problemas anteriores se resuelven usando el solver de ecuaciones diferenciales sobre componentes unidimensionales del programa COMSOL 5.3a. En la figura 1, se muestra un esquema del caso (iii).

# CONFIN

## LOS PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN DESARROLLADOS POR ESTUDIANTES

59 estudiantes lograron convertirse en los nuevos y nuevas ingenieras del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Chile (DIMEC U. Chile), y 4 estudiantes obtuvieron sus grados de magíster en Ciencias de la Ingeniería, con mención en Mecánica. Aquí te presentamos los proyectos destacados del año 2020 desarrollados por los estudiantes de pregrado y postgrado del DIMEC U. Chile.

Los resultados numéricos muestran cómo las distintas componentes de las variables mecánicas y eléctricas varían a distintas presiones internas y potenciales eléctricos aplicados a las fronteras de las geometrías esféricas y cilíndricas. A modo de ejemplo se muestra en los gráficos de la figura 2 el efecto en las deformaciones circunferenciales  $\epsilon_{\theta\theta}$  y radiales  $\epsilon_{rr}$  para el caso de la figura 1, a medida que se aumenta la presión interna P.

Se evidencia el fenómeno de strain limiting y de saturación de la polarización (este último no visible en la figura 2) en los resultados para cada uno de los problemas planteados, algo que los modelos lineales no logran captar.

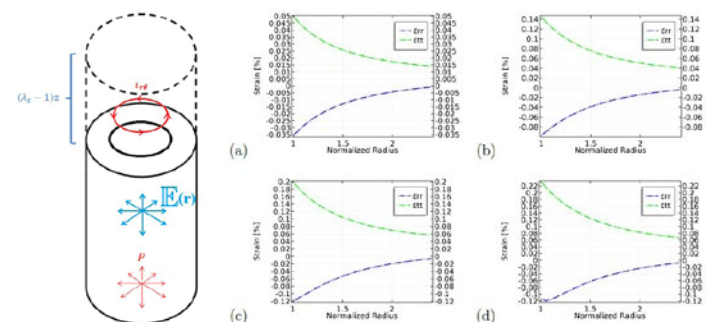
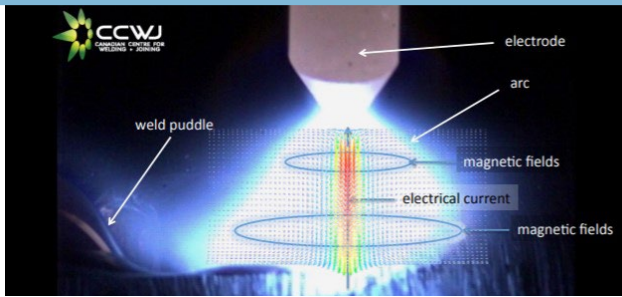


Figura 1: Tubo con presión interna P sometido a extensión axial, campo eléctrico radial E y corte circunferencial.

Figura 2: Deformación radial (azul) y circunferencial (verde) en función del radio normalizado  $r/r_i$ , para tubo de radios  $r_i=5$ [cm] y  $r_o=12$ [cm], a potencial eléctrico  $\phi=20$  [kV], bajo presión interna a)  $P=4$ [MPa], b)  $P=12$ [MPa], c)  $P=18$ [MPa] y d)  $P=24$ [MPa].





## PREGRADO

Autor: Stefano Sacco Hawas  
 Profesor guía: Patricio Méndez  
 (Universidad de Alberta. Canadá)



### Estudio de la Física presente en soldadura de plasma.

Existen diferentes tipos de soldadura ampliamente utilizadas alrededor del mundo. Una de ellas es la soldadura GTAW o comúnmente conocida como soldadura TIG, cuyas características principales son que no se utiliza un electrodo consumible y que se forma un arco eléctrico de alta precisión durante su empleo. El trabajo se centró en la columna de plasma formada en el arco.

Debido a la inexistencia de fórmulas de simple utilización para modelar el tamaño del arco de plasma en soldadura, se desarrolló este estudio único en su tipo, que tiene por finalidad la creación de fórmulas simples que permitan obtener el ancho de la columna del plasma y los perfiles de velocidades de esta relacionándolo a las propiedades termodinámicas.

Para lograr este objetivo, se dedujeron diferentes expresiones a partir del modelo de Landau-Squire, solución utilizada para calcular el campo de temperatura y velocidades de un chorro de un fluido, al cual se le aplicaron una serie de aproximaciones geométricas y matemáticas, las que permitieron obtener una expresión para el radio de temperaturas y velocidades del plasma.

Luego se validaron las fórmulas obtenidas con el modelo de la columna de plasma desarrollada por los doctores Alfredo Delgado, Marcos Ramírez y Patricio Méndez, obteniendo una diferencia máxima de un 33%. Como conclusión, el modelo permite calcular las velocidades, las temperaturas y los radios de las curvas asociadas a ambos conceptos, además posee múltiples oportunidades industriales, entre estas el ahorro de tiempo en simulaciones y la posibilidad de determinar el ancho mínimo requerido para poder usar soldadura TIG en piezas de tamaño reducido.



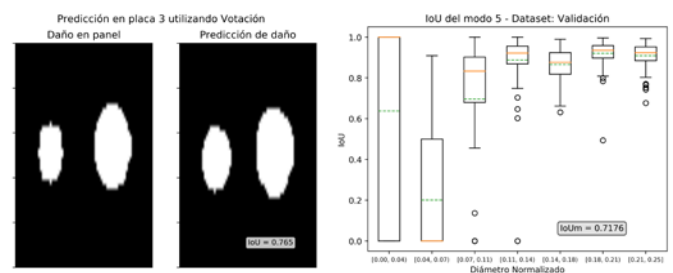
## PREGRADO

Autor: Daniel Mardini González  
 Profesora guía: Viviana Meruane Naranjo  
 (DIMEC U. Chile)

### Identificación de daño en paneles compuestos utilizando redes neuronales convolucionales y los modos de vibración.

Los paneles de aluminio compuestos son materiales estructurales con una amplia gama de aplicaciones, desde la construcción de turbinas eólicas hasta equipos de ingeniería aeroespacial. Esto se debe a sus propiedades mecánicas pues permite tener altas resistencias con un muy bajo peso en comparación a otros materiales. Sin embargo, existe un inconveniente a la hora de utilizar estos paneles porque pueden sufrir silenciosamente de delaminación, la cual no se puede detectar a simple vista y afecta severamente en las propiedades mecánicas, además de alterar los modos de vibración del panel. Es por esto que es necesario recurrir a ensayos no destructivos para diagnosticar y/o monitorear paneles y evitar que fallen de manera catastrófica.

En este trabajo se utilizaron redes neuronales convolucionales para realizar una identificación de daño en paneles compuestos, utilizando únicamente la respuesta vibratoria de estos. Para ello se entrenó a una serie de redes convolucionales generadas aleatoriamente para realizar una amplia exploración de hiperparámetros. Los datos del entrenamiento fueron generados mediante la simulación de los modos de vibración de paneles dañados. Posterior a la selección de las redes con mejor rendimiento en su predicción de entrenamiento, fueron utilizadas para medir predecir el daño con datos de paneles medidos en laboratorio. Los resultados obtenidos muestran una mejoría en relación a otras metodologías utilizadas en trabajos previos, lo cual indica un alto potencial en este método para aplicaciones más complejas.



+ info



## PREGRADO

Autor: Cristián Vera Suárez  
 Profesor guía: Rubén Fernández Urrutia  
 (DIMEC U. Chile)

### Modelamiento fluidodinámico del efecto de la alimentación de partículas en el perfil de deposición en Cold Spray en una tobera plana.

En este trabajo se analizó el efecto en el perfil de deposición de cambios en la alimentación de partículas, específicamente, modificando el ángulo de inclinación del alimentador de partículas. Se utilizaron tres distintas configuraciones, de 45°, 90° y 135°. Para lograr esto, se realizó una simulación fluidodinámica -mediante ANSYS fluids- de un gas en una tobera plana De Laval convergente-divergente, luego en el gas ya simulado se inyectaron partículas de cobre granuladas. Así, se obtuvieron distintos parámetros de cada una de estas partículas y éstos fueron post-procesados para obtener distintos resultados, entre los que destaca el perfil de deposición, que corresponde a la forma que poseen las partículas depositadas en el sustrato -superficie que recibe el impacto de las partículas-.

Los resultados demuestran que la tobera con alimentador de 90° presenta un mejor desempeño en lo que respecta porcentaje de deposición -de partículas y masa- siendo éste casi el doble en comparación a las otras toberas -con alimentador de 45° y 135°-, además, las formas de los perfiles de deposición poseen diferencias claras entre ellos. Estos resultados son un primer avance en lo que respecta la relación entre alimentación de partículas y perfiles de deposición, además son de utilidad para futuros avances en impresión 3D mediante Cold Spray.

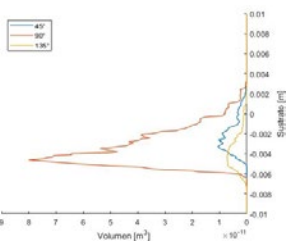
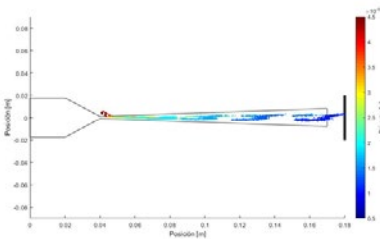
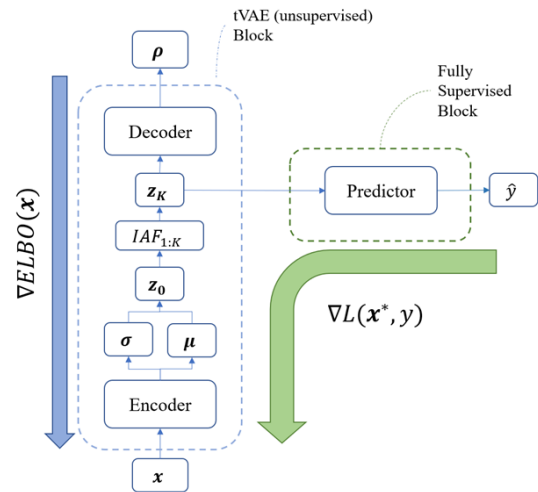


Figura 1: Trayectoria de las partículas en función del diámetro en tobera con alimentador de 45° para t=0,0018 s.

Figura 2: Comparación de las aproximaciones de los perfiles de deposición de cada alimentador para las partículas adheridas -según criterio de velocidad crítica-.



## POSTGRADO

Autor: Gabriel San Martín Silva  
 Profesor guía: Enrique López Droguett  
 (DIMEC U. Chile)

+ info



### Semi-supervised learning with temporal variational auto-encoders for the diagnosis of failure severities and the prognosis of remaining useful life.

Nuevas formas de trabajar los datos han surgido con mucha fuerza durante el último tiempo, afectando áreas como la industria, la salud, la producción e incluso el entretenimiento. En particular, técnicas de inteligencia artificial han sido desarrolladas y divulgadas fuera del entorno computacional, llegando a todas las otras áreas de la ingeniería, incluso aquellas más tradicionales. Una de las áreas dentro de ingeniería mecánica que más puede beneficiarse del estudio y aplicación de estas técnicas es la Gestión de Activos Físicos, en particular la detección temprana de fallas en maquinaria y sistemas. Por su naturaleza, esta área ya cuenta con extensos catálogos de datos, sobre los cuales desde hace mucho tiempo se hacen análisis estadísticos con el fin de estimar y predecir cuándo un activo fallará y qué podemos hacer para extender su vida útil, o en su defecto, planificar su reparación de una forma en que no afecte la cadena productiva completa.

Dentro de ese contexto, esta tesis busca aplicar técnicas avanzadas de Deep Learning para lograr el diagnóstico de modos de falla y la predicción de tiempo de vida remanente en elementos mecánicos comunes en la industria hoy en día: rotores y bombas. Para ello, se diseña una novedosa modificación del algoritmo tradicionalmente conocido como Auto-Encoder Variacional, con el fin de permitirle procesar información temporal. Este algoritmo modificado es luego usado para reducir la dimensionalidad de los datos operacionales, permitiendo entrenar una red neuronal tradicional utilizando muchos menos datos etiquetados que de costumbre, ahorrando en costos de data generation y data labeling.

## POSTGRADO

Autor: Leonel Quinteros Palominos.

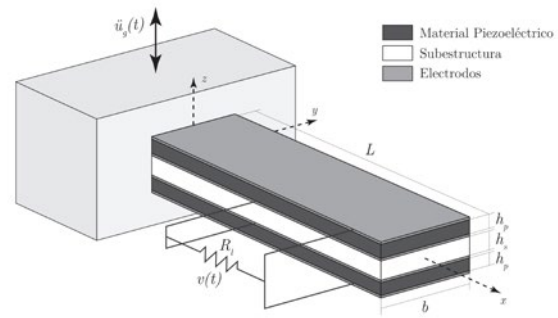
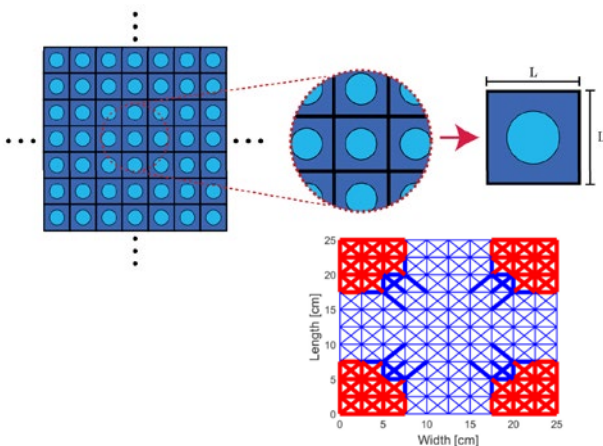
Profesora guía: Viviana Meruane Naranjo  
(DIMEC U. Chile)



### Optimización de Band-Gap en materiales tipo sándwich.

La aparición de la fabricación aditiva y los avances en la optimización estructural han permitido el desarrollo de materiales celulares (*cellular materials*, en inglés). Estos materiales con arquitecturas complejas muestran una mayor eficiencia estructural que los materiales tradicionales. En particular, las estructuras celulares en forma de celosía exhiben un potencial considerable para su aplicación en estructuras livianas debido a su gran relación resistencia / rigidez-masa. Además de ser livianos, estos materiales pueden exhibir propiedades de aislamiento de vibraciones sin precedentes conocidas como *bandgaps* fonónicos. Las estructuras fonónicas pueden mitigar la propagación de ondas mecánicas en un material en un cierto rango de frecuencia. En consecuencia, se han investigado ampliamente en los últimos años.

Entre las posibles aplicaciones estructurales de los materiales celulares a base de celosía, los núcleos para paneles sándwich son una de las más importantes. El objetivo de este novedoso estudio es desarrollar una metodología para optimizar la topología de paneles tipo sándwich utilizando núcleos de celosía celular para maximizar el bandgap (ancho de banda). En particular, buscamos desarrollar una metodología para diseñar paneles compuestos livianos que tengan propiedades de absorción de vibraciones, lo que crearía numerosas oportunidades para su aplicación en satélites, naves espaciales, aeronaves, barcos, automóviles, etc. Se optimiza variando el espesor del núcleo y las propiedades geométricas bajo diferentes configuraciones del núcleo. La metodología de optimización propuesta considera aproximaciones suaves de la función objetivo para evitar problemas de no diferenciabilidad e implementa el método globalmente convergente de mover asíntotas como el algoritmo de optimización. Los resultados muestran que es factible designar un panel sándwich, usando un núcleo celular y grandes *bandgaps* fonónicos.



## POSTGRADO

Autor: Patricio Peralta Braz.

Profesor guía: Rafael Ruiz

(Departamento de Ingeniería Civil, UChile)

### Model parameter identification and model class selection in piezoelectric energy harvester based on bayesian inference.

Los colectores de energía piezoeléctricos (CEP) son dispositivos que permiten transformar en energía eléctrica la energía mecánica proveniente de distintas fuentes de vibración. Esta tecnología destaca sobre otros métodos debido a su alta eficiencia por unidad de volumen. Su configuración típica consiste en una viga en voladizo, donde una o más capas de material piezoeléctrico están adheridas a una subestructura. En los últimos años, se han vuelto significativamente populares debido a su potencial para reemplazar el uso de baterías electroquímicas utilizadas para alimentar sensores inalámbricos en aplicaciones de IoT, monitoreo de salud estructural, entre otras. En la literatura, existen diversos modelos que describen el comportamiento dinámico de estos dispositivos. Sin embargo, en la práctica estimar el voltaje generado por CEP resulta en un desafío importante debido a la alta dispersión que presentan las propiedades electromecánicas. Ahora, cuando se dispone de mediciones experimentales, las técnicas de inferencia bayesiana surgen como una atractiva opción para actualizar la información disponible y así abordar esta problemática.

En este trabajo se comparan diferentes enfoques de inferencia bayesiana aplicadas a los CEPs, con el fin de proponer un marco específico para calibrar modelos, identificar la variabilidad en los procesos de fabricación y comparar diferentes modelos en términos de precisión y complejidad. En particular, la implementación de un marco de inferencia bayesiana específica para CEPs requiere evaluar los siguientes aspectos: (1) el modelo predictivo, (2) la forma de incorporar el error de predicción, (3) definir una función de densidad de probabilidades para incorporar la información previa disponible y (4) preprocesar las mediciones experimentales de la respuesta dinámica de los colectores. La actualización bayesiana puede realizarse a través de muestras generadas por un método de simulación estocástico o puede aproximarse al valor esperado de los parámetros de los dispositivos, ambas alternativas son exploradas en detalle en este trabajo. Finalmente, el marco propuesto fue validado utilizando mediciones experimentales de dos grupos de colectores que contienen dispositivos nominalmente idénticos.