



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

**APRUEBA CURSO DE POSGRADO
DEL DOCTORADO EN INGENIERÍA, MENCIÓN MATERIALES**

Buenos Aires, 4 de septiembre de 2024

VISTO la Resolución N° 733/24 del Decano, ad-referéndum del Consejo Directivo de la Facultad Regional La Plata, a través de la cual se solicita la aprobación y autorización de implementación del Curso de Posgrado "Introducción a la Física de los Materiales Granulares", para la carrera de Doctorado en Ingeniería, mención Materiales, modalidad de vinculación cooperativa y

CONSIDERANDO:

Que el Consejo Superior autorizó, mediante Resolución N° 420/15, a la Facultad Regional La Plata, firmante del acuerdo de vinculación cooperativa, a dictar la carrera de Doctorado en Ingeniería, mención Materiales.

Que el curso propuesto pretende posicionarse como una herramienta importante para formar profesionales altamente capacitados que puedan enfrentar y resolver los desafíos actuales y futuros relacionados con los materiales granulares en la industria.

Que la Facultad Regional La Plata cuenta con un plantel de docentes de elevado nivel académico y profesional, además de una prolongada y amplia experiencia en el dictado de cursos y seminarios vinculados al propuesto.

Que la Comisión de Posgrado de la Universidad ha analizado los antecedentes que acompañan la solicitud y avala la presentación, y la Comisión de Ciencia, Tecnología y Posgrado recomienda su aprobación.

Que el dictado de la medida se efectúa en uso de las atribuciones otorgadas por el Estatuto Universitario.



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

Por ello,

EL CONSEJO SUPERIOR DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

ORDENA:

ARTÍCULO 1°.- Aprobar el currículum del Curso de Posgrado "Introducción a la Física de los Materiales Granulares", para la carrera de Doctorado en Ingeniería, mención Materiales, que figura en el Anexo I y es parte integrante de la presente Ordenanza.

ARTÍCULO 2°.- Autorizar el dictado del mencionado curso en la Facultad Regional La Plata, con el cuerpo docente que figura en el Anexo II y es parte integrante de la presente Ordenanza, en el marco de lo establecido por la Ordenanza N° 1924 y la Resolución C.S. N° 420/15.

ARTÍCULO 3°.- Establecer que la propuesta mencionada en el Artículo precedente quedará supeditada al cronograma de dictado de las correspondientes actividades académicas de la Facultad Regional.

ARTÍCULO 4°.- Regístrese. Comuníquese y archívese.

ORDENANZA N° 2073

UTN
p.f.d.
l.p.
m.m.m.



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

ORDENANZA N° 2073

ANEXO I

CURSO DE POSGRADO

“INTRODUCCIÓN A LA FÍSICA DE LOS MATERIALES GRANULARES”

DOCTORADO EN INGENIERÍA, MENCIÓN MATERIALES

1. FUNDAMENTACIÓN

El curso Introducción a la Física de los Materiales Granulares es una propuesta académica orientada a contribuir en la formación de posgrado de físicos/as, ingenieros/as y profesionales de especialidades afines, en una temática fundamental para el desarrollo y la innovación en diversos sectores industriales y productivos, así como para la comprensión de diversos fenómenos naturales. Los materiales granulares, como arenas, gravas, polvos y cereales, son componentes esenciales en una amplia gama de industrias, desde la construcción y la minería hasta la farmacéutica y la agroindustria. El estudio detallado de sus propiedades físicas y mecánicas permite optimizar procesos de manejo, almacenamiento y transporte, así como mejorar la eficiencia y seguridad de sistemas productivos. Por lo tanto, una comprensión profunda de los fenómenos que rigen el comportamiento de estos materiales es crucial para ingenieros/as, científicos/as y técnicos/as que buscan impulsar la competitividad y sostenibilidad en sus respectivas áreas. El dictado de este curso no sólo ofrece una formación teórica sólida en aspectos fundamentales como la física de medios granulares, la descripción de abordajes experimentales y los métodos de simulación computacional, sino que también proporciona una visión aplicada a través de estudios de casos reales y experimentación práctica. Los/as estudiantes adquirirán habilidades para modelar y predecir el comportamiento de materiales



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

granulares bajo diferentes condiciones, lo cual es vital para el diseño y optimización de procesos industriales. Además, la formación en esta área fomenta la capacidad de innovación y solución de problemas complejos, contribuyendo así al avance tecnológico y económico de sectores clave.

En resumen, este curso se posiciona como una herramienta importante para formar profesionales altamente capacitados que puedan enfrentar y resolver los desafíos actuales y futuros relacionados con los materiales granulares en la industria.

2. JUSTIFICACIÓN

La necesidad de un curso de posgrado que aborde en profundidad el estudio de sistemas compuestos por materiales granulares, que son ubicuos tanto en sistemas naturales como en procesos industriales y tecnológicos, se justifica en la ausencia de contenidos específicos sobre esta temática en las carreras de grado en ciencias exactas, naturales o ingenierías. Si bien los programas de grado proporcionan una formación general en física, mecánica y matemáticas aplicadas, rara vez abordan con profundidad el comportamiento complejo y peculiar de los materiales granulares. Estos materiales presentan propiedades y desafíos únicos que requieren un enfoque especializado, incluyendo la comprensión de fenómenos como la compactación, el flujo y la estabilidad estructural, que no son cubiertos de manera exhaustiva en la educación de pregrado.

Además, el enfoque multidisciplinario necesario para abordar los problemas asociados con materiales granulares exige una integración de conocimientos que va más allá del alcance de los cursos tradicionales de grado. Un curso de posgrado dedicado permite a los estudiantes profundizar en técnicas avanzadas de modelado, simulación y análisis experimental que son esenciales para innovar y mejorar procesos industriales.



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

Esta formación especializada es indispensable para aquellos/as profesionales que desean liderar proyectos de investigación y desarrollo en sectores donde los materiales granulares juegan un papel crucial, proporcionando así una ventaja competitiva en sus carreras y contribuyendo al avance tecnológico y productivo de la industria.

3. OBJETIVOS

El objetivo general del curso es ofrecer al/la estudiante las bases teóricas y el conocimiento de la fenomenología básica de los materiales granulares.

Por otra parte, los objetivos específicos son:

- Proveer una visión actual de los avances actuales en el campo de estudio.
- Introducir al/la estudiante a diversos métodos experimentales.
- Promover en los/as estudiantes la incorporación de métodos de modelización y simulación computacional.

4. CONTENIDOS MÍNIMOS

Unidad 1. Leyes de contacto. Tribología. Leyes de Coulomb-Amontons. Respuesta mecánica de materiales. Contacto de Hertz (esfera-plano). Contacto con asperezas. Contacto tangencial. Fricción de rodadura. Modelos microscópicos. Colisiones. Modelos de fuerzas para simulación.

Unidad 2. Descripción estructural de empaquetamientos granulares. Compacidad. Número de coordinación. Función de correlación de pares. Función de autocovarianza. Parámetro de orden. Tensor de trama. Celdas de Voronoi. Polígonos de la red de contactos. Arcos. Relaciones entre descriptores estructurales.

Unidad 3. Descripción del estado tensional de empaquetamientos granulares. Fenomenología. Tensor de tensiones de Cauchy. Círculo de Mohr. Criterio de falla de Mohr-



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

Coulomb. Efecto Janssen. Modelo OSL. Otras relaciones constitutivas.

Unidad 4. Compactación de materiales granulares. Rango de compacidades. Dinámica de compactación por golpes. Efectos de memoria. Dinámica de relajación y heterogeneidades dinámicas. Recocido. Caracterización del golpe. Compactación por corte. Razón de Hausner e índice de compresibilidad.

Unidad 5. Estabilidad granular. Estabilidad individual y colectiva. Máximo ángulo de estabilidad (ángulo de talud). Ángulo de reposo. Ángulo neutro. Influencia de la humedad. Pilas y tambores rotantes. Reacomodamientos, precursores y avalanchas.

Unidad 6. Flujo de materiales granulares. Regímenes de flujo en silos. Caudal de descarga en silos (Beverloo). Presión en silos durante la descarga. Dilatancia de Reynolds. Celdas de Jenike y Shulze. Reología. Atascamiento.

Unidad 7. Efecto de la nuez de Brasil. Tamaño, densidad, aire, paredes, vibración. Convección, arcos, trinquete. Mezclas binarias. Minimización de la energía potencial. Depletion. Flotación en un gas granular. Segregación por flujo.

Unidad 8. Materiales granulares anisótropos. Correlación espacial de bastones. Fracción de volumen y relación de aspecto en bastones. Elipsoides. Distribución de tensiones en una pila. Distribución de tensiones en un silo.

Unidad 9. Simulación de materiales granulares. Modelado y simulación. Dinámica de colisiones (event driven). Elementos discretos (DEM). Deposición de Monte Carlo. Deposición balística. Pseudo dinámica. Modelos de red. Autómatas celulares.

Unidad 10. Mecánica estadística. El ensamble de Edwards. Compactividad. Aportes recientes. Angoridad. Equivalencia entre diferentes definiciones de temperatura granular. Tensor de estés macroscópico desde información microscópica.



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

5. DURACIÓN

El curso tendrá una duración de CIEN (100) horas.

6. METODOLOGÍA

Durante las clases teórico-prácticas se presentan los conceptos principales de cada unidad temática, exponiendo algunos desarrollos teóricos y publicaciones científicas que abordan experimentos y simulaciones. Se describen los principales modelos y resultados.

Cuando el formalismo matemático lo permita, se propondrá la realización de algunos ejercicios y experimentos sencillos. En los trabajos prácticos se realizarán experimentos de laboratorio para observar el efecto Janssen y la ley de Beberloo. Los/as estudiantes realizarán los experimentos, recolectarán archivos con los datos observados, y luego deberán generar y presentar un informe grupal indicando el marco teórico, la descripción de los materiales y equipos utilizados, los datos obtenidos y las conclusiones.

7. EVALUACIÓN Y APROBACIÓN

Para aprobar el curso, los/as estudiantes deberán presentar un Trabajo Final. El mismo podrá consistir en la realización de un experimento, entregando en este caso un informe detallado del mismo, o la exposición de una publicación del tema que resulte de su interés.



*Ministerio de Capital Humano
Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado*

ORDENANZA N° 2073

ANEXO II

CURSO DE POSGRADO
“INTRODUCCIÓN A LA FÍSICA DE LOS MATERIALES GRANULARES”
DOCTORADO EN INGENIERÍA, MENCIÓN MATERIALES
EN LA FACULTAD REGIONAL LA PLATA

Cuerpo Docente

- Dr. Luis PUGNALONI (DNI 23232333)
 - Dr. Carlos Manuel CARLEVARO (DNI 20189326)
 - Dra. María Alejandra AGUIRRE (DNI 20.231.517)
 - Dra. Jesica BENITO (DNI 29461773)
 - Dr. Marcos MADRID (DNI 27653843)
-