

PROGRAMA EDUCATIVO
LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL
EN COMPETENCIAS PROFESIONALES

PROGRAMA DE ASIGNATURA: TRIBOLOGÍA

CLAVE: E-TRB-3

Propósito de aprendizaje de la Asignatura		El estudiante contribuirá a los programas de mantenimiento de la maquinaria para reducir los costos, coadyuvar a la sustentabilidad y al medio ambiente, mediante la aplicación de los conceptos de la Tribología tales como fricción, desgaste, lubricación y análisis de aceite.			
Competencia a la que contribuye la asignatura		Optimizar las estrategias de mantenimiento, condiciones de operación de los equipos, los estudios de ingeniería y proyectos técnico-económicos mediante el análisis de factores humanos, tecnológicos, financieros para la gestión del plan maestro de mantenimiento que garantice la disponibilidad, confiabilidad, sostenibilidad y factibilidad de la planta, contribuyendo a la competitividad de la empresa a través de las nuevas tecnologías de la Industria para predecir, planear y controlar los procesos de mantenimiento y lograr los objetivos de la organización.			
Tipo de competencia	Cuatrimestre	Créditos	Modalidad	Horas por semana	Horas Totales
ESPECÍFICA	7	5.62	ESCOLARIZADA	6	90

Unidades de Aprendizaje	Horas del Saber	Horas del Saber Hacer	Horas Totales
	I. Fricción	10	15
II. Desgaste	10	15	25

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-1.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

III. Lubricación y Lubricantes	16	24	40
Totales	36	54	90

Funciones	Capacidades	Criterios de Desempeño
Garantizar la correcta operación de maquinaria , equipo e instalaciones mediante la aplicación de técnicas actuales y las mejores prácticas de mantenimiento para contribuir a la competitividad de la empresa	Diagnosticar equipo, maquinaria e instalaciones mediante técnicas de análisis predictivo y con ensayos no destructivos (termografía, vibraciones, ultrasonido, tribología, entre otras) aplicando modelos matemáticos y otras herramientas para la detección oportuna de fallas y optimización de las actividades de mantenimiento.	Presenta un reporte con el diagnóstico con las condiciones de operación de los sistemas electromecánicos utilizando técnicas predictivas (inspección visual, lubricación, análisis de aceite, termografía, ultrasonido, alineación con láser), que incluya alternativas de atención, corrección y mejora.
	Identificar las áreas de mejora en la eficiencia global de maquinaria , equipo e instalaciones mediante el análisis estadístico de los indicadores en trabajo conjunto con áreas de producción, proyectos, planeación, calidad, Ing. de planta, seguridad y compras, para incrementar la confiabilidad y rentabilidad en la empresa.	Presenta una propuesta con alternativas de atención, corrección y mejora en la implementación del plan maestro de mantenimiento basado en los resultados y seguimiento a la condición de maquinaria, equipo e instalaciones con técnicas avanzadas , involucrando las áreas relacionadas con el uso y mantenimiento del equipo.
	Asegurar la fiabilidad global de	Presenta una programa que incluya el cálculo y análisis de la

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-1.2
APROBO:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

	maquinaria , equipo e instalaciones mediante la coordinación de las actividades de grupos de trabajo para minimizar las fallas procurando la mejora continua y la calidad del servicio.	fiabilidad, así como los resultados de la implementación para maquinaria , equipo e instalaciones, basado en técnicas, como el análisis de causa raíz, análisis de modo y efectos de falla (AMEF), mantenimiento basado en la fiabilidad (RCM), entre otras.
Supervisar la seguridad e higiene industrial , el uso racional y eficiente de los recursos energéticos, y el correcto manejo integral de residuos mediante la aplicación de normas y estándares nacionales e internacionales para coadyuvar a la operación sustentable y sostenible de la unidad económica.	Controlar los riesgos ambientales y los agentes contaminantes generados por las actividades propias de mantenimiento: físicos, químicos y biológicos mediante el cumplimiento de la normatividad vigente para garantizar la seguridad, salud y respeto del medio ambiente.	Elabora un programa para el manejo de los agentes contaminantes presentes en su área de responsabilidad de acuerdo a normas y estándares nacionales e internacionales. Presenta órdenes de trabajo mediante el uso de herramientas tecnológicas que incluyan los aspectos referidos a la seguridad según el tipo de actividad y la normatividad vigente.
	Estructurar acciones específicas de contingencia en la unidad económica mediante la aplicación de análisis de riesgo en el caso de interrupción del servicio para conservar la integridad de las personas, instalaciones, equipos y procesos.	Elabora un análisis de riesgos que permita identificar los diferentes tipos de amenazas en los procesos productivos. Elabora e implemente un plan de contingencia del área asignada bajo su responsabilidad que asegure el restablecimiento del servicio. Presenta un reporte de las posibles causas que ocasionaron la falla.
	Mejorar el uso de los recursos energéticos mediante proyectos de ahorro y calidad de la energía para la reducción de costos de	Presentar un proyecto integral de ahorro y calidad de la energía, que contemple el costo-beneficio considerando el medio ambiente y nuevas tecnologías, acorde a la normatividad y estándares vigentes aplicables .

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-1.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

	operación y la disminución del impacto ambiental.	
Integrar proyectos de innovación a los sistemas productivos con enfoque en la mantenibilidad mediante la utilización de nuevas tecnologías para mejorar la operatividad de la empresa.	Proponer sistemas de control automatizado usando las nuevas tecnologías para eficientar la funcionalidad del mantenimiento y de los procesos.	Presenta propuestas de proyectos de automatización de maquinaria, equipo e instalaciones que incluyan el uso de tecnologías y manejo de información de mantenimiento considerando aspectos de seguridad, higiene y medio ambiente.

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-1.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

UNIDADES DE APRENDIZAJE

Unidad de Aprendizaje	I. Fricción					
Propósito esperado	El estudiante implementará prácticas en la operación de máquinas para generar ahorros en los costos de mantenimiento, el uso de recursos naturales y la reducción de la contaminación al medio ambiente, mediante la aplicación de la ciencia de la tribología.					
Tiempo Asignado	Horas del Saber	10	Horas del Saber Hacer	15	Horas Totales	25

Temas	Saber Dimensión Conceptual	Saber Hacer Dimensión Actuacional	Ser y Convivir Dimensión Socioafectiva
Fundamentos de la Tribología	<p>Describir los conceptos de tribología.</p> <p>Identificar las oportunidades de ahorro en los costos de mantenimiento.</p> <p>Identificar los pares tribológicos y sus efectos en las instalaciones industriales.</p>	<p>Establecer la importancia de la tribología en el sector industrial.</p> <p>Gestionar áreas de oportunidad de ahorro económico al desarrollar las actividades de operación y mantenimiento en la maquinaria.</p> <p>Inspeccionar los parámetros de los pares tribológicos en la maquinaria.</p>	<p>Desarrollar un pensamiento analítico y deductivo a través de la identificación de conceptos para resolver problemas en su formación académica o su entorno.</p> <p>Toma de decisión con asertividad y honestidad para realizar actividades en forma individual y en equipo en forma proactiva.</p>
Contacto. (modelo físico)	Identificar los diferentes esfuerzos en	Mostrar los diferentes esfuerzos	

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-1.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

de contacto Hertz, Esfuerzos de contacto)	los pares tribológicos (Hertz, cortantes, elásticos, etc.)	en los pares tribológicos.	
Tipos de Fricción. (estática, dinámica, seca, lubricada, por rodadura y deslizamiento)	<p>Explicar las características de la fricción deslizante, la fricción por rodadura, la fricción por rotación y la fricción combinada y la rugosidad</p> <p>Explicar las ecuaciones para calcular: la fricción estática deslizante, fricción estática de rotación, fricción dinámica en movimiento deslizante, fricción dinámica en movimiento de rotación.</p>	<p>Medir la rugosidad de varias superficies de elementos de máquina utilizando un rugosímetro.</p> <p>Determinar en forma práctica, porcentajes de contacto entre superficies.</p> <p>Estimar el nivel de compatibilidad entre dos metales que estarán en contacto y su interpretación.</p> <p>Determinar entre qué rangos de rugosidad se encontrará la superficie y viceversa, conociendo el tipo de maquinado realizado en un elemento de máquina.</p> <p>Estimar valores de fricción: estática deslizante, estática de rotación, dinámica en movimiento deslizante, dinámica en movimiento de rotación.</p>	

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-1.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

Consumo energético por Fricción	Explicar el concepto de consumo energético por fricción en cojinetes lisos, rodamientos y engranajes.	Demostrar el consumo de energía por fricción en los componentes.	
Factores que afectan la fricción	Enlistar los factores que afectan la fricción en los elementos mecánicos.	Diagnosticar los factores que afectan la fricción en los elementos mecánicos.	

Proceso Enseñanza-Aprendizaje			
Métodos y técnicas de enseñanza	Medios y materiales didácticos	Espacio Formativo	
		Aula	
Análisis de casos prácticos	Equipos de Laboratorio	Laboratorio / Taller	X
Práctica de laboratorio	Instrumentos de medición	Empresa	
Tareas de investigación	Visitas a empresas		
	Simuladores		

Proceso de Evaluación		
Resultado de Aprendizaje	Evidencia de Aprendizaje	Instrumentos de evaluación
Lo estudiantes identificarán el concepto y la importancia de la en la operación y mantenimiento de una máquina identificando las partes del sistema tribológico	A partir de un caso, elabora un reporte del diseño de planes para mejorar la operación y mantenimiento de la maquinaria aplicando la ciencia de la tribología y que incluya las causas que originan el incremento de la fricción de los elementos mecánicos mediante la	Rúbrica Guía de observación
Lo estudiantes identificarán el procedimiento de		

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-1.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

<p>elaboración de planes que coadyuven al mejoramiento de la operación y el mantenimiento de la maquinaria aplicando la ciencia de la tribología</p> <p>Lo estudiantes identificarán las características de forma de la superficie, utilizando el rugosímetro y técnicas prácticas de inspección</p> <p>Lo estudiantes identificarán pares de superficies que tienen mayor adhesividad molecular entre ambos y además relaciona el tipo de maquinado con el grado de rugosidad de la superficie</p>	<p>medición de las características de la superficie como rugosidad y temperatura, y reconocer la estructura molecular de los materiales.</p>	
---	--	--

Unidad de Aprendizaje	II. Desgaste				
Propósito esperado	El estudiante identificará el mecanismo de desgaste predominante para prevenir la falla de los sistemas tribológicos.				
Tiempo Asignado	Horas del Saber	10	Horas del Saber Hacer	15	Horas Totales 25

Temas	Saber	Saber Hacer	Ser y Convivir
-------	-------	-------------	----------------

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-1.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

	Dimensión Conceptual	Dimensión Actuacional	Dimensión Socioafectiva
Mecanismos de desgaste. (Abrasivo, adhesivo, mecánico corrosivo, erosivo, etc.)	Identificar las causas del: desgaste abrasivo desgaste adhesivos desgaste por fractura desgaste por corrosión desgaste por erosión desgaste por cavitación	Determinar el mecanismo de desgaste predominante en el par tribológico	Desarrollar un pensamiento analítico y deductivo a través de la identificación de conceptos para resolver problemas en su formación académica o su entorno. Toma de decisión con asertividad y honestidad para realizar actividades en forma individual y en equipo en forma proactiva.
Indicadores del desgaste. (Desgaste lineal, D. gravimétrico, Volumétrico, Intensidad del desgaste, resistencia al desgaste)	Describir los indicadores del desgaste predominante en un sistema tribológico	Determinar la magnitud del desgaste en el sistema tribológico	
Métodos y formas de incrementar la resistencia al desgaste	Describir los diferentes métodos de diseño, tratamientos y recubrimientos que reducen el desgaste	Seleccionar el método idóneo de diseño y tratamiento superficial de los elementos del par tribológico	
Factores que afectan al desgaste	Enlistar los factores (factores de acción de carga externa, velocidad, temperatura, polvos, medio ambiente, regímenes de fricción lubricada, montaje de equipos) que afectan el desgaste	Determinar los factores predominantes que afectan el mecanismo de desgaste en los elementos del par tribológico	

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-1.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

Proceso Enseñanza-Aprendizaje			
Métodos y técnicas de enseñanza	Medios y materiales didácticos	Espacio Formativo	
		Aula	
Análisis de casos prácticos Práctica de laboratorio Tareas de investigación	Equipos de Laboratorio Instrumentos de medición Visitas a empresas Simuladores	Laboratorio / Taller	X
		Empresa	

Proceso de Evaluación		
Resultado de Aprendizaje	Evidencia de Aprendizaje	Instrumentos de evaluación
Identificar los diferentes tipos de desgaste Identificar las fallas por desgaste en los elementos mecánicos Comprender el nivel de desgaste que se presenta en un elemento mediante el cálculo Interpretar los mecanismos de falla por desgaste e identificando las acciones correctivas que garantizan	A partir de un caso, elabora un reporte del diseño de planes para mejorar la operación y mantenimiento de la maquinaria aplicando la ciencia de la tribología y que incluya las causas que originan el incremento del desgaste de los elementos mecánicos de los elementos que constituyen el par tribológico mediante la cuantificación de sus indicadores	Rúbrica Guía de observación

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-1.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

el incremento de la durabilidad de los elementos que forman uniones tribológicas		
--	--	--

Unidad de Aprendizaje	III. Lubricación y lubricantes					
Propósito esperado	El estudiante determinará el lubricante para su correcta aplicación en los sistemas tribológicos.					
Tiempo Asignado	Horas del Saber	16	Horas del Saber Hacer	24	Horas Totales	40

Temas	Saber	Saber Hacer	Ser y Convivir
	Dimensión Conceptual	Dimensión Actuacional	Dimensión Socioafectiva
Funciones de los lubricantes	Definir las funciones de los lubricantes	Determinar el lubricante adecuado en base a las funciones de aplicación en el par tribológico	Desarrollar un pensamiento analítico y deductivo a través de la identificación de conceptos para resolver problemas en su formación académica o su entorno. Toma de decisión con asertividad y honestidad para realizar actividades en
Tipos de Lubricantes y sus propiedades. (sólidos, semisólidos, líquidos, sintéticos Lubricantes Biodegradables, ecológicos, no tóxicos, etc.) (normas)	Diferenciar los tipos lubricantes utilizados en máquinas y equipos industriales	Seleccionar el tipo de lubricante idóneo en base a las condiciones de trabajo del par tribológico	
Regímenes de fricción	Explicar las características de los	Diferenciar el comportamiento de	

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-1.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

lubricada	regímenes de lubricación en función de la curva de Stribeck De capa límite mixta Hidrodinámica Elastohidrodinámica	la película lubricante de acuerdo a la carga, la velocidad, la temperatura y el medio ambiente en la que opera un sistema tribológico determinado.	forma individual y en equipo en forma proactiva.
Criterios para la adecuada selección de los lubricantes	Explicar los criterios de selección de los lubricantes (grasas y aceites minerales y sintéticos) en uniones tribológicas	Seleccionar el lubricante correcto en las uniones tribológicas	
Métodos de aplicación de los lubricantes. (Lubricación de elementos de máquina)	Identificar los métodos y criterios de aplicación de los lubricantes en los diferentes pares tribológicos Identificar los sistemas de aplicación de los lubricantes	Establecer el método y criterio de aplicación del lubricante en los pares tribológicos	
Manejos y disposición de los lubricantes de acuerdo a las normas aplicables	Identificar normas para el almacenamiento de lubricantes, (NOM y EMA).	Diseñar un sistema de almacenamiento y disposición de lubricantes en base a las normas vigentes aplicables	
Control de calidad de los lubricantes.	Describir la importancia de las características de los lubricantes en el	Validar la importancia de los características de los lubricantes	

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-1.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

	aseguramiento de calidad durante su almacenamiento y la exploración de las máquinas y equipos industriales	en el aseguramiento de calidad durante su almacenamiento y la exploración de las máquinas y equipos industriales	
Análisis del Lubricante. (Muestreo de aceites, Pruebas de análisis de aceite, Interpretación de resultados, Análisis de partículas de desgaste, Emisión de resultados)	Describir en qué consisten las pruebas que se le realizan a los lubricantes: grado de salud del aceite grado de contaminación	Diagnosticar el grado de salud del lubricante en cuanto a sus condiciones actuales	

Proceso Enseñanza-Aprendizaje		
Métodos y técnicas de enseñanza	Medios y materiales didácticos	Espacio Formativo

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-1.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

		Aula	
Análisis de casos	Equipos de Laboratorio	Laboratorio / Taller	x
Tareas de investigación	Instrumentos de medición	Empresa	
Desarrollo de proyecto	Simuladores Material multimedia con casos reales		

Proceso de Evaluación		
Resultado de Aprendizaje	Evidencia de Aprendizaje	Instrumentos de evaluación
<p>Identificar las características de la película de lubricante: De capa límite, mixta, hidrodinámica, elastohidrodinámica, regímenes de lubricación en función de la velocidad (curva de Stribeck), composición de los aceites lubricantes (aceite base y aditivos), de los aceites minerales y sintéticos, grasas, lubricantes sólidos y fase vapor.</p> <p>Analizar la lubricación efectiva de los rodamientos, cojinetes, engranes, levas y cadenas de rodillos en base a las condiciones de trabajo y las características de los lubricantes.</p>	<p>A partir de un proyecto, elaborará un programa de mantenimiento preventivo en lubricación de elementos de máquina en forma adecuada considerando carga, velocidad, condiciones ambientales, su método de aplicación y periodos de lubricación.</p>	<p>Rubrica Evaluación de desempeño</p>

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-1.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

Perfil idóneo del docente		
Formación académica	Formación Pedagógica	Experiencia Profesional
Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Electromecánica, Mecatrónica, Mantenimiento Industrial o carreras afines a las áreas de Mantenimiento	Conocimiento en el proceso enseñanza-aprendizaje, uso de entornos colaborativos e interactivos, uso de herramientas tecnológicas y de simulación, cursos relacionados con pedagogía y habilidades docentes	Experiencia docente de acuerdo con su formación académica. Experiencia profesional en mantenimiento industrial

Referencias bibliográficas					
Autor	Año	Título del documento	Lugar de publicación	Editorial	ISBN
G.W. Stachowiak A.W. Batchelor	1993	Engineering Tribology	Netherlands	ELSEVIER	0-444-89235-4
Francisco Martínez Pérez	2006	LA Tribología, Ciencia y Técnica para el Mantenimiento	México	LIMUSA	968-18-5317-2
Bharat Bhushan	2000	Modern Tribology	United state of America	CRC PRESS	0-8493-8403-6

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-1.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

		Handbook, Vol I			
Bharat Bhushan	2000	Modern Tribology Handbook, Vol 2	United state of America	CRC PRESS	9780429126727
Bharat Bhushan	1999	Principles and Aplications of Tribology	United state of America	CRC PRESS	0-471-59407-5
Pedro Ramón Albarracín Aguillón	2006	Tribología y Lubricación Industrial y Automotriz, Ed. 4	Colombia	Lemoine Editores	8057000
Pedro Ramón Albarracín Aguillón	2015	Tribología y Lubricación 5ta Ed, Tomo I	Colombia	Talleres Gráficos de Litochoa	000129299
V.L.Popov	2020	Principios y Aplicaciones de la Mecánica de Contacto en Tribología, Fricción y Adherencia	España	Unión de Editoriales Universitarias Españolas	978-849717702-3
Willian Pablo Castillo Herrera Oscar Gabriel Toapanta Cunalata	2019	Principios de Tribología aplicados en la Ingeniería Mecánica	España	Editorial Área de Innovación y Desarrollo, S. L.	978-84-121167-2-4
Michael M. Khonsari E. Richard Booser	2008	Aplied Tribology, Bearing Desing and Lubrication, Second Edition	UK	Jhon Wiley & Sons, Ltd	978-0-0470-05711-7

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-1.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	

Referencias digitales			
Autor	Fecha de recuperación	Título del documento	Vínculo
ASTM International	25/04/2024	Normas ASTM de Tribología	la.astm.org/es/standards/
SKF	25/04/2024	Selección del tamaño de rodamiento utilizando la fórmula de la vida útil	skf.com/mx
Matweb	25/04/2024	Base de datos de propiedades materiales lubricantes	matweb.com/search/materialGroupSearch.aspx

ELABORÓ:	DGUTYP	REVISÓ:	DGUTYP	F-DA-01-PA-LIC-1.2
APROBÓ:	DGUTYP	VIGENTE A PARTIR DE:	SEPTIEMBRE DE 2024	