



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
PLAN DE ESTUDIOS DE LA LICENCIATURA
EN INGENIERÍA QUÍMICA**



| | | | | |
|--|--------------------|---------------------|-----------------------------|----------------------------|
| PROGRAMA DE LA ASIGNATURA DE: | | | | |
| PAPEL Y CELULOSA | | | | |
| IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA | | | | |
| MODALIDAD: | | Curso | | |
| TIPO DE ASIGNATURA: | | Teórico/Práctico | | |
| SEMESTRE EN QUE SE IMPARTE: Octavo o Noveno | | | | |
| CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: Optativa paquete terminal | | | | |
| NÚMERO DE CRÉDITOS: | | 12 | | |
| HORAS A LA SEMANA: 7 | Teóricas: 5 | Prácticas: 2 | Semanas de clase: 16 | TOTAL DE HORAS: 112 |
| SERIACIÓN: Si (X) No () Obligatoria (X) Indicativa () | | | | |
| SERIACIÓN ANTECEDENTE: Seriación por bloques. Haber aprobado por lo menos el 80% de las asignaturas de los 6 primeros semestres | | | | |
| SERIACIÓN SUBSECUENTE: Ninguna | | | | |

OBJETIVO GENERAL:
Conocer las propiedades y características de la materia prima empleada para la obtención de pulpas celulósicas y adquirir los conocimientos básicos para la comprensión de los diversos procesos de obtención de la pulpa empleada para la fabricación de papel. Mostrar diferentes procesos de elaboración de papel y cartón de la industria papelera de México

| ÍNDICE TEMÁTICO | | | |
|------------------------|---|-----------------------|------------------------|
| UNIDAD | TEMAS | Horas Teóricas | Horas prácticas |
| 1 | Importancia del Papel. | 4 | 0 |
| 2 | Materias Primas para la Obtención de la Pulpa de Papel | 10 | 4 |
| 3 | Composición Química de la Madera | 12 | 4 |
| 4 | Procesos de Producción de Pasta Mecánica | 14 | 6 |
| 5 | Formación de Hoja de Papel. Tratamiento Superficial de Papel y Cartón | 14 | 6 |
| 6 | Contaminación en las Aguas Residuales y el Aire por la Industria Papelera, Características y Tratamiento. | 14 | 6 |
| 7 | Tipos de Papel y Cartón de mayor Interés | 12 | 6 |

| | | | |
|--|---------------------------------|------------|-----------|
| | Comercial | | |
| | TOTAL DE HORAS TEÓRICAS | 80 | 0 |
| | TOTAL DE HORAS PRÁCTICAS | 0 | 32 |
| | TOTAL DE HORAS | 112 | |

CONTENIDO TEMÁTICO

1. IMPORTANCIA DEL PAPEL.

- 1.1 Reseña histórica del papel.
 - 1.1.1 El papel a través de los tiempos
 - 1.1.2 El papel indígena y en la época colonial en México
- 1.2 Evolución tecnológica de la pulpa y el papel
- 1.3 Repercusión de la industria papelera en la vida social, económica y tecnológica del hombre

2. MATERIAS PRIMAS PARA LA OBTENCIÓN DE LA PULPA DE PAPEL

- 2.1 Análisis de las diferentes materias primas empleadas para la obtención de papel
 - 2.1.1 Clasificación de diferentes tipos de fibras.
 - 2.1.1.1 Fibras vegetales no maderables para la obtención de papel. Propiedades y usos
 - 2.1.1.2 Fibras animales y minerales para la obtención de papel. Propiedades y usos
 - 2.1.1.3 Fibras sintéticas para la obtención de papel. Propiedades y usos
- 2.2 La madera como principal fuente de obtención de papel
 - 2.2.1 Estructura de la madera
 - 2.2.1.1 Partes del árbol
 - 2.2.1.2 Diferentes partes del tallo
 - 2.2.1.3 Estudio y conocimiento de la corteza, madera y médula
- 2.3 Textura y grano de la madera
- 2.4 Maderas suaves y maderas duras
 - 2.4.1 Identificación de las maderas suaves y maderas duras
 - 2.4.2 Estructura de las maderas suaves y maderas duras
- 2.5 Principales propiedades físicas de la madera
 - 2.5.1 Peso específico
 - 2.5.2 Contenido de la humedad
 - 2.5.3 Peso de la madera
 - 2.5.4 Contracción de la madera
- 2.6 Abastecimiento y preparación de la madera
 - 2.6.1 Preparación de la madera
 - 2.6.1.1 Cultivo y corte
 - 2.6.1.2 Transportación de la madera
 - 2.6.1.3 Descortezado de la madera y equipo empleado
 - 2.6.2 Producción de astillas

- 2.6.2.1 Equipo empleado
- 2.6.2.2 Clasificación de las astillas

3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MADERA

- 3.1 Principales componentes que forman la madera
- 3.2 Celulosa
 - 3.2.1 Características de la celulosa
 - 3.2.2 Estructura Química
 - 3.2.3 Propiedades físicas y químicas
 - 3.2.4 Hidrólisis y oxidación de la celulosa
 - 3.2.5 Relación celulosa-agua
- 3.3 Hemicelulosa
 - 3.3.1 Características de la hemicelulosa
 - 3.3.2 Estructura Química
 - 3.3.3 Propiedades químicas y físicas
 - 3.3.4 Hidrólisis de la hemicelulosa
 - 3.3.5 Importancia de la hemicelulosa en la pulpa
- 3.4 Diferencias entre la celulosa y hemicelulosa
- 3.5 Extractos de madera
 - 3.5.1 Diversos tipos de extractos presentes en la madera
 - 3.5.2 Problemas ocasionados por la presencia de los extractos en la madera para obtención de la pulpa
 - 3.5.3 Descripción de algunos métodos de separación de extractos
- 3.6 Lignina
 - 3.6.1 Estructura química
 - 3.6.2 Propiedades físicas y químicas
 - 3.6.3 Reacciones de oxidación, hidrólisis y halogenación
- 3.7 Métodos de aislamiento de la lignina
- 3.8 Utilización de la lignina

4. PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE PASTA MECÁNICA

- 4.1 Procesos de obtención de pulpa
 - 4.1.1 Pasta mecánica
 - 4.1.2 Alcalinas al sulfato (Kraft) y a la sosa
 - 4.1.3 Al sulfito
 - 4.1.4 Semiquímicas
 - 4.1.5 A partir de trapo
 - 4.1.6 A partir de paja
 - 4.1.7 A partir de bagazo de caña
- 4.2 Características de la pasta o pulpa mecánica
 - 4.2.1 Pastas mecánicas
 - 4.2.2 Pulpas químicas alcalinas y al sulfito
 - 4.2.3 Pulpas alcalinas al sulfato (Kraft) y a la sosa
 - 4.2.4 Pulpas semiquímicas
- 4.3 Diferentes papeles y cartones fabricados a partir de pasta mecánica
 - 4.3.1 De pasta mecánica
 - 4.3.2 De pulpas alcalinas y al sulfito

- 4.3.3 De pulpas alcalinas al sulfato (Kraft) y a la sosa
- 4.3.4 De pulpas semiquímicas
- 4.4 Proceso de depuración de la pulpa
 - 4.4.1 Equipo empleado
 - 4.4.2 Variables a controlar
- 4.5 Proceso limpieza de la pulpa
 - 4.5.1 Equipo empleado
 - 4.5.2 Variables a controlar
- 4.6 Proceso de blanqueo de la pulpa
 - 4.6.1 Equipo empleado
 - 4.6.2 Variables a controlar
- 4.7 Utilización de papel y cartón de desperdicio
 - 4.7.1 Diversos tipos de papel y cartón de desperdicio recolectados
 - 4.7.2 Formas de escogido del papel y cartón
 - 4.7.3 Desfibración del papel de desperdicio
 - 4.7.4 Proceso de desentintando
- 4.8 Preparación de las pulpas celulósicas
 - 4.8.1 Etapa Química. Cargas y aditivos
 - 4.8.1.1 Concepto de carga y aditivo
 - 4.8.1.2 Características de las cargas y aditivos
 - 4.8.1.3 Principales cargas y aditivos utilizados para la fabricación del papel y cartón
 - 4.8.1.4 Influencia de las cargas y aditivos en las propiedades del papel y cartón elaborados
 - 4.8.2 Etapa mecánica
 - 4.8.2.1 Desfibrado o pulpeado de las pulpas celulósicas
 - 4.8.2.2 Refinado o batido de las pulpas celulósicas
 - 4.8.2.3 Mezclado de las pulpas celulósicas
- 4.9 Encolado interno
 - 4.9.1 La importancia e influencia del encolado en el papel y cartón
 - 4.9.2 Tipos de encolados
 - 4.9.3 Encolado interno
 - 4.9.3.1 Concepto de encolado interno
 - 4.9.3.2 Materia prima empleada en el encolado interno
 - 4.9.3.3 Factores que afectan al encolado
 - 4.9.3.4 Teorías del encolado interno

5. FORMACIÓN DE HOJA DE PAPEL. TRATAMIENTO SUPERFICIAL DE PAPEL Y CARTÓN

- 5.1 Procesos industriales para la fabricación de papel.
 - 5.1.1 Tipos
 - 5.1.2 Características
- 5.2 Características y Propiedades de papeles hecho a mano
 - 5.2.1 Gramaje, Humedad, Absorción de agua;
 - 5.2.2 Proceso de elaboración (Molino)
 - 5.2.3 Refinación de pulpa
 - 5.2.4 Formación de la hoja

- 5.2.5 Prensado, Secado
- 5.2.6 Aditivos: Colorantes, encolado y de resistencia interna.
- 5.3 Orden de adición de los diferentes componentes celulósicos y no celulósicos de la pasta
- 5.4 Etapas previas y equipo empleado a las que son sometidas las pulpas antes de la entrada a la máquina Fourdrinier y equipo empleado
- 5.5 Descripción del proceso de formación de la hoja en la máquina Fourdrinier
 - 5.5.1 Proceso de drenado
 - 5.5.1.1 Equipo y función
 - 5.5.1.2 Características y variables
 - 5.5.2 Proceso de prensado
 - 5.5.2.1 Equipo y función
 - 5.5.2.2 Características y variables
 - 5.5.3 Proceso de secado
 - 5.5.3.1 Equipo empleado y función principal en la máquina
 - 5.5.3.2 Características y variables que participan en esta etapa
- 5.6 Encolado Externo
 - 5.6.1 Concepto de encolado externo
 - 5.6.2 Materias primas empleadas en el encolado externo
 - 5.6.3 Equipo empleado
 - 5.6.4 Factores que afectan al encolado externo
 - 5.6.5 Influencia del encolado externo en el papel y cartón
- 5.7 Calandrado
 - 5.7.1 Concepto de calandrado
 - 5.7.2 Equipo empleado
 - 5.7.3 Factores que afectan al calandrado
 - 5.7.4 Influencia del calandrado en el papel y cartón

6. CONTAMINACIÓN EN LAS AGUAS RESIDUALES Y EL AIRE POR LA INDUSTRIA PAPELERA, CARACTERÍSTICAS Y TRATAMIENTO.

- 6.1 Componentes de efluentes con potencial de contaminación
 - 6.1.1 Principales fuentes de contaminación del efluente en la industria papelera
 - 6.1.2 Principales análisis y ensayos de cuantificación: Oxígeno disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendidos, Turbiedad, color, pH
 - 6.1.3 Tipos de tratamiento externos que se someten a los efluentes de las fábricas de papel
 - 6.1.3.1 Tratamiento primario: floculación, sedimentación, flotación
 - 6.1.3.2 Tratamiento secundario: barros activados, lagunas de aireación, lechos percoladores, lechos móviles, sistemas anaeróbicos
 - 6.1.4 Tratamiento de los sólidos obtenidos
 - 6.1.5 Normatividad para su control ambiental

6.2 Componentes atmosféricos con potencial de contaminación atmosférica en la industria papelera

6.2.1 Principales fuentes de contaminación atmosférica en la industria papelera

6.2.2 Tratamientos internos para reducir la contaminación del aire

6.2.3 Equipo de control para la contaminación atmosférica

7. TIPOS DE PAPEL Y CARTÓN DE MAYOR INTERÉS COMERCIAL

7.1 Propiedades que ofrecen estos productos al consumidor y usos

7.2 Importancia del control de calidad de los papeles y cartones

7.3 Características medibles y no medibles

7.4 Revisión de algunos métodos de evaluación de las características medibles en los papeles y cartones:

7.4.1 Propiedades generales

7.4.1.1 Peso base

7.4.1.2 Espesor

7.4.1.3 Humedad

7.4.2 Propiedades físicas

7.4.2.1 Tensión

7.4.2.2 Rasgado

7.4.2.3 Explosión

7.4.2.4 Porosidad

7.4.2.5 Resistencia superficial

7.4.2.6 Lisura

7.4.2.7 Doble

7.4.3 Propiedades químicas

7.4.3.1 Cenizas

7.4.3.2 pH

7.4.3.3 Encolado (penetración de agua)

7.4.4 Propiedades ópticas

7.4.4.1 Brillantez

7.4.4.2 Opacidad

7.4.4.3 Blancura

7.4.4.4 Color

7.5 Algunas formas de evaluación de las características no medibles en los papeles y cartones:

7.5.1 Formación

7.5.2 Suciedad

7.5.3 Perforaciones

7.5.4 Arrugas

7.5.5 Pliegues

7.5.6 Marcas

7.5.7 Estabilidad dimensional

7.6 Revisión de algunos métodos de evaluación de las propiedades de las pulpas para su control de calidad:

7.6.1 Blancura

7.6.2 Limpieza

- 7.6.3 Viscosidad
- 7.6.4 Número de Kappa
- 7.6.5 Consistencia
- 7.6.6 Freeness
- 7.6.7 Humedad

ACTIVIDADES PRÁCTICAS.

Se llevará a cabo un proyecto experimental en el laboratorio de la nave 1000 de IQ, el cual consistirá en obtener pulpa de fibras de celulosa para la elaboración de papel a nivel laboratorio, determinando sus propiedades mecánicas, físicas y químicas.

Además también se plantea obtener pulpa de fibras de celulosa para la elaboración de papel a nivel planta piloto determinando de la misma manera sus propiedades mecánicas, físicas y químicas.

Por otra parte, se sugiere llevar a cabo proyectos en donde se involucre el blanqueo, pulpeo y refinado de las pulpas tanto a nivel laboratorio como a nivel planta piloto, encontrando las condiciones óptimas de cada etapa.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

- Bajpai P. Environmentally Friendly Production of Pulp and Paper. John Wiley & Sons, USA, 2010.
- Karl-Erik L. Eriksson. Biotechnology in the Pulp and Paper Industry (Advances in Biochemical Engineering Biotechnology). Springer, Germany, 2010.
- Area, M. C. Panorama de la industria de celulosa y papel en Iberoamérica. Misiones: Red Iberoamericana de Docencia e investigación en Celulosa y Papel (Riadicyp) 2008
- Hunter D. Papermaking: The History and Technique of an Ancient Craft. New York. 2011.
- Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8th ed. New York. 2007.

COMPLEMENTARIA:

- Smith M. The U.S. Paper Industry and Sustainable Production. The MIT Press, USA, 1997.
- Biermann C. J. Handbook of Pulping and papermaking. 2^a ed. Academic Press. USA. 1996.
- Casey J. P. Pulp and paper Chemistry and Chemical Technology. 3rd ed. Wiley Interscience. New York, 1983

CIBERGRAFÍA

<http://www.inti.gob.ar/celulosaypapel/biblioteca/pdf/boletin1.pdf>

<http://www.risiinfo.com/pulp-paper/magazine/ppi/archives?>

<http://journalseek.net/cgi-bin/journalseek/journalsearch.cgi?>

SUGERENCIAS DIDÁCTICAS RECOMENDADAS PARA IMPARTIR LA ASIGNATURA

| SUGERENCIAS DIDÁCTICAS | UTILIZACIÓN EN EL CURSO |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| Exposición oral | X |
| Exposición audiovisual | X |
| Actividades prácticas dentro de clase | X |
| Ejercicios fuera del aula | |
| Seminarios | X |
| Lecturas obligatorias | X |
| Trabajo de investigación | X |
| Prácticas de Taller | |
| Otras | |

MECANISMOS DE EVALUACIÓN.

| ELEMENTOS UTILIZADOS PARA EVALUAR EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE | UTILIZACIÓN EN EL CURSO |
|---|--------------------------------|
| Exámenes parciales | X |
| Examen final | X |
| Trabajos y tareas fuera del aula | X |
| Exposición de seminarios por los alumnos. | X |
| Participación en clase | X |
| Asistencia | |

| PERFIL PROFESIOGRÁFICO REQUERIDO PARA IMPARTIR LA ASIGNATURA | | | |
|---|----------|--------------------|---------------|
| LICENCIATURA | POSGRADO | ÁREA INDISPENSABLE | ÁREA DESEABLE |
| Ingeniería Química ó, Química | | Ingeniería química | |
| Con experiencia docente | | | |