

Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo			
P1- PROGRAMA DE ASIGNATURA			
Asignatura:	APROVECHAMIENTOS HIDRAULICOS		
Profesor Titular:	Mg. Ing. Juan Carlos Cacciavillani		
Carrera:	Ingeniería Civil		
Año: 2023	Semestre: 10°	Horas Semestre: 75	Horas Semana: 5

OBJETIVOS

- ◆ Adquisición de conocimientos de detalles constructivos y desarrollo de competencias para diseñar hidráulicamente los diferentes componentes del circuito de generación asociado a un Aprovechamiento Hidroeléctrico.
- ◆ Lograr mediante la integración teórica práctica: diseñar a nivel básico el circuito de generación hidráulica de un aprovechamiento hidroeléctrico teniendo en cuenta aspectos técnicos económicos y ambientales.

CONTENIDOS

UNIDAD 1. APROVECHAMIENTOS HIDRAULICOS

1.A. Conceptos generales sobre aprovechamientos hidráulicos. Aprovechamientos hidráulicos de aguas superficiales de usos múltiples con y sin regulación. Embalse regulador. Capacidad reguladora. Tipos de regulación. Aprovechamientos hidráulicos para la producción de energía eléctrica. Embalse Compensador. Aprovechamientos en cascada.

1.B. Potencia hidráulica y mecánica de acuerdo a normas internacionales. Caudal, Caída disponible y aprovechable. Rendimientos de las unidades generadoras. Diagrama de potencia del aprovechamiento.

1.C. Elementos constitutivos y función de los componentes del circuito de generación de un aprovechamiento hidroeléctrico. Clasificación de las centrales hidráulicas según caudal, caída y condiciones de regulación que disponen. Centrales de bombeo. Centrales mareomotrices.

UNIDAD 2. CONFIGURACIONES TÍPICAS DE APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

2.A. Esquemas conceptuales de un proyecto de un Aprovechamiento Hidroeléctrico y su vinculación con la tipología del río. Derivaciones a pelo libre o a presión y su vinculación con el tipo de regulación.

2.B. Saltos bruto y neto conforme normas internacionales. Pérdidas de carga. Niveles de embalse y de restitución. Definición de salto neto nominal y determinación de saltos netos característicos de un Aprovechamiento Hidroeléctrico.

UNIDAD 3. ETAPAS DE PROGRESO, ELABORACION Y EVALUACION TECNICA ECONOMICA DE UN PROYECTO HIDROELECTRICO

3.A. Información base y etapas de elaboración de un proyecto hidroeléctrico: Inventario Prefactibilidad. Factibilidad. Proyecto Básico y documentos contractuales, Proyecto Ejecutivo, Planos conforme a obra y Manuales de operación y Mantenimiento. Definición, objetivos, escalas, estudios e información a recabar y análisis técnico económico de cada etapa.

3.B. Estudios Hidrológicos (curvas características), sedimentológicos, topográficos, geotécnicos, geofísicos y ambientales.

UNIDAD 4. INTERRELACION ENTRE EL APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO Y EL SISTEMA ELECTRICO

4.A. La Energía Eléctrica en su faz industrial. Evolución nacional e internacional de los Mercados Eléctricos. Diagrama de carga. Factores de servicio.

4.B. Capacidad de las obras y maquinas en relación con la Curva de Carga. Interconexión al MEM. Costo de la Energía eléctrica. Sistemas de remuneración: energía, potencia y disponibilidad. Marcos regulatorios. Matriz energética. Energías renovables y aspectos ambientales.

UNIDAD 5. TRANSITORIOS HIDRAULICOS EN APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS

5.A. Estados estacionarios y transitorios de flujo en conducciones del circuito de generación. Estados transitorios, concepto, origen. Tipos de fenómenos transitorios en conductos a presión vinculados con el aprovechamiento, su interrelación con túneles a presión, chimenea de equilibrio y conductos forzados.

5.B Sobrepresión y sobrevelocidad. Condiciones de diseño y protección para condiciones transitorias. Dispositivos de regulación de flujo y su relación con la estabilidad del sistema eléctrico. Inercia mecánica y tiempo de arranque del agua. Regulación de frecuencias. Protecciones. Condiciones de diseño.

UNIDAD 6. APROVECHAMIENTOS HIDRAULICOS Y LA REALIDAD NACIONAL

6.A. Cuencas hidrográficas. Recursos hidroeléctricos y proyectos de hidrogenación en la República Argentina. Su relevancia en la matriz energética.

6.B. Relación con el Medio Ambiente: Nociones del Estudio de impacto Ambiental. Medidas de mitigación. Tecnologías para incremento de oxígeno disuelto autoventing. Tendencias de diseño ecológicas en los equipamientos para hidroelectricidad.

UNIDAD 7. OBRAS DE CAPTACION

7.A. Obra de toma en ríos, canales: Disposiciones generales. Detalles constructivos.

7.B. Órganos de seguridad, control y mantenimiento en aprovechamientos hidroeléctricos. Sección de control. Compuertas. Ataguías Disposición general. Criterios para definir las secciones.

7.C. Obra de captación y desagües de Fondo y Medio fondo. Válvulas disipadoras. Disposiciones generales. Detalles constructivos.

UNIDAD 8. OBRAS DE CONDUCCION HACIA LA CENTRAL

8.A. Obras de conducción de las aguas. Canales a pelo libre, a cielo abierto o en túnel. Estudio de la traza. Secciones transversales. Revestimientos. Cálculos hidráulicos y estáticos. Detalles constructivos.

8.B. Túneles a presión. Estudios planialtimétricos de la traza. Diámetro económico. Secciones transversales. Revestimientos. Equipos de trabajo para obras subterráneas. Detalles constructivos.

UNIDAD 9. CAMARA DE CARGA

9.A. Cámara de carga o de presión. Finalidades. Disposición General. Diseño hidráulico. Órganos de alivio.

9.B. Estructuras de fábrica. Rejas. Compuertas. Descarga de fondo y de superficie. Detalles constructivos.

UNIDAD 10. CHIMENEA DE EQUILIBRIO

10.A. Chimenea de equilibrio. Función. Ubicación. Tipos.

10.B. Dimensionamiento hidráulico. Sección transversal (mínima y necesaria). Oscilaciones en la masa de agua contenida en la chimenea. Longitud. Alternativas de diseño para limitar la amplitud de oscilación.

UNIDAD 11. CONDUCTO FORZADO

11.A. Conductos forzados. Tipos de tubería a presión. Clasificación. Datos para el proyecto. Golpe de ariete. Determinación y cálculo de sus efectos.

11.B. Numero de tuberías. Determinación de la longitud, diámetro económico y espesor necesario. Construcción e instalación. Accesorios y partes especiales.

UNIDAD 12. TURBINAS HIDRAULICAS

12.A. Ecuación de las turbo-máquinas. Principio de reacción en las turbinas. Turbinas de acción y reacción. Grado de reacción. Coeficiente de velocidad.

12.B. Clasificación. Velocidad específica. Turbinas semejantes. Diagrama de colina y rango de funcionamiento.

12.C. Turbinas Francis, Kaplan, Bulbo y Pelton. Características de funcionamiento, rango de operación, regulación. Lineamientos de diseño hidráulico y principales componentes de cada tipo de turbina.

UNIDAD 13. SELECCIÓN DE TURBINAS HIDRAULICAS

13.A. Criterios de selección. Tipo y número de unidades. Cavitación. Altura de aspiración. Evaluación cualitativa y cuantitativa de la cavitación. Criterios de seguridad a cavitación. Norma IEC60609. Velocidad sincrónica. Inercia mecánica. Fluctuaciones de presión y de torque. Aireación natural y forzada. Dimensiones asociadas a la obra civil. Generación y campo operativo. Velocidad de embalamiento. Empuje Hidráulico.

13.B. Métodos estadísticos de selección de turbinas. Metodología, validez y alcances.

UNIDAD 14. CASA DE MAQUINAS

14.A. Disposición general de la Casa de Maquinas según la característica del aprovechamiento. Centrales convencionales. Centrales especiales. Factores que influyen en la optimización de dimensiones de la Casa de Maquinas.

14.B. Dimensionamiento en planta y corte. Criterio de dimensionamiento de las principales estructuras. Generadores. Cojinetes. Balance de planta eléctrico y mecánico. Órganos de seguridad.

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

Se sigue el proceso de enseñanza - aprendizaje con la modalidad de Teoría y Práctica conjunta, La modalidad de dictado está basada en las siguientes acciones:

- Fundamentos teóricos (FT) con incentivo a la investigación de los alumnos, talleres de discusión de temas y exposición de los estudiantes.
- Desarrollo de Trabajos Prácticos (TP) incluyendo resolución de problemas, tareas de investigación y análisis de casos reales a fin de asegurar posibilidad concreta de integrar teoría y práctica y capacidad de interpretación antes circunstancias diversas, incluyendo talleres de trabajo (T) tanto en Gabinete como en Centro de Cómputo.
- Visitas a Obra y Laboratorio (V)

TEMAS A DESARROLLAR EN LOS TRABAJOS PRACTICOS

- **N°1: ESTUDIO MORFOLOGICO E HIDROLOGICO DE UNA CUENCA:** Estudio de una cuenca utilizando sistemas de información geográfica (GIS) para identificación del área de aporte del río en el que se diseñará el aprovechamiento hidroeléctrico. Con la misma metodología se determinan modelos de elevación identificando curvas de nivel y ubicando preliminarmente los principales componentes del aprovechamiento.
- **N°2: ANALISIS HIDROLOGICO DE UN RIO:** Aforos. Registros de series históricas de caudal. Diagrama cronológico. Curva de caudales clasificados. Curva de caudales acumulados. Caudales característicos.
- **N°3: REGULACION Y DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE UN EMBALSE:** Selección de la capacidad del embalse necesaria en base a los datos hidrológicos y necesidades de uso consuntivo y no consuntivo posibles de identificar para el aprovechamiento a desarrollar. Determinación de niveles de embalse y saltos netos característicos. Niveles de restitución.
- **N°4: ANTEPROYECTO DE UN APROVECHAMIENTO HIDROELECTRICO:** Estudio esquemático de un aprovechamiento hidroeléctrico, desde el planteo general del conjunto de obras hasta la determinación de las características principales de estas, dando lugar a la preparación de una serie de planos, complementados por una memoria e informe técnico para explicar y justificar los datos básicos. Cálculo y diseño de una obra de toma.

- N°5: TRABAJO DE INVESTIGACION Y EXPOSICION:** Investigación por parte de los alumnos sobre temática referida a tipología de turbinas hidráulicas. Comprende una exposición grupal y pretende promover la actitud del estudiante, primero a la investigación permitiendo la profundización de abordajes teóricos, segundo a atender el estudio de temáticas específicas y al ejercicio de preparación y organización de material para una exposición y por último, a su entrenamiento para este tipo de actividades. Se promueve propiciar en los estudiantes la discusión sobre un tema específico, incentivar la capacidad de síntesis, de argumentación, de reflexión y de comunicación de las conclusiones, promoviendo además su participación en grupos colaborativos de trabajo.

Actividad	Carga horaria por semestre
Teoría y resolución de ejercicios simples	45
Formación práctica	
Formación Experimental – Laboratorio	1
Formación Experimental - Trabajo de campo	4
Resolución de problemas de ingeniería	10
Proyecto y diseño	15
Total	75

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía básica

AUTOR	TITULO	EDITORIAL	AÑO	EJEMPLARES EN BIBLIOTECA
Gómez Navarro y Aracil Segura	Salto de Agua y Presas de Embalse – T. I y II	Tipografía Artística	1964	2 + 4(copias)
Iberdrola	Centrales Hidroeléctricas I y II	Paraninfo	1994	3
Polo Encinas	Turbomáquinas	Limusa	1975	4
García, H.	Apuntes de Selección de Turbinas Hidráulicas	UNAM	1998	1
Viejo Zubicaray - Alonso Palacios	Energía Hidroeléctrica	México	1977	2
G.Zoppetti Judez	Centrales Hidroeléctricas	G. Gili	1979	1
Varlet, Henry	Presas de Embalse I	Eyrolles	1971	4

Varlet, Henry	Aprovechamiento, Utilización y Coste de las Centrales Hidráulicas	Interciencia	1970	4
Santo Potess	Centrales Eléctricas	G. Gili	1975	3
Bastos y Abdala	Transformación de Sector Eléct. Argentino	Antártica	1993	1
Mosonyi, E.	Water Power Development; V. I-III.	Akadémiai Kiadó	1991	0
Guthrie Brown	Hydroelectric Engineering Practice	Blackie & Son Ltd.	1970	0
Norwegian Inst. of Technology	Hydropower Development Series. V.1 a 17	N. I. of Techn. Trondheim	1994	0
Asme Hydro Power Technical Committee	Hydropower Mechanical Design	ASME Asociacion de Ingenieros	1996	A incorporar. Sugerido en propuesta de Concurso
Gerhard P. Schreiber	Usinas Hidreléctricas	Editora Edgard Blucher LTDA, Sao Paulo	1987	A incorporar. Sugerido en propuesta de Concurso
C. Warnick	Hydropower Engineering	Prentice Hall, Inc. New Jersey	1984	A incorporar. Sugerido en propuesta de Concurso
IEC Technical Committee 4: Hydraulic turbines	IEC 60609 Hydraulic turbines, storage pumps and pump turbines – Cavitation pitting evaluation	International Electrotechnical Commission	2004	A incorporar. Sugerido en propuesta de Concurso

Bibliografía complementaria

AUTOR	TITULO	EDITORIAL	AÑO	Ejemplares en Biblioteca
Di Lello, F. A. et.al.	Río Grande N°1: 1º Central Hidráulica en Caverna de la Rep. Argentina	XII Congreso del Agua Mendoza	1985	1 + CD
Mainardis, E.	Centrale Elettriche	Hoepli	1957	1
Mainardis, E.	Centrale Elettriche	Hoepli	1957	1
Min. de Medio Amb.-España	Guías Metodológicas p/ Elab. de EIA en Grandes Presas	MOPU España	1997	1



Ortiz Flores	Pequeñas Centrales Hidroeléctricas	McGraw-Hill	2001	2
De Siervo F. y De Leva F.	Modern Trends in Selecting and designing Francis Turbines.	Water Power & Dam Construction	08/76	1
De Siervo F. y De Leva F.	Modern Trends in Selecting and designing Kaplan Turbines.	Water Power & Dam Construction	12/77	1
De Siervo F, y Lugaresi, A.	Modern Trends in Selecting and Designing Pelton Turbines.	Water Power & Dam Construction	12/78	1
De Siervo F. y Lugaresi, A	Modern Trends in Selecting and designing reversible Francis Pump -Turbines.	Water Power & Dam Construction	05/80	1
Jacobsen, S.	Pressure Distribution in Steel - Lined Rock Tunnels and Shafts.	Water Power & Dam Construction	12/77	1
Falhbusch, F.	Determining Diameters of Power Tunnels and Pressure Shafts.	Water Power & Dam Construction	02/87	1
Gordon, J. L	Estimating Hydro Power - House Crane Capacity	Water Power & Dam Construction	11/78	1
Wylie, B. Streeter	Fluid Transients in Systems	Ed. Prentice Hall	1993	A incorporar
Subsecretaria de Recursos Hídricos de la Nación	Inventarios de Presas y Centrales Hidroeléctricas de la República Argentina I Comahue	Subsecretaria de Recursos Hídricos de la Nación	2010	En aula virtual
Subsecretaria de Recursos Hídricos de la Nación	Inventarios de Presas y Centrales Hidroeléctricas de la República Argentina II Region de Cuyo	Subsecretaria de Recursos Hídricos de la Nación	2010	En aula virtual
C.Jehle, F. Von König	Wasserkraftanlagen: Praxisbezogene Planungsgrundlagen	Überarbeitete und erweiterte Auflage Verlag: VDE-Verlag, Berlin	2011	A incorporar
IEC Technical Committee 4: Hydraulic turbines	IEC 60041 Field acceptance tests to determine the hydraulic performance of hydraulic turbines, storage pumps and pump turbines	International Electrotechnical Commission	2004	En aula virtual
IEC Technical Committee 4: Hydraulic turbines	IEC 60193 Hydraulic turbines, storage pumps and pump	International Electrotechnical	2004	A incorporar

MODALIDAD DE CURSADO Y EVALUACIONES:

1 Asistencia: El alumno deberá cumplir un 75% de asistencia al dictado de las clases previstas para el dictado de fundamentos teóricos y prácticos.

2 Forma de aprobación:

2.1 Trabajos prácticos: Se requiere el 100% de aprobación de los trabajos prácticos, para lo cual debe alcanzarse el 60% de puntuación en cada uno de ellos.

2.2 Evaluaciones parciales: Se prevén dos evaluaciones parciales teórico prácticas sobre temas ya desarrollados, debiendo lograr un puntaje de al menos 60% en cada una de ellas.

3. Condición de regularidad y Examen Final

3.1 Evaluaciones parciales: Los alumnos que alcanzaran una puntuación igual o superior al 75% podrán optar por rendir la Asignatura mediante el desarrollo de un Trabajo de investigación o Tesina previamente acordada con la Cátedra. Aquellos alumnos que aprobaran con 60% y no alcanzaran el 75%, obtendrán la condición de alumno regular debiendo rendir la Asignatura mediante el sistema tradicional con extracción de bolillas.

4. Recuperatorios:

4.1 Evaluaciones parciales no aprobadas: Los alumnos que no aprobaran una evaluación tendrán una recuperación de cada evaluación.

4.2 Pérdida de condición de alumno regular: Los alumnos que no cumplan con el 70% de asistencia o que acumulen dos evaluaciones sin aprobar perderán la condición de alumno regular.

PROGRAMA DE EXAMEN:

Bolilla n°1: Unidades temáticas 1 y 14

Bolilla n°2: Unidades temáticas 2 y 13

Bolilla n°3: Unidades temáticas 3 y 12

Bolilla n°4: Unidades temáticas 4 y 11

Bolilla n°5: Unidades temáticas 5 y 10

Bolilla n°6: Unidades temáticas 6 y 14

Bolilla n°7: Unidades temáticas 7 y 13

Bolilla n°8: Unidades temáticas 8 y 12

Bolilla n°9: Unidades temáticas 9 y 11



Febrero 2023

Juan Carlos Cacciavillani