



# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE

Escuela de Ingeniería  
Dirección de Investigación, Innovación y Postgrado

## PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA TÓPICOS ABORDADOS EN CADA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

### ÁREA INGENIERÍA CIVIL

#### Línea Infraestructura Vial

Esta especialización se logra mediante un programa de cursos y el desarrollo de una tesis en una de las líneas de investigación que a continuación se señalan:

##### **Diseño de Pavimentos**

Se busca principalmente determinar métodos de diseño de pavimentos, de acuerdo a la realidad chilena. Los principales parámetros considerados son: materiales y suelos, tránsito y clima; además, se introducen conceptos mecanicistas a los modelos.

##### **Diseño de Vías**

Se estudia los aspectos de diseño asociados a la capacidad de vías, diseño geométrico, seguridad, diseño e impacto ambiental, diseño urbano y otros.

##### **Estudio del Comportamiento de los Pavimentos**

Se persigue estudiar el comportamiento, a través del tiempo, de pavimentos, solicitados por tránsito y clima, con el fin de predecir sus comportamientos futuros y definir políticas de mantención y rehabilitación.

##### **Gestión de Infraestructura Vial**

El objetivo de esta línea es el desarrollo e implementación de sistemas de gestión de infraestructura vial, tanto a nivel rural como urbano. Un sistema de este tipo comprende un conjunto coordinado de actividades relacionadas con la planificación, diseño, construcción, conservación, evaluación e investigación de infraestructura vial. Su principal objetivo es utilizar información confiable y criterios de decisión, dentro de una estructura organizada, para producir un programa de pavimentos rentable.

##### **Concesiones Viales**

Se pretende estudiar y desarrollar métodos, tanto técnicos como de administración, que permitan optimizar la gestión de las concesiones de infraestructura, tanto a nivel estatal como privado.

## **Línea Administración de la Construcción**

Esta especialización se logra mediante un programa de cursos y el desarrollo de una tesis en una de las líneas de investigación que se señalan a continuación:

### **Productividad y Calidad en la Construcción**

Se busca desarrollar y adaptar nuevas tecnologías y herramientas que ayuden al mejoramiento de la productividad y la calidad en la construcción. Se incluyen aspectos de análisis, métodos y herramientas para estudiar, analizar y llevar a cabo procesos de cambio destinados al mejoramiento de la productividad y la calidad, abarcando aspectos tecnológicos, humanos, culturales, de gestión, normativos y de procesos. Particular importancia de le asigna al estudio de las características productivas de la construcción, así como a la gestión de las operaciones de construcción. Se considera además el estudio de mecanismos de cambio al interior de las organizaciones, así como la incorporación de nuevas filosofías de producción tales como el benchmarking, justo a tiempo, construcción sin pérdidas o lean construction, reingeniería de procesos, constructabilidad y otros aplicados a la construcción.

### **Administración de Proyectos**

El objetivo de esta línea de investigación es el estudio de los diferentes procesos que forman parte de la administración de proyectos, incluyendo, entre otros, la dirección, integración, configuración, planificación, organización, adquisición, ejecución, financiamiento, seguimiento y control de proyectos, así como el desarrollo de estrategias y sistemas para el apoyo de estas funciones.

### **Tecnologías de Información en la Gestión de la Construcción**

El objetivo de esta línea es el análisis, diseño, desarrollo y aplicación de tecnologías de información para la administración de empresas, proyectos y obras de construcción. En el desarrollo de de estos sistemas se explora la aplicación de diferentes tecnologías de información tales como: sistemas de diseño ayudado por computador, uso de redes de comunicación, Internet, sistemas automatizados, simulación y otras.

### **Análisis de Riesgo y Modelación de Decisiones**

Se busca estudiar los problemas de análisis, evaluación y manejo de riesgos en proyectos, tanto desde el punto de vista del dueño o mandante como del contratista. Se pretende desarrollar metodologías de análisis y evaluación para la ayuda en la toma de decisiones complejas.

### **Administración de Empresas Constructoras**

Esta línea de investigación aborda distintos problemas asociados con la administración empresarial en la construcción, incluyendo temas como planificación estratégica, marketing de empresas constructoras, innovación tecnológica, gestión inmobiliaria, sistemas de financiamiento, reingeniería de procesos de negocios y otros.

### **Administración de Contratos en la Construcción**

Se busca estudiar los sistemas de contratación de servicios y bienes en la construcción, los tipos de problemas contractuales más frecuentes, manejo de reclamos y otras materias afines. Se enfatiza el estudio de los diversos aspectos y tendencias de administración de contratos de construcción y el desarrollo de mecanismos efectivos para manejar las relaciones contractuales, incluyendo los distintos esquemas contractuales, así como nuevas propuestas tales como el partnering o asociaciones estratégicas.

## **Línea Tecnología y Vivienda**

Esta especialización tiene como objetivo proporcionar al estudiante una formación especializada en el desarrollo, adaptación y aplicación de tecnologías de materiales y de construcción orientada al mejoramiento de la calidad, eficiencia y productividad del proceso de materialización de obras de construcción de cualquier tipo. Esta área persigue el desarrollo de conocimiento avanzado en

cuanto a la constitución, comportamiento y aplicaciones de los materiales utilizados en el área de la Ingeniería Civil, el estudio de nuevos materiales y tecnologías y la adaptación a la realidad nacional de materiales y tecnologías innovadoras. También dentro de esta área, el alumno puede abordar temas relacionados con la problemática de la vivienda en todos sus ámbitos, tales como la aplicación de tecnologías de construcción, diseño, calidad y otros. Esta especialización se logra mediante un programa de cursos y el desarrollo de una tesis en alguna de las líneas de investigación que se señalan a continuación:

### **Hormigones de Cemento**

Este campo busca determinar las propiedades de los materiales componentes y del hormigón, tanto en estado fresco como endurecido, para su correcta utilización en la construcción. Algunos de los temas en que se desarrolla este trabajo de investigación son los siguientes: comportamiento de hormigones especiales y de alta desempeño, curado acelerado de hormigones, propiedades y patologías del hormigón a temprana edad, retracción hidráulica del hormigón, reparación de hormigones, evaluación de la calidad del hormigón mediante ensayos no destructivos. Desarrollo de hormigones especiales en base a utilización de desechos industriales. Construcción en hormigón.

### **Asfalto y Mezclas Asfálticas**

Este campo, de gran interés actual, persigue estudiar las propiedades de los asfaltos y de las mezclas asfálticas, utilizadas en la construcción de pavimentos. Como ejemplos de investigaciones en esta línea se pueden mencionar: reología del asfalto, diseño de mezclas asfálticas, envejecimiento del asfalto, reciclado de pavimentos asfálticos, estudio de la tecnología SHRP/Superpave y diseño estructural de pavimentos.

### **Tecnologías de Construcción**

Se busca desarrollar, adaptar y aplicar nuevas tecnologías que mejoren la eficiencia, productividad y calidad de la construcción. Se incluyen en esta línea el estudio de nuevos métodos de ejecución de operaciones, el empleo innovador de materiales y equipos de construcción y de sistemas automatizados.

### **Diseño de Vías**

Se estudia los aspectos de diseño asociados a la capacidad de vías, diseño geométrico, seguridad, diseño e impacto ambiental, diseño urbano y otros.

### **Diseño Moderno de Viviendas**

Se abordan todos los aspectos relacionados con los fundamentos y técnicas de diseño que se incorporan en la vivienda para resolver problemas tales como: seguridad contra el fuego, aislación y control térmico, aislación acústica, control de humedad y optimización energética, con particular interés en su habitabilidad.

### **Construcción sustentable**

Se abordan temas relacionados con el impacto ambiental de la construcción, el manejo de residuos y desperdicios de construcción, el medio ambiente interno en edificios y la vivienda, los impactos del diseño en la utilización y conservación de energía y otros recursos.

### **Tecnologías de Información**

Se busca desarrollar sistemas y aplicaciones basados en tecnologías modernas de información para la solución de problemas específicos de Ingeniería de Construcción. Incluye aplicaciones en materiales de construcción, ingeniería vial, vivienda, topografía y geoinformación y otras áreas relevantes.

## **Línea Teoría y Análisis Computacional de Estructuras**

El programa de cursos se concentra principalmente en los aspectos analíticos, de modelación, y los métodos computacionales. La tesis de investigación se puede realizar en alguna de las líneas de investigación que se detallan a continuación:

### **Análisis No Lineal de Estructuras**

Estudio de métodos computacionales para el análisis de sistemas estructurales con constitutivas y geometría no lineal. Como ejemplo de problemas estudiados están: Análisis plástico mediante programación lineal, desarrollo de modelos de elementos no lineales mediante fibras, métodos iterativos de solución, desarrollo de nuevos algoritmos, problemas de inestabilidad, etc.

### **Modelación de Edificios**

Estudio de problemas referidos a la modelación de edificios y el uso de computadores en el análisis y diseño. Entre los problemas abordados pueden citarse: importancia de efectos tridimensionales, efectos torsionales, y excitación sísmica bi-dimensional.

### **Métodos Computacionales del Análisis y Diseño Estructural**

Implementación y desarrollo de programas generales de computación para el análisis estático y dinámico de estructuras y para el diseño asistido por computador. También en esta línea se está trabajando en el desarrollo de software de apoyo a la enseñanza del análisis estructural (SAT-lab, CALVC).

### **Métodos Simplificados de Análisis**

Estudio de los métodos tradicionales de análisis estático y dinámico de estructuras, con énfasis en métodos simplificados para análisis de edificios, que pretende mejorar la racionalidad detrás de estos métodos, estudiar sus limitaciones de uso, identificar sus posibles inconsistencias y sugerir modificaciones que permitan su mejoramiento con el objetivo último de poder ser incorporados en las normas de análisis y diseño. Se consideran dos etapas en el análisis: una primera restringida al comportamiento elástico y una segunda que incluye comportamiento inelástico como el que se espera ocurriría durante un sismo destructivo.

## **Línea Diseño Estructural**

Esta especialización tiene como objetivo fundamental estudiar los modelos de comportamiento y el diseño de elementos de estructuras de acero, hormigón armado, y a albañilería. El programa de cursos se concentra en la modelación analítica del comportamiento estático y cíclico de los materiales y elementos. Se estudia además el comportamiento global de los distintos sistemas estructurales. Como parte de este programa se presenta también un análisis crítico de los distintos códigos de diseño estático y sísmico en uso actualmente.

### **Comportamiento Sísmico de Elementos de Hormigón Armado**

Este tema comprende el ensayo bajo carga lateral cíclica de una serie de elementos de hormigón armado y la posterior formulación de modelos analíticos que permitan predecir el comportamiento observado.

### **Comportamiento Sísmico de Muros de Albañilería Armada.**

Consiste en analizar los resultados de numerosos ensayos cíclicos de muros de albañilería armada para luego proponer y estudiar modelos matemáticos que reflejen adecuadamente los fenómenos físicos que controlen el comportamiento sísmico de los muros y permitan predecir en forma más segura y confiable la respuesta sísmica de edificios de albañilería armada.

## **Reparación y Refuerzo de Edificios de Hormigón Armado, Albañilería Armada y Albañilería Reforzada**

Comprende el estudio de métodos de reparación y refuerzo que han mostrado ser eficaces. Como resultado de ello se propondrán modificaciones y nuevos métodos de reparación y refuerzo cuyo funcionamiento se comprueba experimentalmente. Finalmente se desarrollan modelos matemáticos que permiten diseñar, reparar o reforzar estructuras de acuerdo a los niveles de resistencia, rigidez y ductilidad que el proyectista desea alcanzar.

## **Línea Dinámica Estructural**

Entre los temas que se abordan en esta área están el desarrollo de algoritmos de integración de las ecuaciones del movimiento de sistemas lineales y no lineales, el desarrollo de programas computacionales para el análisis dinámico de estructuras continuas o discretas bajo cargas determinísticas o aleatorias, la identificación de estructuras, y el control de vibraciones.

### **Desarrollo de nuevos métodos de integración**

Se estudian nuevos métodos de integración para problemas estructurales no lineales que mejoren substancialmente los tiempos requeridos para el cálculo de la respuesta. Entre ellos se estudian esquemas particionados para la integración de múltiples sistemas dinámicos, métodos implícitos de tipo predictor-corrector, y métodos específicos para problemas rígidos. Todo esto para sistemas sujetos a cargas determinísticas o aleatorias.

### **Desarrollo de Programas Computacionales**

Se desarrollan nuevos programas computacionales para el análisis dinámico de estructuras o discretas continuas, lineales y no lineales, tanto en el dominio del tiempo (sistemas lineales y no lineales) como en la frecuencia (sistemas lineales y no lineales).

### **Estudio de Problemas Específicos**

Se estudian problemas específicos del comportamiento dinámico de sistemas estructurales, tales como torsión no lineal, interacción suelo-fluido-estructura, incoherencia de movimientos y reglas de superposición espectral.

### **Identificación Estructural**

Se estudian y desarrollan métodos de identificación estructural de sistemas lineales y no lineales utilizando especialmente registros medidos durante sismos. Se enfatizan método paramétricos y no paramétricos en tiempo, frecuencia, y tiempo-frecuencia para sistemas no lineales.

### **Control de Vibraciones**

Se estudian analíticamente distintos métodos de control de vibraciones pasivos, semi-activos, y activos cubriendo distinto niveles de complejidad desde el caso determinístico hasta el análisis probabilístico. En esta área también se estudia el comportamiento dinámico de nuevos dispositivos de control de vibraciones.

## **Línea Ingeniería Sísmica**

Entre las áreas que destacan están: el estudio de movimiento fuerte y respuestas medidas, generación de movimientos sísmicos sintéticos, desarrollo de espectros de respuesta y diseño, análisis de la amenaza sísmica, estudio de movimientos reales de edificios instrumentados, métodos simplificados para el análisis y diseño sísmico de edificios, sistemas innovativos de reducción de vibraciones, aislación sísmica y disipación de energía.

### **Análisis de Registros de Terremotos**

Estudio de espectros de respuesta elástica e inelástica con el objeto de representar sus características de amplificación y contenido de frecuencias en términos de coeficientes aplicables a

la derivación de espectros de diseño sísmico. Correlación de variables de la respuesta con parámetros que caracterizan la intensidad o el nivel de severidad de un registro sísmico. Evaluación de la influencia de las características geotécnicas locales. Microrregionalización sísmica.

#### **Evaluación de la Demanda Sísmica sobre las Estructuras.**

El criterio de diseño sísmico establece que las estructuras se proyectan suministrando una resistencia limitada y una capacidad para disipar energía mediante comportamiento inelástico en la eventualidad de un terremoto severo. Hasta la fecha el criterio se ha utilizado en una base cualitativa sin que se haya explicitado cuantitativamente el grado de "capacidad de disipación de energía" que debe proveerse a las estructuras. El objeto de este estudio es estimar cual es el nivel de la demanda o requerimiento del sismo sobre las estructuras en términos de energía disipada y su correlación con la actual metodología basada en espectros de diseño inelástico.

#### **Evaluación de la Amenaza Sísmica**

Estudio de la información sísmológica disponible en Chile. Determinación de parámetros de distribuciones probabilísticas para modelar magnitud y frecuencia de ocurrencia de los sismos locales y modelación de la fuente de origen consistente con el fenómeno de subducción. Evaluación de la amenaza sísmica en términos de mapas de probabilidades de excedencia de niveles dados de intensidad. Macrorregionalización sísmica.

#### **Estudio de Movimiento Real en Estructuras Instrumentadas**

En base a los movimientos registrados en estructuras reales, se desarrollan nuevas metodología que permitan validar los métodos de análisis y diseño en uso actualmente y profundizar el conocimiento de fenómenos específicos del comportamiento sísmico de estructuras.

#### **Métodos Simplificados para el Análisis y Diseño Sísmico de Edificios**

Se estudian métodos simplificados que permitan incorporar distintos efectos sísmicos en estructuras, tales como comportamiento no lineal, efecto de múltiples componentes, torsión natural y accidental, interacción suelo-fluido-estructura, etc.

#### **Aislación Sísmica**

Se estudia el comportamiento y diseño de estructuras con aislación sísmica. Los estudios comprenden desde aspectos analíticos de la modelación de aisladores de goma, friccionales, y con restricciones cinemáticas hasta aspectos de diseño e implementación práctica de estos sistemas. Se considera también el desarrollo y estudio de nuevos sistemas de aislación.

#### **Disipación de Energía**

Se estudia el comportamiento y diseño de estructuras con disipadores. Los estudios comprenden aspectos analíticos de la modelación de los distintos tipos de disipador, i.e., viscosos, friccionales, viscoelásticos, con memoria de forma, de masas sintonizadas, y semi-activos de rigidez y amortiguamiento variable. Esta área involucra también el desarrollo y estudio de nuevos sistemas de disipación y el desarrollo de guías de diseño para los distintos disipadores.

#### **Seguridad Sísmica de Estructuras de Hormigón Armado y Albañilería Armada**

Consiste en seguir desarrollando diferentes métodos y procedimientos que se han empezado a estudiar hace algunos años para predecir en forma objetiva la seguridad sísmica que poseen estructuras sanas o dañadas del tipo indicado.

#### **Estudio del Comportamiento de Edificios Frente a Terremotos Reales**

Análisis de edificios empleando modelos sofisticados, que incluyen efectos inelásticos, para evaluar los métodos de análisis y diseño a la luz del comportamiento y daños observados en edificios reales.

## **Línea Análisis Experimental**

Estudio de elementos de acero, hormigón armado, albañilería, y aspectos de rehabilitación estructural. Estudios pseudo-dinámicos de estructuras y subestructuras, con especial énfasis en sistemas de control de vibraciones.

### **Ensayos Estáticos de Elementos y Estructuras.**

Se estudia el comportamiento de elementos y sistemas estructurales, especialmente de hormigón armado y albañilería, sometidos a carga cíclica en condiciones estáticas. Entre los tópicos de desarrollo se encuentra el estudio de la resistencia al corte de muros, las uniones viga columna, dinteles de acoplamiento y columnas cortas.

### **Rehabilitación y Mejoramiento Estructural**

Se estudian analítica y experimentalmente las distintas técnicas de reparación y mejoramiento estructural de diversos componentes estructurales. Se incluye además el estudio y desarrollo de técnicas para la predicción de la seguridad sísmica de estructuras existentes.

### **Sistemas de Aislación Sísmica**

Se estudia el comportamiento real de aisladores de goma, friccionales, y con restricciones cinemáticas. Los ensayos realizados son cíclicos y pseudo-dinámicos. En esta área de investigación se contempla además el desarrollo y prueba de nuevos sistemas de aislación sísmica.

### **Sistemas de Disipación de Energía**

Se estudia el comportamiento real de disipadores friccionales, viscosos, viscoelásticos, de materiales con memoria de forma, de masas sintonizadas, etc., utilizando ensayos cíclicos y pseudo-dinámicos. En esta área de investigación se contempla además el desarrollo y prueba de nuevos materiales y sistemas de disipación de energía.

### **Ensayos Pseudo- Dinámicos de Sistemas Convencionales**

Se estudia el comportamiento dinámico de elementos y subensamblajes estructurales de acero, hormigón armado, y albañilería.

## **Línea Ingeniería Geotécnica**

El objetivo de esta área es el estudio de la Mecánica de Suelos y Rocas, la Ingeniería de Fundaciones, y las Estructuras Geotécnicas. En el primer caso se busca proporcionar al estudiante una sólida formación en relación al análisis de las características más relevantes de los suelos y rocas, y a las técnicas actualmente existentes para la medición de sus propiedades geotécnicas. Se contempla, además, entregar al estudiante conocimientos avanzados sobre los aspectos analíticos y de modelación, en uso hoy, en Mecánica de Suelos y Rocas. En el segundo caso se persigue entregar al estudiante una sólida formación en relación a las técnicas de análisis, diseño y construcción de fundaciones y estructuras geotécnicas. A continuación se señalan las líneas de investigación actualmente activas en esta área de especialización.

### **Propiedades Dinámicas de Arenas**

Estudio de cambios estructurales de un suelo mediante ensayos de propagación de ondas de corte, resistencia al corte in-situ y de triaxial cíclico. Estudio de los efectos de densificación y de reorientación de partículas producidas por la aplicación de cargas sísmicas, en las propiedades dinámicas de un suelo. Examen de la teoría de propagación de ondas con el fin de diseñar un método de ensayo tipo cross hole para determinación de módulo de corte in-situ. Efecto de sismos de diferentes características sobre suelos de distinta historia geológica. Formulación de una teoría que relacione los cambios sufridos por la estructura del suelo con las características del movimiento sísmico y con las propiedades iniciales de la estructura. Empleo de equipo de

penetración de cono para medir resistencia residual no drenada y de equipo de registro sísmico para analizar relaciones entre presiones de poros y aceleraciones.

### **Diseño Sísmico de Presas de Relaves**

Desarrollo de métodos de análisis y cálculo de estabilidad sísmica de depósitos de residuos minerales incorporando los resultados de investigaciones recientes y del análisis de comportamiento de presas en sismos. Evolución de propiedades de los suelos debido a envejecimiento e influencia del contenido de finos en las propiedades de las arenas limosas de relaves. Retrocálculos de propiedades basados en mediciones y monitoreo del comportamiento real de estructuras geotécnicas.

### **Estabilidad de Estructuras de Tierra**

Se contempla mejorar el software disponible de elementos finitos, tendiente a evaluar la respuesta estática y sísmica de una presa de tierra y de su terreno de fundación. La presente investigación si bien se apoya en algunos de los programas existentes, permitirá mediante la incorporación de programas o subrutinas adicionales, superar ciertas deficiencias o limitaciones que presentan los procedimientos de cálculo disponibles, ajustando en la medida de lo posible los resultados numéricos a la evidencia experimental.

## **Línea Ingeniería Hidráulica y Ambiental**

El Programa de Postgrado en Ingeniería del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental considera una amplia gama de temas que abordan diversos aspectos del agua y el ambiente, con énfasis en una visión conjunta, desde una perspectiva del recurso agua, su comportamiento y su relación con los problemas que enfrenta la ingeniería en situaciones complejas, participando en el desarrollo y la aplicación de métodos y tecnologías de punta. Estos temas consideran aspectos de mecánica de fluidos e hidráulica experimental, de hidrología e hidrogeología, de tratamiento y contaminación de ambientes acuáticos. Los temas específicos en los cuales se trabaja se indican a continuación.

### **Escurrecimiento de mezclas sólido-líquido**

Se analizan las características de la interacción entre los fluidos y las partículas sólidas en el flujo bifásico sólido-líquido a alta concentración en canales y tuberías en forma analítico-experimental, especialmente en los casos de flujo de líquidos en presencia de sedimentos industriales. En particular, las investigaciones que actualmente se están desarrollando en esta área están destinadas a establecer, a partir de resultados experimentales, modelos matemáticos que describan el flujo bifásico sólido-líquido con alta concentración de sólidos tanto en canales como en tuberías.

### **Hidráulica Fluvial y Costera**

En el campo de la hidráulica fluvial y costera, se estudian los fenómenos asociados a la presencia de sedimentos naturales en ríos, canalizaciones y ambiente litoral. En particular es de interés su interacción con los escurrimientos superficiales abordándolos desde la perspectiva de la mecánica de fluidos, para ser aplicados al diseño en ingeniería. Los temas de arrastre de sedimentos, socavación y protección de estructuras hidráulicas en lechos deformables y sedimentación en embalses y estanques, así como también las consecuencias medio-ambientales que la acción del hombre pueda acarrear constituyen el corazón de esta línea de investigación. Se pone particular énfasis en la modelación matemática y numérica de los procesos físicos asociados de manera de disponer de herramientas que permitan cuantificar de manera fiable los alcances que las soluciones de ingeniería puedan tener.

### **Modelación matemática del proceso lluvia-escorrentía**

Esta línea de investigación está orientada al desarrollo y aplicación de metodologías para la evaluación de recursos de agua, así como a la planificación, diseño y operación de sistemas de aprovechamiento. Actualmente el interés se centra en la modelación matemática de procesos de



lluvia-escorrentía, y en la aplicación de modelos estocásticos a fenómenos complejos, y en la modelación de escorrentía urbana de aguas lluvias, en aspectos de cantidad y calidad.

### **Hidrología probabilística y análisis regional de crecidas**

El área de investigación sobre Modelos Matemáticos y Probabilísticos en Hidrología incluye la modelación matemática de las lluvias y del proceso lluvia-escorrentía, así como el estudio probabilístico de precipitaciones y caudales. Temas específicos de investigación son los modelos de tormentas, los modelos matemáticos del ciclo hidrológico y el análisis regional de crecidas en la zona central de Chile. En general, se da especial énfasis a desarrollar metodologías simples de amplia representatividad, aplicable a lugares con información escasa.

### **Hidrología Estocástica y Sequías**

La aplicación de Modelos Estocásticos tiene por objeto producir una unión entre el desarrollo de modelos de series cronológicas y modelos geofísicos para estudiar fenómenos hidrológicos en los cuales es importante tanto su comportamiento temporal como espacial. Al mismo tiempo se trata de incorporar aspectos relativos al riesgo en la evaluación de recursos hídricos en situaciones complejas, para ser empleados como herramientas en la planificación y pronóstico. Este tipo de modelos se aplica al estudio de tormentas y crecidas, así como a la evaluación de recursos en zonas sin registro. Especial interés tiene el estudio de sequías, incluyendo el análisis y las medidas de mitigación.

### **Modelos Hidrogeológicos y Explotación sustentable del agua subterránea**

Con un fuerte apoyo en estudios geológicos e hidrológicos, se abordan temas relacionados con la elaboración de modelos hidrogeológicos conceptuales y numéricos que permitan simular el funcionamiento de sistemas acuíferos complejos. Se abordan aspectos relacionados con la identificación de recargas, descargas, conexiones entre cuencas, interacción río-acuífero, composición química e isotópica del agua subterránea y modelos hidrogeoquímicos. Se abordan también temas relacionados con la gestión integral de recursos superficiales y subterráneos. Se utilizan técnicas de simulación y optimización, en base a modelos hidrogeológicos de sistemas complejos de aguas subterráneas.

### **Tratamiento de Aguas y Biotecnología Ambiental**

Involucra el estudio teórico-experimental de procesos físicos, químicos, y biológicos para la evaluación y diseño de procesos de tratamiento. Se consideran dos áreas: los sistemas de tratamiento para la provisión de agua potable y los sistemas para el tratamiento aguas residuales domésticas e industriales. Se ha dado especial énfasis al tratamiento de los residuos industriales líquidos y a los métodos biológicos de tratamiento, debido a su importancia en la contaminación hídrica y al gran potencial de la biotecnología en su prevención.

### **Modelación del transporte de sustancias químicas en suelos no saturados**

Considera el estudio experimental y numérico de los fenómenos de flujo y transporte de solutos reactivos a través de suelos no saturados. Estos modelos se aplican a estudios de contaminación de suelos agrícolas con herbicidas y plaguicidas, lixiviación ácida de relaves de cobre en pilas de lixiviación, y evaporación desde el agua subterránea en acuíferos superficiales.

### **Hidrología de ecosistemas**

Aplicación de principios hidrológicos a diversos sistemas biológicos, con el fin de entender su funcionamiento en cuanto concierne el balance hídrico, geomorfología y transporte de nutrientes, bajo un enfoque interdisciplinario. En particular, los temas de investigación incluyen hidrología de humedales, zonas ribereñas, suelo urbano y rural, y cuencas vegetadas con bosque nativo, agrícolas y plantaciones de especies forestales. El enfoque utilizado es una combinación de modelación matemática y mediciones en terreno.

### **Flujo y transporte de solutos en acuíferos**

Se aborda en esta línea, el desarrollo y aplicación de modelos numéricos para simular y predecir el flujo de agua subterránea y el transporte de solutos en acuíferos. Los temas de investigación que

se ofrecen están relacionados con el transporte de nitratos en acuíferos, el transporte de iones en salares, la intrusión salina en acuíferos costeros y la hidrología isotópica.

**Evaluación y control de la contaminación de ambientes acuáticos, biogeoquímica ambiental**

Se aborda la formulación de modelos conceptuales y cuantitativos usados para evaluar y proponer sistemas de control de la contaminación de ambientes acuáticos naturales como ríos, lagos, sedimentos, estuarios, y acuíferos. Como complemento a las técnicas tradicionales, se enfatiza el uso de nuevas técnicas analíticas experimentales de medición y modelación biogeoquímica que permiten obtener conocimiento detallado de los procesos analizados.