

# Conexiones de Acero: Del Diseño Conceptual al Desempeño Integral en Edificaciones de Vanguardia

Ingeniería | Ingeniería civil | Diseño Universal para el Aprendizaje

## Descripción

Este plan de clase forma parte del módulo 3 del diplomado en ingeniería y arquitectura de vanguardia en acero, enfocado en el diseño de conexiones estructurales aplicadas a edificaciones de acero. Los estudiantes de posgrado explorarán el diseño integral de conexiones, considerando aspectos clave como resistencia, ductilidad, constructibilidad y normatividad vigente. La relevancia de este tema radica en que las conexiones son elementos críticos para garantizar la seguridad y funcionalidad de las estructuras modernas en acero, especialmente en contextos de alta innovación arquitectónica y exigencias sísmicas o de carga.

A lo largo de cuatro sesiones, los estudiantes analizarán las tipologías y anatomía del nudo estructural, la mecánica de las uniones con tornillos y soldaduras, el diseño de placas base y la transmisión de cargas al concreto, así como la tectónica del detalle fabricable, montaje y secuencia constructiva. La metodología centrada en el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) usará diferentes medios de representación, acción y motivación, promoviendo la diversidad y el aprendizaje activo. Este enfoque permite a los futuros ingenieros e investigadores aplicar conocimientos técnicos avanzados directamente en su práctica profesional e investigación, fortaleciendo su capacidad para innovar en el diseño estructural de acero.

## Objetivos de Aprendizaje

- Analizar las tipologías y comportamiento mecánico de conexiones estructurales en acero, aplicando normativas vigentes.
- Diseñar placas y uniones estructurales considerando resistencia, ductilidad y constructibilidad para edificaciones de acero.
- Evaluar la transferencia de cargas en conexiones y su impacto en la estabilidad estructural.
- Crear detalles constructivos optimizados incorporando criterios de fabricación y montaje estructural.
- Argumentar la selección de materiales y métodos de unión (tornillos, soldaduras) en función del desempeño estructural y normativo.

## Recursos Necesarios

- Computadora con software de diseño estructural (ej. Autodesk Robot Structural Analysis, SAP2000, o equivalente).
- Proyector y pantalla para presentaciones multimedia.
- Material impreso: normas AISC Design Guide 1, ejemplos de planos estructurales y detalles constructivos.

- Modelos físicos o maquetas de conexiones estructurales en acero (mínimo 3 tipos).
- Acceso a base de datos normativa y recursos digitales (PDFs, videos técnicos).
- Herramientas para dibujo técnico manual (reglas, escuadra, compás) y digital (tabletas gráficas opcionales).
- Espacio para trabajo colaborativo en grupos (mesas, pizarras).

## Requisitos Previos

- Conocimientos previos en resistencia de materiales y análisis estructural.
- Familiaridad con conceptos básicos de ingeniería estructural en acero.
- Experiencia previa en interpretación de planos y detalles constructivos.
- Lectura previa recomendada: Introducción a conexiones en acero y normas básicas AISC.

## Actividades

### Sesión 1: Anatomía del Nudo y Tipologías de Conexiones en Acero

#### Fase de Inicio

**Tiempo estimado:** 15 minutos

**Propósito de la sesión:** Introducir el concepto de conexiones estructurales en acero, su clasificación y su importancia en el desempeño estructural.

#### Activación de conocimientos previos:

- **Docente:** Presenta un caso real de falla estructural por mala conexión en acero, solicita a los estudiantes identificar posibles causas relacionadas con la conexión.
- **Estudiantes:** Discuten brevemente en parejas posibles causas y comparten con el grupo.

#### Motivación y enganche:

- **Docente:** Muestra imágenes y videos de edificaciones emblemáticas con diseño innovador en acero, resaltando la complejidad de sus conexiones.
- **Estudiantes:** Observan y comentan sobre la importancia del diseño de conexiones en estructuras modernas.

#### Contextualización:

- **Docente:** Conecta el tema con la práctica profesional y la responsabilidad en la seguridad estructural.
- **Estudiantes:** Reflexionan sobre la aplicación directa del conocimiento en sus ámbitos laborales o de investigación.

#### Fase de Desarrollo

**Tiempo estimado:** 90 minutos

**Presentación del contenido:** Uso de mapas conceptuales digitales y presentación multimedia para explicar las tipologías de conexiones, transferencia de fuerzas, rigidez y configuración geométrica.

### • **Actividad 1: Análisis de Tipologías de Conexiones**

- **Objetivo:** Analizar y clasificar diferentes tipos de conexiones estructurales.
- **Instrucciones:** En grupos de 3-4, revisan imágenes y muestras físicas de conexiones, identifican y clasifican cada tipo según criterios de rigidez y transferencia de fuerzas.
- **Producto:** Tabla comparativa con clasificación, ventajas y desventajas de cada tipo.
- **Tiempo:** 40 minutos
- **Rol docente:** Facilita recursos, guía con preguntas como "¿Qué tipo de transferencia de fuerza predomina en esta conexión?" y promueve discusión.

### • **Actividad 2: Modelado conceptual de un nudo estructural**

- **Objetivo:** Comprender la configuración geométrica y rigidez de un nudo.
- **Instrucciones:** Individualmente, usan software o dibujo manual para crear un esquema de un nudo estructural, indicando vectores de fuerza y puntos críticos.
- **Producto:** Esquema detallado con anotaciones explicativas.
- **Tiempo:** 50 minutos
- **Rol docente:** Revisa avances, ofrece retroalimentación puntual y sugiere mejoras.

**Diferenciación:** Estudiantes avanzados pueden integrar software BIM para modelar conexiones; quienes requieran apoyo reciben guías paso a paso y materiales visuales adicionales.

**Transición:** El docente conecta el análisis conceptual con la mecánica que explica las uniones, preparando para la siguiente sesión.

### **Fase de Cierre**

**Tiempo estimado:** 15 minutos

- **Síntesis:** Elaboración conjunta de un mapa mental en pizarra digital con los conceptos clave de la sesión.
- **Reflexión metacognitiva:** Preguntas exactas:
  - ¿Cómo influye la tipología de conexión en la rigidez de la estructura?
  - ¿Qué factores geométricos deben considerarse en el diseño de un nudo?
- **Retroalimentación:** Docente comenta las respuestas, clarifica dudas y resalta puntos fuertes.
- **Transferencia:** Conexión con la mecánica de unión y detallado de la siguiente sesión.
- **Tarea:** Investigar un caso real de diseño innovador de conexiones en acero y preparar una breve presentación para sesión 2.

## **Sesión 2: Mecánica de la Unión y Detallado Constructivo**

### **Fase de Inicio**

**Tiempo estimado:** 10 minutos

**Propósito de la sesión:** Profundizar en los mecanismos de unión mediante tornillos y soldaduras y su implicación en el diseño de placas y detallado constructivo.

**Activación de conocimientos previos:**

- **Docente:** Solicita a los estudiantes compartir las presentaciones de su tarea sobre casos reales y abrir diálogo sobre elementos novedosos observados.
- **Estudiantes:** Presentan y comentan en plenaria.

**Motivación y enganche:** Presentación de un video corto que muestra pruebas destructivas de conexiones atornilladas y soldadas.

**Fase de Desarrollo**

**Tiempo estimado:** 100 minutos

**Presentación del contenido:** Introducción multimodal con esquemas, videos explicativos y simulaciones sobre mecánica de uniones, tipos de cargas (cortante y momento), diseño de placas y detallado.

• **Actividad 1: Cálculo y diseño preliminar de placa y tornillos**

- **Objetivo:** Diseñar placas y seleccionar elementos de fijación para una conexión sometida a cortante y momento.
- **Instrucciones:** En parejas, reciben un caso estructural con cargas específicas; calculan dimensiones de placa y pernos siguiendo AISC y normativas.
- **Producto:** Informe con cálculos, planos preliminares y justificación técnica.
- **Tiempo:** 60 minutos
- **Rol docente:** Asiste con dudas, verifica precisión técnica y fomenta discusión de criterios.

• **Actividad 2: Diseño de detalle constructivo y revisión crítica**

- **Objetivo:** Elaborar detalle constructivo optimizado para fabricación y montaje.
- **Instrucciones:** Grupos de 3-4 diseñan el detalle constructivo basado en los cálculos previos y presentan para crítica técnica en plenaria.
- **Producto:** Plano de detalle con anotaciones y lista de materiales.
- **Tiempo:** 40 minutos
- **Rol docente:** Modera la crítica, destaca buenas prácticas y mejora continua.

**Diferenciación:** Estudiantes con mayor dominio pueden usar software de diseño CAD; quienes requieran apoyo reciben plantillas y ejemplos detallados.

**Transición:** El docente resume la importancia del diseño detallado para la transferencia eficiente de cargas, enlazando con la sesión sobre placas base y transmisión al concreto.

**Fase de Cierre**

**Tiempo estimado:** 10 minutos

- **Síntesis:** Ronda rápida de preguntas-respuestas sobre conceptos clave.
- **Reflexión metacognitiva:**
  - ¿Cuáles son las ventajas y limitaciones de tornillos versus soldaduras?
  - ¿Cómo influye el detallado en la constructibilidad y desempeño?
- **Retroalimentación:** Comentarios breves por parte del docente sobre las respuestas y desempeño grupal.
- **Transferencia:** Introducción al diseño y análisis de placas base para la siguiente sesión.
- **Tarea:** Preparar esquema básico de placa base y pernos para un pilar de acero.

## Sesión 3: Diseño de Placas Base y Transmisión de Cargas al Concreto

### Fase de Inicio

**Tiempo estimado:** 10 minutos

**Propósito de la sesión:** Introducir el diseño de placas base, pernos de anclaje y la transferencia de cargas al concreto según AISC Design Guide 1.

#### Activación de conocimientos previos:

- **Docente:** Recoge los esquemas de tarea y pregunta sobre criterios usados para diseño preliminar.
- **Estudiantes:** Exponen brevemente sus esquemas y criterios.

**Motivación y enganche:** Demostración con modelos físicos o simulaciones sobre transferencia de carga y comportamiento frente a cargas dinámicas.

### Fase de Desarrollo

**Tiempo estimado:** 95 minutos

**Presentación del contenido:** Explicación detallada apoyada con tablas, gráficos y ejemplos normativos para el diseño eficiente de placas base y anclajes, enfatizando la interacción acero-concreto.

- **Actividad 1: Diseño detallado de placa base y pernos de anclaje**
  - **Objetivo:** Realizar un diseño completo de placa base y pernos conforme a AISC Design Guide 1.
  - **Instrucciones:** En grupos de 3, mediante software y normas, calculan dimensiones, disposiciones y verifican resistencia.
  - **Producto:** Documento técnico con cálculos, planos y justificaciones normativas.
  - **Tiempo:** 70 minutos
  - **Rol docente:** Apoya técnicamente y fomenta el análisis crítico de resultados.
- **Actividad 2: Simulación de transferencia de cargas y discusión**
  - **Objetivo:** Evaluar la transferencia de cargas y sus efectos en elementos de concreto.
  - **Instrucciones:** Cada grupo presenta sus resultados y discuten posibles mejoras o riesgos.
  - **Producto:** Informe de discusión con propuestas de optimización.

- **Tiempo:** 25 minutos
- **Rol docente:** Modera el debate y enfatiza conceptos críticos.

**Diferenciación:** Para estudiantes que culminen antes, se propone explorar casos de cargas sísmicas; para quienes necesiten apoyo, se facilitan ejemplos resueltos paso a paso.

**Transición:** Presentación breve de la importancia del detalle fabricable y montaje para la última sesión.

## Fase de Cierre

**Tiempo estimado:** 15 minutos

- **Síntesis:** Creación de un cuadro comparativo normativo y práctico sobre placas base.
- **Reflexión metacognitiva:**
  - ¿Qué factores normativos son críticos para el diseño de placas base?
  - ¿Cómo se puede optimizar la transferencia de cargas al concreto?
- **Retroalimentación:** Retroalimentación escrita y verbal del docente sobre los cuadros y reflexiones.
- **Transferencia:** Preparación para abordar la optimización de detalles y montaje en la sesión final.
- **Tarea:** Elaborar propuesta de secuencia constructiva para una conexión con placa base.

## Sesión 4: Tectónica del Detalle Fabricable y Montaje Estructural

### Fase de Inicio

**Tiempo estimado:** 10 minutos

**Propósito de la sesión:** Conocer criterios de fabricación, montaje y optimización para el diseño efectivo de conexiones en acero.

#### Activación de conocimientos previos:

- **Docente:** Solicita compartir las propuestas de secuencia constructiva y analiza puntos clave.
- **Estudiantes:** Presentan y comentan colectivamente.

**Motivación y enganche:** Presentación de casos reales con problemas constructivos y su solución a través de detalles optimizados.

### Fase de Desarrollo

**Tiempo estimado:** 95 minutos

**Presentación del contenido:** Exposición dinámica con videos, imágenes y esquemas sobre criterios de fabricación, montaje, secuencia constructiva y optimización del detalle.

- **Actividad 1: Análisis crítico de detalles constructivos y optimización**
  - **Objetivo:** Evaluar y proponer mejoras en detalles fabricables para montaje eficiente.

- **Instrucciones:** En grupos, analizan un detalle constructivo complejo, identifican problemas, y diseñan una versión optimizada.
- **Producto:** Plano modificado y memoria justificativa.
- **Tiempo:** 60 minutos
- **Rol docente:** Asiste con preguntas guía y fomenta la innovación.

• **Actividad 2: Planificación de montaje y secuencia constructiva**

- **Objetivo:** Crear una planificación práctica para montaje estructural eficiente.
- **Instrucciones:** Grupos diseñan una secuencia constructiva considerando tiempos, recursos y seguridad.
- **Producto:** Diagrama de flujo y cronograma básico.
- **Tiempo:** 35 minutos
- **Rol docente:** Facilita recursos, valida propuesta y ofrece retroalimentación.

**Diferenciación:** Estudiantes avanzados pueden integrar software de gestión de proyectos; quienes necesiten apoyo reciben ejemplos y plantillas.

**Transición:** Docente conecta esta sesión con la importancia integral del diseño para el desempeño estructural y seguridad.

## Fase de Cierre

**Tiempo estimado:** 15 minutos

- **Síntesis:** Elaboración colectiva de un resumen gráfico que integre los cuatro temas del módulo.
- **Reflexión metacognitiva:**
  - ¿Cómo contribuye la optimización del detalle al desempeño integral de la estructura?
  - ¿Qué criterios normativos y prácticos resultan más críticos en el diseño de conexiones?
  - ¿Cómo aplicarás estos conocimientos en tu práctica profesional?
- **Retroalimentación:** Comentarios grupales e individuales, destacando fortalezas y áreas de mejora.
- **Transferencia:** Invitación a aplicar conocimientos en un proyecto real o investigación futura.
- **Tarea (opcional):** Preparar un ensayo crítico sobre un avance innovador en conexiones de acero.

## Evaluación

**Tipo de evaluación:**

- **Diagnóstica:** En la fase inicial de la sesión 1 mediante análisis del caso real para activar conocimientos previos.
- **Formativa:** A lo largo de todas las sesiones mediante la observación directa, revisión de productos parciales (tablas, esquemas, cálculos, planos) y participación en discusiones.
- **Sumativa:** Al final del módulo, evaluación integrada basada en el diseño completo de una conexión estructural y su detallado constructivo, incluyendo aspectos de fabricación y montaje.

**Criterios de evaluación:**

- Precisión en la identificación y clasificación de tipologías de conexiones (Objetivo 1).
- Capacidad para diseñar placas y uniones considerando resistencia y constructibilidad (Objetivos 2 y 3).
- Capacidad para optimizar detalles constructivos y planificar montaje estructural (Objetivos 4 y 5).
- Aplicación correcta de normativas vigentes en los diseños y cálculos (Objetivo 1 y 2).

**Instrumentos sugeridos:**

- Rúbrica detallada para evaluar informes técnicos, planos y presentaciones.
- Lista de cotejo para seguimiento de participación activa y calidad del trabajo grupal.
- Autoevaluación y coevaluación mediante cuestionarios guiados al final de cada sesión.
- Observación directa y registro anecdótico del desempeño en actividades prácticas.

**Evidencias de aprendizaje:**

- Tablas comparativas y mapas conceptuales elaborados en la sesión 1.
- Informes de cálculos y planos preliminares de diseño en sesiones 2 y 3.
- Planos de detalle optimizados y cronogramas de montaje en la sesión 4.
- Participación activa en discusiones y presentación de propuestas en plenaria.