**DIPLOMATURA EN SOLDADURA**

**Área Materiales y Procesos de fabricación**

**IMA-FI-UNSJ**

**1. Motivación**

A nivel global, la escasez de técnicos e ingenieros especializados en soldadura ha llevado a muchos países a establecer programas universitarios específicos en esta disciplina. Un ejemplo destacado es el programa de “Ingeniero de Soldadura Europeo (EWE-ISE)”, que contempla más de 390 horas de instrucción teórica y 60 horas de práctica. Contar con profesionales —ingenieros, supervisores, técnicos y soldadores— capaces de abordar los desafíos del sector bajo estándares de calidad equiparables a los del EWE es crucial para el desarrollo de la industria metal-mecánica en general y minera en particular en San Juan.

El aseguramiento de la calidad de las uniones soldadas contempla múltiples ramas del conocimiento. En la Figura 1 se presenta un esquema donde pueden identificarse algunas de ellas.

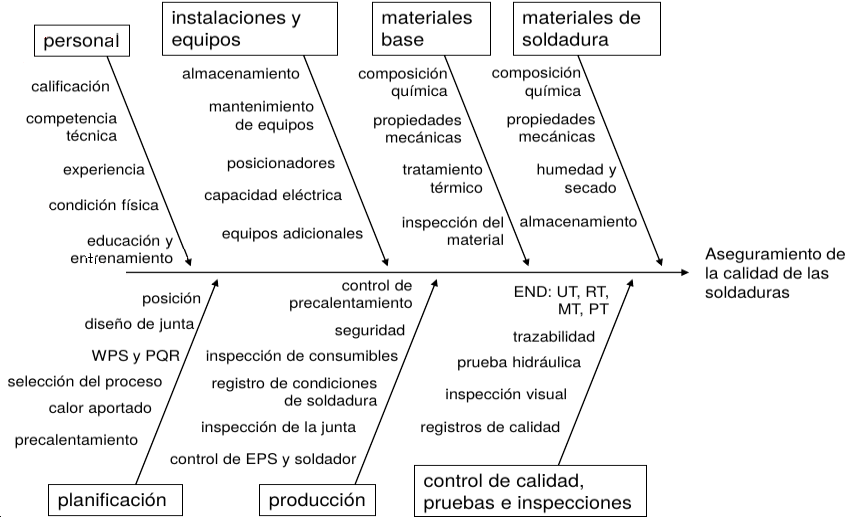


Figura 1: ramas del conocimiento y áreas involucradas en el aseguramiento de la calidad de uniones soldadas [1].

En la Figura 1 se observa que el aseguramiento de la calidad de las uniones soldadas abarca diversas y complejas áreas del conocimiento, tales como: personal, planificación, instalaciones y equipos, producción, materiales base, control de calidad, pruebas e inspecciones, y materiales de soldadura. Considerar la totalidad de las variables asociadas a cada una de estas líneas requiere la participación de técnicos e ingenieros debidamente formados y especializados, especialmente en el ámbito de la fabricación de piezas, componentes o estructuras soldadas en San Juan.

Una estrategia fundamental para alcanzar este objetivo —el aseguramiento de la calidad de las uniones soldadas— consiste en:

* **disponer de procedimientos de soldadura** adecuados a los materiales de construcción seleccionados,
* **contar con soldadores capacitados** para ejecutar los trabajos conforme a los procedimientos establecidos

En otras palabras, la industria debe asegurarse que sus ingenieros (de fabricación o mantenimiento) y sus soldadores cuenten con la debida capacitación o con la aprobación y certificación para el proceso y tecnología de soldadura que corresponda. Otro aspecto fundamental que contribuye a la obtención de uniones soldadas “sanas”, es que los materiales sean analizados, caracterizados y ensayados según las normativas que apliquen.

Lo expuesto pone de manifiesto que, para garantizar la calidad de una junta soldada considerando su diseño, los materiales empleados, su fabricación e inspección, es fundamental contar con recursos humanos (RRHH) que posean tanto competencias personales como formación específica en las disciplinas indicadas en la Figura 1. Esto requiere disponer de equipamiento adecuado y de personal debidamente capacitado y calificado en técnicas de soldadura, así como en inspección y certificación. Técnicos e ingenieros de soldadura deben estar en condiciones de operar, desarrollar y calificar procedimientos, documentando las condiciones necesarias para obtener uniones de calidad tanto en:

* **construcción, montaje y mantenimiento**, donde los materiales suelen ser nuevos, certificados o no, y las soldaduras se planifican y ejecutan de manera ordenada, como en
* **reparación de elementos en servicio**, donde los materiales pueden estar degradados, ser desconocidos y las soldaduras se ejecutan con menor planificación en condiciones de solicitación extrema.

En este contexto, la **Diplomatura en Soldadura** busca formar técnicos capaces de comprender, abordar y resolver las problemáticas de la soldadura en la industria local. Para ello ofrece una formación teórico-práctica que permite a los estudiantes adquirir conocimientos en dos campos complementarios:

* **calificación de soldadores**, que brinda la base teórica y práctica necesaria para la certificación del oficio, y
* **calificación de operadores de soldadura**, que acredita la habilidad de una persona para manejar un equipo de soldadura.

De esta manera, los egresados estarán en condiciones de identificar, evaluar y resolver los desafíos propios de la soldadura, cumpliendo con los estándares de calidad y seguridad que demandan las industrias metalmecánica y minera de San Juan.

**2. Objetivo**

**2.1. Objetivo general**

Complementar y profesionalizar la formación práctica de operarios y técnicos en soldadura, de acuerdo con los estándares, códigos y normas aplicados en la industria metalmecánica en general y en la industria minera en particular.

**2. Objetivos específicos**

* Comprender e identificar los aspectos metalúrgicos de los materiales soldados y su relación con el tipo de proceso y las variables operativas utilizadas.
* Seleccionar la tecnología, técnica y parámetros de soldadura más adecuados según el material a unir.
* Interpretar los resultados de ensayos destructivos y no destructivos aplicados al control de calidad de una soldadura.
* Leer, comprender y ejecutar procesos y procedimientos de soldadura.
* Reconocer las principales variables de las máquinas y herramientas auxiliares empleadas en soldadura, considerando las normas de higiene y seguridad laboral.
* Identificar, comprender y aplicar la documentación técnica respetando los requerimientos, buenas prácticas y formatos definidos por los principales estándares, códigos y normas de soldadura (ASME, AWS y API).

**3. Programa**

La diplomatura aborda de manera integral tanto los aspectos teóricos como prácticos de la soldadura, con el objetivo de que los estudiantes adquieran conocimientos alineados con los estándares exigidos por el sector productivo. El programa busca que los participantes no solo comprendan y evalúen los procesos de soldadura, sus variables operativas, su influencia sobre los materiales y las posibles discontinuidades que puedan generarse, sino que también desarrollen la capacidad de diseñar e implementar soluciones efectivas e innovadoras frente a las principales problemáticas que enfrenta la industria metalmecánica y minera en la provincia de San Juan.

Los cursos que incluye el programa son:

**Fundamentos de materiales (JG -a cargo-, VA, LC y AS)**

* Propiedades mecánicas y Ensayos
  + **Práctica**: Ensayos destructivos (**IMS**).
* Estructura de los metales.
* Aleaciones y diagramas de fase
* Aleaciones Hierro-Carbono.
* Tratamientos térmicos de los aceros.
  + **Práctica**: Tratamientos térmicos y metalografía de aceros (**IMA**).
* Metales y aleaciones livianas.

**Metalurgia de Soldadura: (VA -a cargo- FDC)**

* Introducción a la soldadura por fusión
* El cordón de soldadura
* La zona afectada térmicamente
* Soldabilidad
* Macro y micrografías de una unión soldada
  + **Práctica:** observación macro y micrográfica de una unión soldada (**IMA**).

**Procesos y Tecnología de soldadura (EZ -a cargo-, NS, AD)**

* Introducción a la Tecnología de la soldadura: aspectos generales.
* Soldadura blanda y dura.
* Electricidad y Electrónica de la soldadura.
* Introducción a la soldadura por arco eléctrico (AW) protegido por gas.
* Soldadura SMAW/MMA.
* Soldadura GTAW/TIG.
* Soldadura GMAW/MIG-MAG.
* Soldadura FCAW.
* Soldadura por arco sumergido SAW.
* Soldadura por Resistencia eléctrica RW.
* Soldadura Oxi-Gas (OFW), Oxi-Acetileno (OAW) y procesos afines.
* Otros procesos de soldadura: Laser (LBW), Haz de electrones (EBW), Plasma (PAW).
* Procesos de corte térmico (TC), punzonado.
* Métodos de recargue de soldadura y proyección.
* Procesos Automatizados y robótica.
  + **Prácticas.**

**Técnica de soldadura: (FDC -a cargo-NS , EZ)**

* Términos y definiciones en soldadura.
* Simbología en soldadura.
* Tipos de uniones/juntas.
  + **Práctica**: inspección visual (**IMA**).
* Diseño y partes de una unión soldada.
  + **Práctica**: inspección visual (**IMA**).
* Posición de soldadura.
* Técnicas de soldadura.
* Preparación de materiales (o metal base) y superficies para soldadura.
  + **Práctica**: inspección visual (**IMA**).
* Aspectos operativos, depósitos de cordones; soldadura de fundición, aceros al carbono, aceros aleados y metales no férreos con SMAW, GTAW/TIG, GMAW/MIG-MAG y Oxiacetilénica (OAW).
  + **Prácticas**:
    - SMAW de placas planas posición 3G.
    - SMAW a tope con bisel en V posición 2G.
    - GMAW – MIG/MAG de chapa 3/8" posición 3G.
    - GMAW – MIG/MAG de junta T posición 4F.
* Recargues superficiales.
  + **Práctica**: SMAW de recargue usando E-6011 y E-7018.
* Soldadura de tubería.
  + **Práctica**: SMAW de cañería 5G ascendente.
  + **Práctica**: GTAW/TIG prueba ASME 6G en tubo de acero Inoxidable 304L.
* Procedimientos de corte.
  + **Práctica**: corte de una planchuela con indicación de pasos.
* Arco con electrodo de carbón.

**Reglamentación y normas en soldadura: (NS -a cargo-, VHA, FC, EZ)**

* Introducción y origen de las normas:**(VHA)**.
* Calificaciones de soldadura. ASME IX y API 1104 **(FDC)**.
* Diseño y Fabricación: ASME B31.3, AWS D1.1, ASME VIII **(NS y EZ)**.
  + **Práctica 16**: calificación de Procedimiento de Soldadura y Calificación de Soldadores: caso práctico (**IMA**).
  + **Práctica 17**: manejo de documentación de soldadura según ASME VIII y IX: caso práctico (**IMA**).

**Materiales soldados: características, discontinuidades y ensayos: (FDC -a cargo-, VHA, NS)**

* **Materiales ASME II (VHA).**
  + **Práctica**: aplicación de ASME II en un caso práctico de reparación y mantenimiento (IMA).
* Discontinuidades y defectos en soldadura AWS 3.0, AWS D1.1 y ASME IX (**FDC – NS**).
  + **Práctica:** cálculo de precalentamiento (método CET, dureza, control de hidrógeno, Seferian, Suzuki, IIW, AWS D1.1, etc.) **(IMA)**.
  + **Práctica**: cálculo de la dilución en soldadura de aceros inoxidables.
* **Ensayos destructivos de soldaduras API 1104, AWS B4, ASME IX, AWS D1.1, ASME II.C, ASME VIII (FDC).**
  + **Práctica:** ensayos y aplicación de los criterios de aceptación según ASME IX y AWS D1.1 **(IMA-IMS)**.
* **Ensayos no destructivos AWS B1.10 y ASME V. (NS)**
  + **Práctica:** aplicación de ASME V **(IMA)**.
* **Ensayos metalográficos ASME IX (ASTM-E407, ASTM-E340), API 1104, AWS D1.1 (VHA)**
  + **Práctica:** identificación de zonas características en soldaduras empleando macrografías **(IMA)**.

**Higiene y Seguridad en Trabajos de Soldadura: (Maxi Moreno)**

* Sistema de Riesgos del Trabajo. Derechos y Obligaciones.
* Prevención de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.
* Peligro y Riesgo. Matriz de Riesgos. Jerarquía de Controles de Riesgos.
* Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional.
* Seguridad en Máquinas y Herramientas.
* Contaminantes. Radiaciones. Ventilación.
* Recomendaciones seguras para el corte y soldadura de metales.
* Ley 19.587. Dto. 351-79. ANSI Z49.1. - Generalidades. Controles administrativos.

**Seminarios de actualización en técnicas, procedimientos y tecnologías de soldadura. (A cargo de empresas y fabricantes del medio)**

* Seminario 7.1 "Protección Respiratoria" - 3M Argentina
* Seminario 7.2 "Uso Correcto y Seguro de Amoladoras Angulares" - Stanley-Black & Decker
* Temarios a definir en función de la cursada.

**4. Dictado**

El dictado tiene una parte virtual (asincrónico y sincrónico a través del sistema BBB de la UNSJ) y presencial (parte práctica y talleres). La plataforma de enseñanza virtual de la UNSJ permite grabar las clases sincrónicas para que el estudiante las reproduzca según su tiempo y disponibilidad, como así también publicar presentaciones, videoclases y documentos, cuestionarios y preguntas en diferentes modalidades juntos a foros de discusión para facilitar la interacción entre los profesores y los estudiantes.

La diplomatura está estructurada en los módulos listados en la Sección 3. Cada módulo puede cursarse de forma independiente previa aprobación de sus correlativos. El material de estudio de cada módulo está disponible en el sitio de educación virtual de la UNSJ. La aprobación de cada módulo cuenta con un certificado de aprobación que otorga la FI-UNSJ. Aprobados la totalidad de los módulos, prácticas y talleres el alumno tiene acceso al examen (teórico-práctico) de la diplomatura, el cual se toma dos veces al año (previa aprobación de todos los módulos). Con esta modalidad se busca brindar una formación dinámica, flexible y adaptable a los intereses, tiempos y disponibilidad de los alumnos.

**5. Requisitos**

El programa está dirigido a profesionales de las áreas mecánica, metalúrgica, materiales, industrial y civil involucrados en el uso de las tecnologías de la soldadura ya sea como tecnología de fabricación y/o mantenimiento. La diplomatura requiere el secundario completo con experiencia y formación comprobable en soldadura (equivalente a “Técnico en soldadura”) y/o mérito equivalente. El estudiante debe contar con un dispositivo móvil o PC y una conexión a internet para acceder al material, foro, documentación, controles, evaluaciones de contenidos asimilados. El mismo debe brindar la posibilidad de interactuar a través de un sistema de audio, video y escritura con el profesor.

Como requisito general la aprobación de la diplomatura requerirá:

* Asistencia mínima del 80% a las clases presenciales sincrónicas.
* Asistencia del 100% a los talleres y clases prácticas.
* Aprobación de los controles de cada módulo y de un examen final integrador en línea.

**6. Carga horaria y duración**

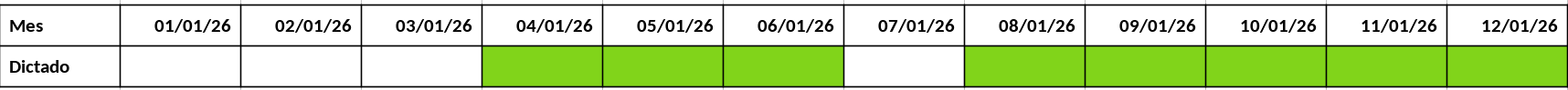
La duración de la diplomatura es de 170 hs. Distribuida durante siete meses.

**7. Egreso**

A los estudiantes que cumplan con los requisitos descritos en la Sección 5 se les extiende un certificado digital e impreso de aprobación por parte de la Facultad de Ingeniería de la UNSJ. En líneas generales, al finalizar y aprobar el programa el estudiante será capaz de:

* Interpretar planos de construcción que involucren soldaduras.
* Aplicar normas, códigos y estándares relacionados con la soldadura.
* Comprender los fenómenos que tienen lugar en los materiales soldados y su influencia en las condiciones de servicio.
* Seleccionar el proceso, la tecnología y las variables involucradas en las diferentes tecnologías de soldadura en función del diseño de una junta y los materiales a soldar.
* Controlar la calidad de los productos soldados.
* Identificar e interpretar discontinuidades, imperfecciones y defectos en piezas soldadas.
* Comprender y ejecutar procesos y procedimientos de soldadura.
* Auditar y evaluar, lo referido a la higiene, seguridad y control del impacto ambiental, en lo concerniente a su desempeño profesional.

**8. Cronograma de dictado (tentativo, sujeto a modificación)**



**9. Integrantes del cuerpo docente**

Para el desarrollo de esta carrera se cuenta con la participación del personal de la FI-UNSJ y colaboradores externos, los principales son:

**(1) FI-UNSJ**

**Área Materiales y Procesos de Fabricación del IMA-FI-UNSJ:**

* Dr. Ing. Fernando Diego Carazo: Director del Área, responsable de investigación y especialista en comportamiento mecánico de materiales y soldadura.
* Dra. Ing. Virginia Haydee Aranda: Responsable extensión del área con amplios conocimientos en soldadura y una basta experiencia y participación en la formación de RRHH vinculados a la siderurgia e industria del acero.
* Ing. Nahuel Sánchez: Especialista en Soldadura y END a cargo de las materias electivas de soldadura actualmente impartidas en el Área.
* Ing. M. Josefina González Aubone: Especialista con amplia experiencia en capacitación y formación de RRHH en el procesamiento de minerales y el mantenimiento en la industria calera.
* Dr. Ing. Erick Torres: Especialista en materiales y en metalurgia de la soldadura.
* Ing. Lucas Costa: Especialista en ensayos mecánicos de materiales y soldaduras.
* Tec. Fabián Gómez: Especialista en mecanizado de materiales con experiencia en el empleo del torno, agujereadora, fresa, rectificadora, talladora y herramientas varias de talleres de mecanizado.
* Tec. Osvaldo Aguero: soldador calificado.
* 2 personal PAU (actualmente en proceso de incorporación): conocimientos en procesos y técnicas de soldadura, operación de END, ensayos mecánico y caracterización de materiales.
* Personal administrativo, institucional y medios de la FI-UNSJ: para el desarrollo de las actividades y tareas administrativas que la diplomatura requiera.

**Dpto. Ing. Electromecánica:**

* Ing. Adolfo Durán: Especialista en electricidad, control y electrónica de potencia.

**Dpto. Ing. Química:**

* Lic. Maximiliano Moreno: Licenciado en Higiene y Seguridad en el Trabajo. Especialista en Calidad y Medio Ambiente. Instructor NFPA 1041.

**(2) Empresas privadas:**

Asesores y colaboradores externos de empresas privadas (sujetos a contratación según los

requerimientos y necesidades que se desprendan de esta presentación):

* Dos técnicos especializados en tecnología, procesos y procedimientos de soldadura, END y soldadura con diferentes técnicas y tecnologías de aceros y aleaciones livianas (Al).
* Se cuenta con el aval y visto bueno de diferentes empresas del medio (provincial, nacional y fabricantes de insumos, herramientas y soldadoras) para apoyar, desarrollar visitas y prácticas como así también análisis de situaciones reales del mundo de la soldadura.

**(3) Organismos públicos de CyT dedicados al estudio de soldadura:**

Asesores externos en calidad de “expertos”:

* Dr. Ing. Hernán Svoboda (director del Grupo de Tecnología de la Soldadura y Comportamiento Mecánico de Materiales Metálicos de la UBA): con amplia experiencia en soldadura y procesos de unión y corte de metales tales como soldadura de aceros dual phase, procesamiento y soldadura por fricción agitación de aleaciones de aluminio y disimilares, soldadura de aceros inoxidables supermartensíticos, dúplex y superduplex, recubrimientos antidesgaste depositados por soldadura FCAW, soldadura de aceros 9% Cr resistentes a altas temperaturas, etc.
* Ing. Víctor Alejandro Burgueño (Jefe de departamento de soldadura del INTI): algunas de sus calificaciones en soldadura incluyen International Welding Engineer (IWE), International Welding Inspector (IWI), Inspector de Soldaduras Nivel III certificado según IRAM/IAS U500-169, Instructor en cursos sobre la especialidad; desde 2008, Evaluador de Inspectores de Soldadura según la IRAM/IAS U 500-169; desde 2014, Responsable del Ente de Certificación y Calificación de Soldadores y Operadores y Procedimientos de Soldadura N° 2 según la IRAM/IAS U500-138; desde 2020, Chairman del ASME International Working Group Argentina BPV IX, Chairman del ASME (Spanish) Translation Committee BPV IX, entre otras.
* Se cuenta con el aval y visto bueno de diferentes especialistas de otras delegaciones del INTI, universidades públicas y empresas de USA (para el dictado de seminarios de los seminarios de actualización en técnicas, procedimientos y tecnologías de soldadura) para apoyar los aspectos formales y formativos de esta presentación en caso de esta propuesta avance.