

Transición de ingeniería básica a manufactura especializada en acero estructural. Transition from basic engineering to specialized structural steel manufacturing.

J. C. Sosa Argüelles¹ , M. A. Vizcarra López² ¹ Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.² CEMEX, Av. San Antonio 461, San Pedro de los Pinos, Álvaro Obregón, 01180 Ciudad de México, CDMX

Resumen

Todo proyecto comienza definiendo las cuestiones básicas o fundamentales, los proyectos de ingeniería no son la excepción. La ingeniería básica contiene las primeras ideas o propuestas que posteriormente se irán desarrollando hasta aportar soluciones a problemáticas cotidianas o específicas. El presente artículo, expone y simplifica la estructura de esta transición de manera general, profundizando en definiciones sustanciales como: la micro y la macro estructuración; dirigidas al profesional de la ingeniería. Posteriormente, el enfoque del documento se concentra en la rama de las estructuras de acero, desglosando aquellas pautas necesarias para ejecutar con éxito el planteamiento y la ejecución de un proyecto de esta índole. Finalmente, se adentra en la ingeniería de taller o de detalle, definiendo una serie de conceptos relacionados a: la fabricación, inspección, ensamblaje, lectura y traslado de miembros formados en acero estructural; ahondando en los procedimientos específicos para ejecutarlos.

Palabras Clave: Acero, ingeniería, básica, fabricación, estructuras.

Abstract

Every project begins by defining basic or fundamental issues, and engineering projects are no exception. Basic engineering contains the initial ideas or proposals that will later be developed to provide solutions to everyday or specific problems. This article presents and simplifies the structure of this transition in general terms, delving into substantial definitions such as micro- and macro-structuring, aimed at the engineering professional. The document then focuses on the branch of steel structures, breaking down the guidelines necessary to successfully execute the planning and execution of a project of this nature. Finally, it delves into shop or detailed engineering, defining a series of concepts related to the manufacturing, inspection, assembly, reading, and transfer of structural steel members, delving into the specific procedures for their execution.

Keywords: Steel, engineering, basic, manufacturing, structures.

1. Introducción

La ingeniería básica comprende los primeros aspectos determinados al momento de desarrollar un proyecto de cualquier índole. Estos aspectos se refieren a la selección de la mejor alternativa de solución, con base en la definición, elaboración, mejora y estimación de la rentabilidad de dicho proyecto. Estas etapas son conocidas y aplicadas por el profesional de ingeniería, sin embargo, cuando se llega a la etapa de la fabricación o desarrollo del proyecto en taller o bien, en campo, se desconocen o pasan por alto aspectos fundamentales para que la ejecución de las tareas se lleve a cabo con éxito, como lo pueden ser: la lectura de planos,

conocimiento de procesos constructivos y de manufactura, estándares de seguridad e higiene, entre otros. El desarrollo de este artículo consiste en ordenar y aclarar los conocimientos generales y esenciales para asimilar una ingeniería de fabricación o taller, enfocada prioritariamente en elementos de acero. Así mismo, hace mención de las especificaciones de los procesos de maquila, para ofrecer una idea más concisa del tema. Así también, sirve como complemento y apoyo a la información disponible, brindando asistencia a la preparación teórica-práctica del ingeniero, reduciendo el riesgo de equivocaciones que perjudiquen de forma inter e intrapersonal al ejecutor de los trabajos planeados y al proyecto en general. En la actualidad, navegando por la red se pueden encontrar

*Autor para la correspondencia: so352497@uaeh.edu.mx

Correo electrónico: so352497@uaeh.edu.mx (Julio César Sosa Argüelles), miguelvzcr50@gmail.com (Miguel Ángel Vizcarra López)

Historial del manuscrito: recibido el 08/04/2025, última versión-revisada recibida el 12/05/2025, aceptado el 03/07/2025, en línea (postprint) desde el 08/08/2025, publicado el 05/01/2026. **DOI:** <https://doi.org/10.29057/icbi.v13i26.14904>



diversos artículos y enlaces con información acerca de este tema en particular, no obstante, no profundizan lo suficiente, haciendo que el entendimiento sea vago y subjetivo a la interpretación del profesional de la ingeniería. Una las fuentes más destacadas en lo que se refiere a una ingeniería de fabricación, pertenece al grupo ingenieril “IDI ingeniería”, exponiendo en un breve artículo apartados que abarcan desde la definición hasta las etapas más importantes dentro de una ingeniería de detalle, refiriéndose con detalle a una ingeniería de taller o fabricación (IDI Ingeniería, s.f.). El artículo en cuestión, define la ingeniería de detalle como la etapa donde las ideas que fueron concebidas como una posibilidad, pasan a ser algo más real. Aunado a esto, el documento establece las etapas a seguir, que según su metodología se dividen en 5 y cada una de estas evalúa y revisa diferentes características que se deben cumplir para garantizar un resultado óptimo. En la primera etapa, se comprueban las especificaciones y se plantean las hipótesis de cálculo a considerar, dividiendo si es necesario los subsistemas para un mayor control y conocimiento de la experimentación. La segunda etapa, define y calcula las partes necesarias para desarrollar un prototipo, con ayuda de modelización, esquemas, dibujos y detalles constructivos. La tercera etapa, es la más laboriosa de todas, ya que es la sección donde se ensamblan y se comprueban los elementos del proyecto, verificando si los cálculos fueron los correctos o se requieren modificaciones al sistema. Por último, la cuarta y quinta etapas se encargan de revisar todo aquello con las normativas vigentes que se soliciten, al igual de la preparación de entrega del producto final, si es que fue solicitado (IDI Ingeniería, s.f.). A pesar que, la información de este artículo es acertada a lo que se refiere este tópico, se reitera la falta de énfasis en sus definiciones y profundidad en los términos utilizados, de ahí la necesidad de ahondar aún más en cuanto a la necesidad de los profesionales de la ingeniería que desean o se ven enfrentados a aplicar sus conocimientos en taller, con el fin, de que adquirir las competencias y habilidades necesarias, que les permitan conseguir los rendimientos que el proyecto les exige. En lo que respecta a la literatura enfocada a la ingeniería de fabricación de elementos de acero, esta diversificada por ramas y especialidades, las cuales, se unifican en este documento con fines de resumir y agrupar los principios de manufactura, soldadura, tornillería, traslado, entre otros.

1.1. Ingeniería básica

1.1.1. ¿Cómo se define?

También llamado Proyecto básico o Anteproyecto, es la fase inicial en el desarrollo de un proyecto de ingeniería, estableciendo los principios y parámetros esenciales que fungirán como guía a lo largo de la materialización del proyecto. (EIA21 Ingeniería de Soluciones , s.f.).

1.1.2. Características y aspectos importantes

1.1.2.1. Objetivos y macroestructura general de la ingeniería básica

- La ingeniería básica es la etapa más creativa, volviéndose la más complicada al momento de elaborar un proyecto de ingeniería, es por eso que se catalogan los objetivos

principales que la conforman, enlistándose a continuación:

- **Seleccionar la solución más favorable:** Se comparan las propuestas aportadas y se opta por la más conveniente. La propuesta debe de especificar los aspectos que intervienen en su selección, dar a conocer las ventajas y desventajas de su estructura, estipular las capacidades de llevarse a la realidad, evaluar si sus ventajas atribuyen al cumplimiento de sus objetivos y, por último, fundamentar el ¿por qué es la mejor alternativa seleccionada? (Instituto Politécnico Nacional, 2022).
- **Desarrollar y acotar dicha solución:** Una vez designada la potencial resolución general, es esencial analizarla para determinar si es aceptable o no. Normalmente, se desarrollan cuatro tipos de modelos de simulación del proyecto: modelos icónicos, analógicos, simbólicos y digitales. Los modelos icónicos, se basan de acuerdo a descripciones por palabras o representaciones gráficas, como lo puede ser un dibujo o un modelo a escala. Los modelos analógicos, son capaces de recrear el desempeño de un estudio más complejo, algunos ejemplos de esto son: el uso de software o lenguajes matemáticos computarizados, siendo aptos para asegurar respuestas poco erróneas acercadas a la realidad. Los modelos simbólicos, también conocidos como modelos abstractos, se caracterizan por simplificar la terminología y expresiones llegando a ideas más concretas, descartando variables de poca prioridad. Por último, los modelos digitales facilitan modelizar tridimensionalmente los sistemas necesarios, llevándolos hasta la realidad virtual, siendo un camino más económico a diferencia de los modelos analógicos (Instituto Politécnico Nacional, 2022).

Es evidente que, al formularse los modelos estos arrojarán respuestas que deben ser estudiadas de manera rotunda, mediante un análisis estructurado de forma rigurosa. Para eso, existen tres tipos de análisis: análisis de sensibilidad, de compatibilidad y de estabilidad. El análisis por sensibilidad, consiste en brindar al planteamiento entradas de información, con base en la experiencia del ingeniero, alusivas a condiciones y estándares de estudio, para así, comprender con mayor precisión el funcionamiento de los sistemas establecidos en el proyecto con pretensiones a implementar. El análisis de compatibilidad, se puede considerar como el más detallado y aquel donde se debe tener mayor cuidado a comparación de los demás tipos de análisis, ya que, se examinan con atención los atributos y particularidades de los sistemas desarrollados, algunos ejemplos de esto son: la tolerancia espacial o geométrica entre módulos o piezas y como se acoplan entre sí, tolerancias de composición química, supervisión y estandarización en relación a la salubridad y a la seguridad mínima para salvaguardar al personal y al trabajo en general. Para finalizar, es indispensable analizar la estabilidad del proyecto y de sus vertientes, puesto que, esto es de gran utilidad adelantando soluciones a posibles adversidades que puedan ser causadas por la inestabilidad de los procesos al ser nuevos o nunca antes probados (si fuera el caso).

- **Mejorar y optimizar las propuestas de los modelos:** Ya establecido el modelo y habiendo realizado los respectivos

análisis mencionados en el punto anterior, se procede a perfeccionar los procesos y la estructura en general de los elementos que componen al modelo seleccionado, ya que, se busca fundar un cuerpo y una metodología sólida, dando como resultado un algoritmo lo más detallado y exacto posible. Es importante destacar que en esta etapa es de suma importancia habilitar ensayos y pruebas, que tengan como propósito observar y detectar defectos o fallos en los factores que configuran al sistema (Instituto Politécnico Nacional, 2022).

- **Determinar si el proyecto es rentable:** Superando con éxito cada una de las previas etapas u objetivos, se llegan a las conclusiones finales, donde, con fundamento de las pruebas realizadas y los resultados obtenidos, se decide si el proyecto es viable o no, y si este trasciende a una ingeniería de taller (Instituto Politécnico Nacional, 2022).
- **Nota importante:** Los objetivos, en resumen, constituyen la macroestructura de la ingeniería básica.

1.1.2.2. Microestructura general de la ingeniería básica

La micro – estructura hace referencia a la composición desglosada a detalle de los elementos más pequeños pero indispensables en los procesos que conforman a la ingeniería básica o a cualquier otra. Para complementar, es destacable su mención, ya que, también es la estructura interna que estudia y se encarga de la administración de las tareas obligatorias en una empresa u organización ingenieril, y se segmenta en forma cronológica de la siguiente manera:

- **Recopilación de precedentes y comprobar las fuentes de datos:** Es la primera etapa en donde se recopila y reúne toda la información posible desde el inicio del desarrollo del proyecto. En este punto de partida se declara si los datos son suficientes para ejecutar la ingeniería básica (Instituto Politécnico Nacional, 2022).
 - **Coordinación de las actividades de la ingeniería básica:** Habla de la programación de las labores secuenciales del proyecto a ejecutar, sustentado en el análisis de vialidad, donde se pactan los períodos de realización, los responsables supervisores, montos estimados de inversión, entre otros. Al menos debe de contar con herramientas de organización como un diagrama de Gantt.
 - **Análisis de mercado:** Dependerá completamente de la empresa en base a sus objetivos. Este análisis dará respuesta a la producción necesaria para la satisfacción de demanda, si es que la hay (MOVE INGENIERIA, 2020)
 - **Fabricación o producción en planta o bien, in situ:** Es importante tener a la mano los estudios preparatorios y de mercado, ya que, estos documentos contribuyen a la selección de los productos a manufacturar (EL DESARROLLO DE PROYECTOS., 2017).
 - **Designación del método y su confección precisa:** De las propuestas que se plantean en el estudio preliminar, se selecciona la más adecuada y con apoyo de herramientas tales como flujoigramas, se secuencia la metodología, exigiendo al ingeniero y al personal a conocer el procedimiento exacto (Instituto Politécnico Nacional, 2022).
 - **Solicitud de equipo y maquinaria:** El ingeniero o el planificador general debe de prever la maquinaria y el equipo a utilizar para la ejecución de los oficios. Existirán casos donde los protocolos no contarán ya sea con la maquinaria disponible en los períodos programados o bien en existencia, si es la situación (y si el presupuesto al igual que los tiempos lo permiten), se admite diseñar el equipo faltante para fabricarlo y cumplir con el programa de actividades (Instituto Politécnico Nacional, 2022).
 - **Circulación en la planta o bien, in situ:** La logística de los trabajos se debe de planear de manera exacta y precisa, ya que, es de gran relevancia conocer los recorridos, accesos al espacio de trabajo, puntos muertos, ubicaciones de los equipos a usar, entre otros. Si no se tiene mucha experiencia en ello, es factible aplicar herramientas tales como layouts, planos o croquis (Instituto Politécnico Nacional, 2022).
 - **Descripción de soluciones constructivas:** Es significativo el planteamiento de escenarios alternativos con el fin de contener la incertidumbre y en si de la planificación principal, en ello juega un papel importante la experiencia que pueda tener el responsable de la organización (Instituto Politécnico Nacional, 2022).
 - **Estimaciones y proyecciones económicas:** Los recursos económicos son fundamentales en la evolución de cualquier proyecto, siendo aquella fuente que delimita el alcance y oportunidades que puede generar lo acometido del trabajo. Es la información que describe de manera intrínseca el rendimiento económico al igual que los ingresos y egresos de capital. El proyectista debe de comprender estos puntos al pie de la letra, si no, se corre con el riesgo de agotar los fondos de manera prematura afectando al esquema agendado (Instituto Politécnico Nacional, 2022).
 - **Valoraciones adicionales:** Es oportuno considerar valoraciones extras abarcando más panoramas que pueden afectar al proyecto, tales como análisis de carácter social, de impacto ambiental y legal (Instituto Politécnico Nacional, 2022).
 - **Diálogo y controversia:** Se cita al personal responsable que se ha involucrado en la ingeniería básica, donde, se discute acerca del futuro y de las decisiones esenciales definitivas que consolidaran al proyecto. Dependiendo de la magnitud de este, será la recurrencia de las reuniones.
 - **Conformación de los registros de la ingeniería básica:** En resumen, se debe de expedir la documentación correspondiente abarcando y mencionando cada uno de los puntos mencionados anterior y posteriormente a este.
 - **Inspección y evaluación:** Fundamentado en lo anterior, se concluye si el proyecto continuo o no. Este dictamen lo comparte la administración general de la empresa ejecutora o bien, de la empresa contratista.
- Nota importante:** No siempre se puede aplicar el mismo proceso teórico a un proyecto, estos van variando de acuerdo a las demandas y solicitudes que se prescriban, sin embargo, siguiendo este marco de trabajo general, los resultados se pueden estimar con seguridad, y por qué no, con éxito.

1.1.3. ¿Cómo se aplica la Ingeniería básica en la fabricación de elementos de acero?

En el sentido general sin profundizar, es evidente que la ingeniería básica se puede aplicar en cualquier tipo de fabricación, ya que, su estructura es satisfactoria con un modelo de proyección constructivo. En el caso para la fabricación de elementos de acero estructural, es acertado partir desde una situación habitual, por ejemplo, se tiene en mente el desarrollo inmobiliario de un edificio, donde su estructura estará compuesta de este material. A continuación, se muestra qué relación tiene cada etapa de la ingeniería básica con el desarrollo de dicho proyecto (SMIE, 2020).

- **Selección de la solución:** Se busca con este proyecto satisfacer las necesidades del cliente solicitante, es por eso que se deben de proponer diseños mediante las peticiones del demandante, criterios arquitectónicos y estructurales apoyado con la normativa vigente correspondiente, como lo es la Norma Técnica Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Acero (NTCDCEA) de la Ciudad de México (CDMX) del año correspondiente (Es notorio y conveniente aplicar las fuentes de información más recientes en la actualidad) (SMIE, 2020). En esta etapa se definen a grandes rasgos los materiales a usar, el sistema constructivo más viable funcional y económicamente hablando, entre otros.
- **Formulación de modelos:** Seleccionando el diseño preliminar, el ingeniero busca desarrollar modelados que apoyen al entendimiento del funcionamiento del sistema propuesto, algunos de los modelos posibles a implementar se describen en el apartado 1.1.2.1 “Objetivos y macroestructura general de la ingeniería básica” de este artículo. Comúnmente los ingenieros estructuristas son los responsables de llevar a cabo esta tarea, y adoptan los modelos digitalizados, en dos o en tres dimensiones en softwares de uso especializado, como lo es AutoCAD, Sketchup, Tekla Structures y parecidos, facilitando la representación de la idea a un esquema más realista.
- **Análisis de modelos:** Las sugerencias consolidadas deberán de ser analizadas igualmente por un equipo de ingenieros especializados en el análisis y diseño de estructuras. En esta fase el ingeniero tiene el propósito de interpretar el comportamiento de la estructura globalmente sometida a cargas muertas, vivas y accidentales, gracias a la asistencia de software calificado para este tipo de operación, como lo puede ser Sap2000, Etabs, MidasGen, Robot Structural, entre otros. Es relevante mencionar que el análisis comenzará a dar resultados desde la selección preliminar de los perfiles de acero a emplear, los tipos de conexiones, particularidades en soldaduras, tornillería, y más (AISC, 2016). El análisis estructural está regido por la Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural (SMIE), brindando los reglamentos necesarios e indispensables para lo acometido. Los manuales que al menos deben ser obligatoriamente tomados en cuenta para el análisis y diseño de estructuras de acero y de cualquier otro material en México son: la Norma Técnica Complementaria para Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones (NTCCADE), Norma Técnica Complementaria para el Diseño por Sismo (NTCDS), Norma Técnica Complementaria para Diseño por Viento (NTCDV) y la Norma Técnica Complementaria para Diseño y

Construcción de Estructuras de Acero (NTCDCEA), toda la información debe de corresponder al año en vigencia actualizada perteneciente a la gaceta de la Ciudad de México (CDMX), el ingeniero puede hacer uso de normatividad adicional si lo desea, siempre y cuando provenga de una fuente fidedigna y que este aprobada por un comité gubernamental oficial (GRUPO AZERO, 2013).

- **Optimización:** Una vez que se obtienen los resultados del análisis estructural, la optimización hace referencia al diseño definitivo de la estructura, adecuándola en relación a lo solicitado en el apartado 1.1.3 “¿Cómo se aplica la ingeniería básica en la fabricación de elementos de acero? – Selección de la solución” de este documento, adicionando que debe de cumplir con los parámetros de seguridad remarcados en la normativa descrita en el punto anterior (GERDAU CORSA, 2019). Al optimizar una estructura, se está asegurando un correcto uso de los calibres en las secciones de acero, correcta distribución de espacios, grados de acero acertados, entre otros, sin comprometer el bienestar de la misma en cuanto a funcionalidad y economía.
- **Validación:** La presentación final del diseño estructural la deberá de aprobar un responsable experto en estructuras, también conocido como corresponsable en seguridad estructural, el cual, es imperativo contar como mínimo con una licencia T-2 en edificaciones y en estructuras (IMCA. Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, 2021). El corresponsable se hará cargo de brindar la retroalimentación suficiente, si se es solicitado realizar correcciones o una nueva propuesta al no cumplirse con los requerimientos mínimos señalados en la normativa señalada en el apartado 1.1.3 “¿Cómo se aplica la ingeniería básica en la fabricación de elementos de acero? – Análisis de modelos” de este documento.
- **Entrega de la documentación:** Aprobado el proyecto, es indispensable expedir los documentos técnicos que respalden el diseño de la estructura, se incluye la memoria de cálculo, en la cual se describen secuencialmente las fórmulas empleadas para el diseño estructural de los elementos de acero, por ejemplo, vigas, columnas, conexiones, placas, sistemas de entrepiso, entre otros, sustentadas con las normativas en vigor (AISC, 2016). Al igual que la memoria de cálculo, se anexa la memoria descriptiva; este informe detalla las características globales del proyecto, su localización, la empresa ejecutora, la explicación y desglose del sistema estructural a diseñar, y más. Por último, es de gran importancia facilitar los planos necesarios para el correcto entendimiento por parte del personal ejecutor de los trabajos, estos planos son de tipo arquitectónicos, de taller, de acabados y estructurales en su mayoría. Todos los archivos indicados previamente requieren estar firmados y sellados por el corresponsable en seguridad estructural. Es significativo resaltar que, como mínimo, estos son los documentos a trabajar obligatoriamente para cualquier diseño infraestructural.

Nota importante: La fabricación de elementos de acero se deriva del análisis y de la optimización estructural, por eso la mención de ambos procedimientos previos al detalle en taller.

1.2. Ingeniería de taller o fabricación

1.2.1. ¿Cómo se define?

Esta ingeniería se enfoca en las particularidades técnicas de los procesos, siendo la etapa final en el diseño de un proyecto ingenieril. A diferencia de la ingeniería básica o preliminar que solo se basa en las generalidades, la ingeniería de taller le da prioridad al detalle de cada uno de los componentes que juegan un papel crucial en el avance del proyecto comprometido, siempre sustentado en el uso de normativas vigentes que rigen los estándares de calidad y de seguridad (AZUMATA, 2024).

1.2.2. Características y aspectos importantes

1.2.2.1. Esquema general de las etapas del estudio y diseño de un proceso de fabricación

En resumen, la ingeniería de taller o fabricación cuenta con una esquematización común popular presente en los procesos de manufactura actuales. Su principal función de esta es describir y especificar las pautas ineludibles a desarrollar para un proyecto de fabricación. Se enlista a continuación de manera breve.

- **Principios de diseño del proceso:** Previamente a dar marcha con la producción, es necesario tener en cuenta algunos elementos esenciales de confección, los principales son: Los requerimientos proyectados del producto objetivo, volúmenes de fabricación, materias primas, estándares de seguridad e higiene, administración económica (plan de negocios) y el periodo de tiempo estipulado para satisfacer esta etapa.
- **Desarrollo del diseño del proceso:** Las herramientas más usadas como resultado de la experimentación y de la automatización son los diagramas de bloques, de flujo y de ingeniería, gracias a su secuencia algorítmica, cooperan a la comprensión de la misma. Los diagramas además de lo anteriormente especificado, ayudan a estimar costos futuros de inversión, comprobar rendimientos, designar un sistema de administración con mayor efectividad, diseño de pautas en cuanto a seguridad, análisis de volúmenes de personal, entre otros. En esta etapa se verifican los cálculos y las cualidades físicas del equipo al igual que de los materiales, como lo es la temperatura, fuerzas de presión, plasticidad, deformaciones y demás (Romo , 2021).
- **Datos del diseño del proceso:** En adición al punto anterior, la ingeniería de taller posee mayores alcances referente a la información generada, como bibliografía completa de los equipos de manufactura, planos de fabricación, diagramas de instrumentación como soldadura, cableado, instalaciones y otros similares (ICFES, 2013).

Nota importante: Esta teoría como bien se muestra, reiterando, es general. Cada ingeniería de taller posee procesos aún más específicos y exclusivos.

1.2.3. La ingeniería de taller y la fabricación de elementos de acero estructural

En el caso de la fabricación de elementos de acero, los procedimientos aplicados se fundamentan con los apartados anteriormente descritos en este documento, desde la teoría de la ingeniería básica hasta la ingeniería de taller, esto, como guía de desarrollo y de referencia, ya que, se anexa información adicional con el propósito de enriquecer los conocimientos del ingeniero interesado en el tema. Es pertinente destacar la recomendación al ingeniero de contar con la noción básica general de las estructuras de acero y cómo se conforman, debido a que esta sección ataca únicamente las fases más avanzadas y los procesos técnicos ya en cuanto a manufactura (Garofalo, 2023).

1.2.3.1. Secciones de acero

También conocidas como perfiles de acero, son elementos fabricados a través de la fundición del acero en diferentes formas con sus respectivas dimensiones. Normalmente, estos perfiles son empleados en el rubro de la construcción y de la industrialización. El acero es el producto de una aleación entre hierro y menos del 1.76% de carbono, y existen de diferentes grados, de este grado, surgen sus propiedades mecánicas y usos recomendados (Acero Monterrey, s.f.).

- **A-36:** El tipo de acero es al carbono con usos recomendados en construcciones de edificios, puentes y distintos tipos de estructura que involucren tornillería o soldadura, ya no es muy común el uso de remaches. La composición química general de este acero incluye hierro a un 98%, responsable de aportar la durabilidad y resistencia a los esfuerzos mecánicos presentes. El porcentaje máximo de carbono es de 0.29%, contribuyendo al aumento de resistencia y reduciendo la ductilidad del mismo. Este es un acero relativamente suave, con una densidad de 7.85 g/cm³ y con un límite de fluencia de 250 MPa. Adicionalmente a esta información, este acero tiene una elongación de 2" con una resistencia a la tensión de 400 a 550 Mpa antes de fallar (Delta Steel, 2020).
- **A-29:** Es acero al carbono de grado 50 usado comúnmente en la construcción de edificios de acero, placas y perfiles estructurales. Su resistencia máxima a la fluencia va de 2,950 a 5,975 kg/cm² (DEL CASTILLO RODRIGUEZ , 2019).
- **A-992:** Similar a los grados anteriores, también se emplea en la construcción de edificios, solamente habilitado para secciones W (IPR). El porcentaje de carbono en su composición no rebasa el 50%. Este acero posee una resistencia máxima a la fluencia de 50 ksi o 3,515 kg/cm². La capacidad para soldarse a otros elementos es muy buena, igual a la ductilidad (Delta Steel, 2020).
- **A-53:** Grado común para la fabricación de secciones tipo HHS, es considerado un acero de alta resistencia con una resistencia máxima a la fluencia de 2,400 a 3,515 kg/cm² (Manual de Diseño para la Construcción con Acero, 2013).
- **A-500:** Este grado de acero también se encuentra disponible en secciones HHS tanto cuadradas, rectangulares y circulares. Cuentan con una resistencia máxima a la tracción y a la fluencia de 3,200 a 4,100 kg/cm² (Manual de Diseño para la Construcción con Acero, 2013).

- A-501:** Las propiedades son similares al grado A-36, sin embargo, este grado está disponible en perfiles HHS a diferencia del antes mencionado, que no es común, y en elementos planos esbeltos al igual que en elementos de sección redondeada (Manual de Diseño para la Construcción con Acero, 2013).

También es común el empleo de perfiles de acero ultrarresistente, con un límite a la fluencia mayor a lo convencional, con altas propiedades de resistencia a la corrosión, costos en montaje y preparativos, reducción de la altura de entrepiso, y más. Aun así, es propuesto una construcción híbrida con ambos tipos de acero (de ultrarresistencia y resistencia media), (ProconstrACERO). En resumen, todos los grados de acero presentados, son usados para la fabricación de perfiles y elementos de acero, y la selección de estos dependerá directamente del proyecto a ejecutar, así, como de las condiciones ambientales a las que se pueda ver expuesto.

1.2.3.1.1. Tipos de sección.

Existe una amplia variedad de perfiles de acero. El catálogo de perfiles proporcionado por el Instituto Mexicano de la Construcción en Acero (IMCA), describe una lista completa de estos. Se menciona al IMCA por ser un referente en este rubro de la construcción, no obstante, el ingeniero puede verificar bibliografía adicional de carácter local o internacional que el desee. Ver figura de la 1 a la 11.

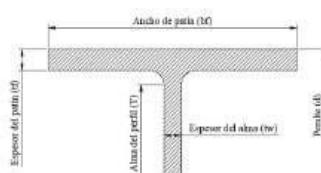


Figura 1. Perfil T rectangular (TR)

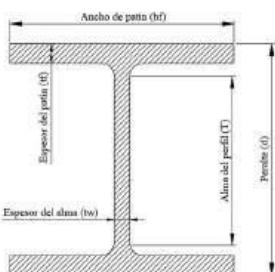


Figura 2. Perfil I rectangular (IR)

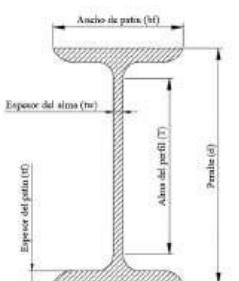


Figura 3. Perfil I estándar (IE)

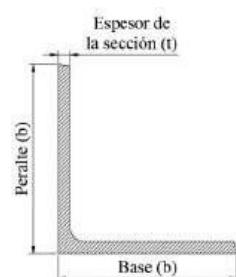


Figura 4. Ángulo de lados iguales (LI)

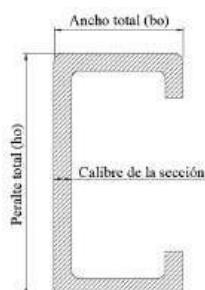


Figura 5. Perfil C formado en frío (CF)

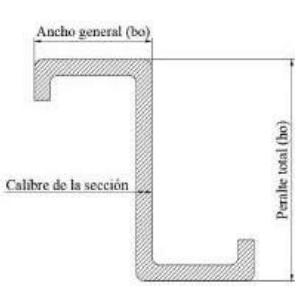


Figura 6. Perfil Z formado en frío (ZF)

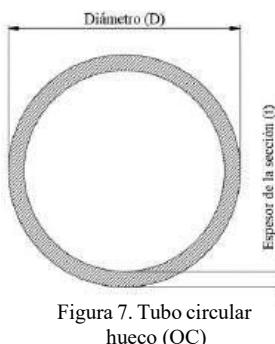


Figura 7. Tubo circular hueco (OC)



Figura 8. Redondo sólido liso (OS)

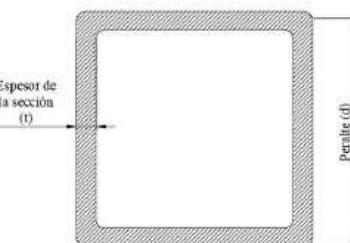


Figura 9. Tubo cuadrado (OR)

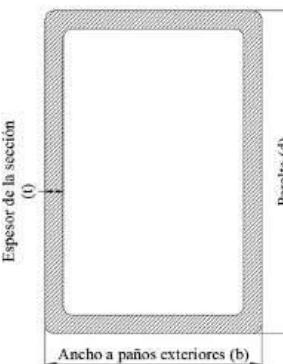


Figura 10. Tubo rectangular (OR)

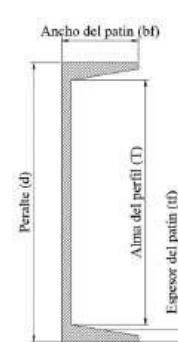


Figura 11. Perfil C estándar (CE)

1.2.3.1.1.1. Fabricación de perfiles laminados

Existen diversas metodologías para la fabricación de los perfiles de acero laminado, una de ellas se le denomina como rolado, esto consiste en moldear las láminas de acero ya previamente cortadas y seccionadas en rollos con diámetros superiores a los 3 metros, en base a las dimensiones solicitadas mediante un sistema de roles, de estos adquiere su nombre coloquialmente. Esta operación se efectúa ya sea en caliente o en frío, el rolado en caliente alude a darle la forma de la sección de acero deseada llevando este material a muy altas temperaturas rebasando los 1600 grados, mientras que el rolado en frío, como su nombre lo indica, se configura la lámina a temperaturas ambiente estandarizadas sin la necesidad de adicionar calor al material (Ruiyu Yin, 2018).

En un contexto general, el procedimiento de fabricación de perfiles de acero en laminado, se efectúa mediante las siguientes etapas (Murray, 2015).

- Explosión de insumos:** Se recolecta la taconita, una roca con hierro de bajo grado comúnmente aplicada para la

fabricación de hierro y bien, el acero. La roca es tan dura que es inevitable el uso de equipos para dinamitar las reservas donde se encuentra localizada, prácticamente en todo el mundo (Ghosh & Chatterjee, 2008).

- **Fundición:** Una vez adquirida la taconita, se procede a pulverizarse en segmentos muy pequeños, con el fin de separar el hierro de la tierra y de los residuos que puedan presentarse, capsulándolo en pequeños cilindros conocidos como “pellets” listos para fundirse y adicionarle carbón, gasificándolo, así, otorgándole propiedades maleables al acero (Ghosh & Chatterjee, 2008). Como último paso, se vierte en los moldes simulando un rectángulo de hasta 9 pulgadas de espesor, formando una placa de acero lista para ser rebana en las láminas ya anteriormente mencionadas al comienzo de este apartado.
- **Enderezado:** El enderezado se aplica en las láminas de acero que son producidas en taller, esto con el fin de alinear la superficie evitando irregularidades que puedan perjudicar el resto del proceso. El enderezado es preferente en frío por medios mecánicos y en caliente en zonas locales de la pieza.
- **Trazo:** Sobre las láminas ya enderezadas, se traza el contorno del elemento o pieza a confeccionar, lista para el corte.
- **Corte:** Existen diversas maneras de realizar los cortes, puede ser con taladro, cizalla, cierra o por medio de calor. Los equipos tecnológicos automatizados garantizan una precisión y un acabado de primera, a comparación si se ejecutara a mano.
- **Habilitado:** Hace mención al alistamiento previo al ensamblado, asegurando que no existan impurezas como rebabas, cortes desalineados, medidas incorrectas y otros síntomas que puedan entorpecer la efectividad de la unión entre elementos.
- **Armado:** Es la etapa final en donde se unifican las piezas, requiriendo mano de obra especializada, alineamientos de soldadura, sujeción temporal, entre otras.

1.2.3.1.1.2. Fabricación de perfiles en molde

El procedimiento en cuanto a la explosión de insumos y la fundición de los materiales, es idéntico al de la manufactura de perfiles de acero laminados, lógicamente al tratarse de la obtención del material primario en sí. Este tipo de fabricación, como su nombre lo expresa, se fundamenta en el vertido de la materia en recipientes que ya cuentan con la forma de la sección a producir sin la necesidad de rolados o configuraciones similares, solo bastando con enfriarse en un rango de 65 grados para cortarse con sierras mecánicas capaces de fundir el acero de la pieza, delimitando la longitud deseada por el fabricante y, por supuesto, dependiendo de la capacidad que este tenga, regularmente en México las longitudes de las piezas comercializadas miden 6 metros de largo. Es de vital importancia hacer énfasis en el cuidado del corte de las piezas, ya que, los dientes de la sierra pueden acumular segmentos o rebabas, las cuales puedes dañar el acabado de la pieza o bien, comprometer la seguridad del personal responsable ejecutor (Moravcikova-Gouvea & Moravcik , 2021).

1.2.3.1.2. Lectura en planos de taller

Es la representación gráfica de las piezas y solicitudes obligatorias demandadas por el diseñador estructural, desglosando elemento por elemento de manera muy detallada (Dieter & Schmidt, 2018). En estos planos es común encontrar los espesores de las secciones, calibres, grado del acero para el perfil, cortes, longitud de la pieza, perspectivas muy enfocadas y otros similares, ver figura 12 “Lectura de secciones en plano”.

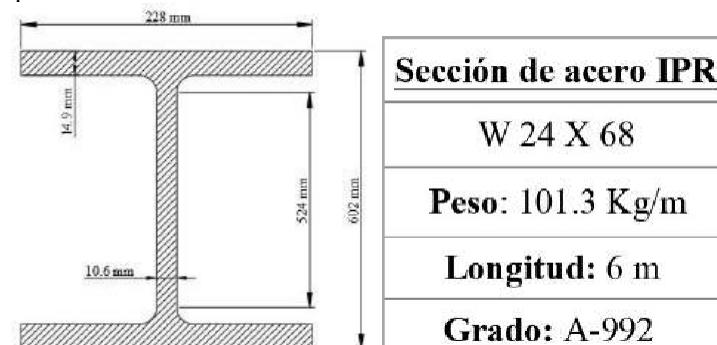


Figura 12. Lectura de secciones en plano

1.2.3.2. Soldadura

1.2.3.2.1. ¿Cómo se define?

Es aquel procedimiento que tiene como propósito unificar dos o más elementos de acero o bien metálicos mediante la acción de fundición de un material que fungirá como el enlace de transmisión entre las piezas.

1.2.3.2.2. Tipos de soldadura y posiciones

Existen diversas técnicas de soldadura empleadas según sean los materiales a unir, el ambiente en donde se verán expuestos y las necesidades de cumplimiento para garantizar la vida útil de los mismos.

- **Soldadura por gas oxiacetileno (OAW):** Es la combinación del uso de oxígeno y de gas combustible, guiado por mangueras unidas a un maneral con un mezclador conectado a un soplete con una boquilla en su extremo, dando como resultado una llama, la cual, al fundirse con los metales es capaz de integrarlos formando un “solo” elemento, o más bien, incorporándolos de tal manera que trabajen como un elemento monolítico.
- **Soldadura de arco no revestido:** Este tipo de soldadura consta de la formación de un arco al contacto del electrodo sujeto a un maneral o porta-electrodo, donde este, no posee recubrimiento químico alguno que pueda aportar propiedades a beneficio de la junta, pero tampoco la coloca en una posición desfavorable o bien, vulnerable (Tecnología, Arco Sumergido, 2021).
- **Soldadura de arco con electrodo revestido (SMAW):** A diferencia de la soldadura con arco no revestido, esta clase de soldadura posee un electrodo, el cual, tiene una capa química que envuelve a la varilla, otorgándole propiedades de protección contra el ambiente, contaminantes, óxido, entre otros, además de tener mayor control del arco, y provocar menos salpicaduras, sirve para remover residuos no deseados, siempre y cuando se respete el amperaje que

el electrodo indique en su nomenclatura de fábrica. Las siglas se desglosan como “Shielded Metal Arc Welding” (SMAW). Los electrodos se clasifican según los metales a fundir y sus características, no obstante, el electrodo revestido **E-7018** es el grado más común para soldar acero al carbón (que es el más usado en la fabricación y armado de estructuras de acero).

- Soldadura de arco sumergido (SAW):** La soldadura de arco sumergido es empleada en procedimientos más especializados y particulares, sin embargo, posee características interesantes y ventajosas sobre otras categorías de soldadura. Primero que nada, esta técnica es casi, sino que completamente automática, esto quiere decir que no necesita personal operativo especializado para su manejo en taller (referido durante la aplicación), reduce el humo, no produce salpicaduras, el cordón es uniforme y es rápida (KISGAL, 2016). Consta de la utilización de alambre de manganeso bajo, medio o alto, donde en la costura (entre las piezas a unir) se coloca de manera granular la escoria que protege al cordón de soldadura a aplicarse.

- Soldadura de arco protegido con gas (TIG):** La soldadura Tungsten Insert Gas (TIG) tiene la finalidad de que por medio de gas (este puede ser helio, argón o dióxido de carbono en combinación con hidrógeno, oxígeno o nitrógeno) proteja la fusión del electrodo de contaminantes e impurezas. Esto se puede presentar en el metal fundido en cuanto hace contacto con el aire, si no fuera por la protección del gas, se produciría óxido en el área trabajada. La aplicación es parecida a la soldadura OAW.

Nota importante: No está por demás aclarar que existen aún más tipos y técnicas de soldadura aún más avanzadas. Se hace mención de las anteriores por su popularidad debido a que es más común encontrarse con ellas en campo y en taller (Departamento de Ingeniería Metalúrgica)

Hablando de las posturas o posiciones al momento de aplicar la soldadura, estas se clasifican de la siguiente manera, dependiendo si la unión es en filete o biselada. En filete se agrupa de la siguiente manera (Sanchez, 2022):

- Plano (1F):** La soldadura de filete en posición plana es de las más básicas y tempranas a dominar por los soldadores especializados, constando de una visión clara del área a trabajar adecuando el sentido y apoyo de las piezas, facilitando la maniobra a ejecutar. Es ideal para soldadura de placas para formar perfiles tipo I en campo y en taller. Ver figura 13 “Soldadura en posición 1F”.



Figura 13. Soldadura en posición 1F (American Welding Society, 2018)

- Horizontal (2F):** Como su nombre lo indica, consiste en que el soldador especializado haga la unión de metales en un ángulo de 180°, la diferencia con la posición 1F, es que las piezas a soldar respetan la configuración habitual, reposando el patín sobre la superficie de apoyo, dejando

así el alma completamente vertical lista para ser soldado, normalmente la sección transversal del cordón tiene un ángulo a 45°. Es igual de común pero no tan cómoda como la soldadura plana 1F. Ver figura 14 “Soldadura en posición 2F”.

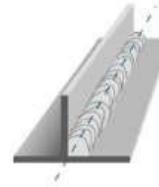


Figura 14. Soldadura en posición 2F (American Welding Society, 2018)

- Vertical (3F):** La posición vertical en soldadura, comprende un ángulo de aplicación de 90°. Una de las desventajas de soldar en postura vertical, es precisamente (dependiendo del electrodo a utilizar) es el propenso escurrimiento de la escoria perjudicando el acabado, al personal operativo y a la misma unión. Ver figura 15 “Soldadura en posición 3F”.



Figura 15. Soldadura en posición 3F (American Welding Society, 2018)

- Sobre cabeza (4F):** Por último, la soldadura sobre cabeza se podría considerar la más complicada por la incomodidad que puede experimentar el soldador, ya que la visión se dificulta, se torna más cansado y similar a la posición 3F, es aún más probable el escurrimiento de la escoria, siendo una situación más desfavorable provocando un riesgo alto de quemaduras si no se posee el correcto equipo de proyección. En taller o bien en campo se trata de evitar esta posición por los mismos soldadores, es por eso que en la formación de perfiles I con cubre placas, la placa superior que descansa sobre el patín de la sección principal se deja con un menor ancho, convirtiéndose en una soldadura con posición 2F. Ver figura 16 “Soldadura en posición 4F”.

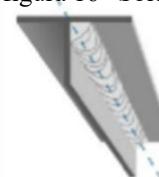


Figura 16. Soldadura en posición 4F (American Welding Society, 2018)

La letra “F” hace referencia a la palabra **Filete**.

Y cuando es soldadura biselada o en ranura se clasifican las posiciones como **1G, 2G, 3G y 4G**, que en realidad consiste en el mismo fundamento que la soldadura de filete en las 4 posiciones, la diferencia de una entre la otra es el tipo de penetración y la configuración de las placas o metales a soldar. Ver figura 17 “Posiciones de soldadura en ranura”.

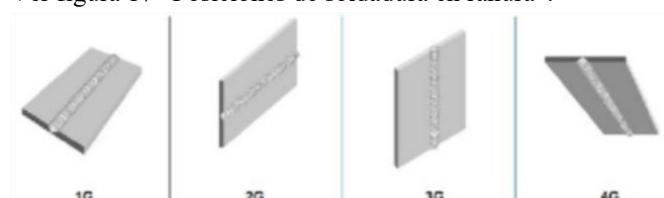


Figura 17. Posiciones de soldadura en ranura (American Welding Society, 2018)

La letra G alude a “**Soldadura de ranura**”.

1.2.3.2.3. Revisiones en soldadura y consideraciones a tomar en cuenta

Las revisiones más habituales y prácticas para verificar el estado óptico y correcto de la aplicación de la soldadura, son aquellas pruebas denominadas como no destructivas, ya que, estas no alteran la composición y estado de los materiales, afectando directamente de manera contraproducente la calidad y estabilidad de los metales en cuestión (CASTILLO RODRIGUEZ, 2017). Los principales objetivos que tienen estas pruebas es identificar irregularidades importantes en la soldadura, al igual que fugas, correcta adherencia de los materiales, entre otros. Algunas de estas pruebas son las siguientes:

- **Evaluación visual:** Esta revisión o prueba es la más básica, sencilla y rápida de implementar. Dentro de esta se pueden usar herramientas que ayuden a la visualización general de la inspección, como lupas, baroscopios, cámaras de video, etc. La abreviación en español es **IV** y en inglés **VI**.
- **Ultrasonido:** Consiste en el uso de un dispositivo llamado osciloscopio, que, por medio de un cabezal conectado, detecta en base de ondas y vibraciones las irregularidades en cordones de soldadura o bien, en los elementos unificados. Es de suma importancia aclarar que los resultados obtenidos en la lectura son meramente subjetivos, por lo que se debe de tener un buen conocimiento y experiencia para interpretar los datos generados por el equipo. Su abreviación en idioma español e inglés es **UT**.
- **Líquidos penetrantes:** Esta técnica se basa en la aplicación de líquidos que penetren en los poros que puedan existir en la soldadura, así permitiendo ser apreciados de manera más nítida y clara para su evaluación. Los líquidos pueden ser visibles o fluorescentes, la diferencia entra una y la otra es que los líquidos visibles son reconocibles en la luz blanca del día, mientras que los líquidos fluorescentes solo pueden ser vistos con luz oscura o ultravioleta. Una vez colocado el líquido penetrante se retira el exceso de este y en seguida se le coloca un revelador, se limpia el excedente y con ello, es posible distinguir los defectos en los elementos (si es que existieran). La abreviación correspondiente en idioma español es **LP** y, en inglés es **PT**.
- **Pruebas con magnetismo:** La mecánica principal con el que se rige este método de supervisión es con la atracción de metales. Cuando la composición de un cordón de soldadura es irregular, los poros u orificios actuarán como polos atrayendo cualquier material con propiedades magnéticas (como partículas), dando como resultado la ubicación de estos mismos desperfectos en la soldadura. Se abrevia **PE** en español y **ET** en lenguaje inglés.
- **Pruebas radiográficas:** En estas pruebas se aplican rayos capaces de penetrar superficies densas, como lo son los rayos X y los rayos Gama. Al irradiar los materiales estos pueden presentar cambios en su interior, no invasivos, solo en cuestiones de cambios de tonalidades según la irregularidad presente, así, logrando visualizar el interior

de la soldadura en una impresión de imagen. Aunque es uno de los métodos más efectivos y aplicados en la ingeniería de fabricación avanzada, resulta ser elevado su costo de adquisición, por lo que es una limitante importante para su aplicación. Se abrevia **RX** en español y **RT** internacionalmente.

- **Prueba infrarroja:** Por último, este método es muy interesante, ya que por medio de la temperatura se pueden identificar las zonas más calientes y frías, donde, estos cambios de tonalidades más rojizas y azuladas representan las discontinuidades existentes dentro de la soldadura. **PI** es la abreviación de pruebas infrarrojas en español, mientras que **IT** es la abreviación en idioma inglés.

Nota importante: Cabe reiterar que existen más métodos de revisión de calidad para la soldadura aún más avanzados e igual de interesantes que los mencionados anteriormente, sin embargo, se introduce de manera resumida las revisiones más comunes para fines de familiarización y aprendizaje básico.

Con respecto al equipo de soldadura, es de suma importancia verificar que se encuentre en buen estado, desde la planta de soldar o inversor, hasta el maneral o porta-electrodo, que las boquillas no se encuentren tapadas, que se respete el correspondiente amperaje en los equipos y que el personal haga uso indispensable del equipo de seguridad (arnés, línea de vida (si lo requiere), careta, gafas oscuras, monja, camisola y guantes para soldar).

La preparación en taller de la soldadura es importante, donde es recomendable precalentar el o los elementos antes de realizar la fundición estos, ya que, con ello se minimiza la vulnerabilidad de aparición de grietas en los cordones provocando una falla de tipo plástica o bien por fragilidad.

La norma por la que se rige la aplicación, estado y requisitos importantes para la soldadura en general es la American Welding Society (AWS), adicionando la contribución de normativas oficiales como lo es el American Institute of Steel Construction (AISC), el Instituto Mexicano de la Construcción en Acero (IMCA), el Instituto Americano del Hierro y del Acero (AISI) y el American Society for Testing and Materials (ASTM).

La simbología y nomenclatura de la soldadura ya puesta en plano para su lectura, recaba la información principal del grado del electrodo a usar, longitud de los cordones de soldadura y su separación, profundidad de penetración, si es realizada en campo o en taller, entre otros. Ver figura 18 “Lectura de simbología de soldadura en plano”.

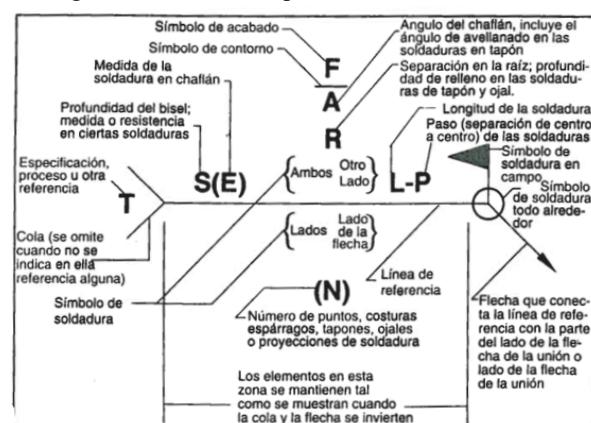


Figura 18. Lectura de simbología de soldadura en plano

1.2.3.3. Tornillería (MS Ingeniería, s.f.)

1.2.3.3.1. ¿Cómo se define?

Son aquellos elementos mecánicos individuales que tienen como propósito unir dos o más piezas, logrando así el trabajo conjunto de estas, y son de diversos tipos de metales, al igual que sus complementos (rondanas, tuercas, etc.). La tornillería es principalmente utilizada en conexiones de acero, donde estas son de tipo desmontables al poder separarse de los diferentes componentes a los que se vea comprometida, poseyendo varias ventajas de su aplicación a comparación de la soldadura: el costo de control de calidad es reducido, su instalación es más rápida y esta puede ser en diversas condiciones atmosféricas y ambientales; tiene un buen comportamiento en cuanto a la fatiga y fallas frágiles, entre otras, siendo una alternativa más que eficiente en el ensamblaje de estructuras de acero (UDC, s.f.).

1.2.3.3.2. Tipos de tornillería

Se clasifica según el grado, del grado 4.6, 5.6 y 6.8 se consideran tornillos ordinarios, mientras que los grados 8.8 y 10.9 simbolizan tornillería de alta resistencia, cabe mencionar

que no se debe de emplear tornillería con un grado menor a 4.6 ni mayor a 10.9 (Michael, 2022). Esta nomenclatura va en función del f_{yb} “Yield Strength of Bolt” traducido como la resistencia al límite elástico del tornillo, y del f_{ub} “Ultimate Strength of Bolt”, donde su traducción al español es resistencia última del tornillo (Universidad Politécnica de Tulancingo, 2022). La nomenclatura y simbología se define meramente por la geometría del tornillo a emplear, ver figura 19 “Geometría de tornillo estándar”.

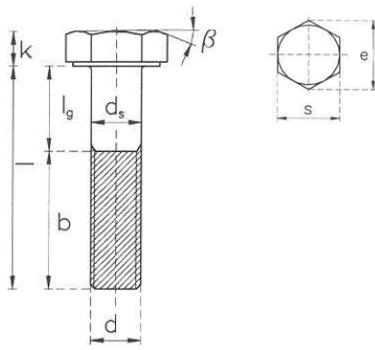


Figura 19. Geometría de tornillo estándar

Definida la geometría del tornillo, es importante seleccionar el grado de este, la tabla 1 “Grados y tipos de tornillos”, resume este concepto con un ejemplo de lectura, ver figura 20 “Ejemplo de lectura del grado de tornillería”. Los tornillos de alta resistencia tienen la capacidad de pretensado.

Tabla 1. Grados y tipos de tornillos

TIPO	TORNILLOS ORDINARIOS			TORNILLOS DE ALTA RESISTENCIA	
GRADO	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
$f_{yb} (N/mm^2)$	240	300	480	640	900
$f_{ub} (N/mm^2)$	400	500	600	800	1000

Nomenclatura (ejemplo): M16x80 - 5.6
 $f_{ub} = 500$ $f_{yb} = 0.6 \times 500 = 300 \text{ MPa}$

Figura 20. Ejemplo de lectura del grado de tornillería

Posterior a ello, en base a las características geométricas de los tornillos se establecen las medidas del vástago y la cabeza, así como su área resistente, esto con el propósito de establecer medidas estándares de fabricación. Ver tabla 2 “Medidas de elementos de tornillería”.

Tabla 2. Medidas de elementos de tornillería

TIPO	VÁSTAGO $d (\text{mm})$	CABEZA			$As (\text{cm}^2)$
		$k (\text{mm})$	$s (\text{mm})$	$e (\text{mm})$	
M 10	10	7	17	19.6	0.580
M 12	12	8	19	21.9	0.843
M 16	16	10	24	27.7	1.570
M 20	20	13	30	34.6	2.450
(M 22)	22	14	32	36.9	3.030
M 24	24	15	36	41.6	3.530
(M 27)	27	17	41	47.3	4.560
M 30	30	19	46	53.1	5.610
(M 33)	33	21	50	57.7	6.940
M 36	36	23	55	63.5	8.170

Por último, definida la geometría de las piezas, la tabla 3 “Longitud de tornillería”, define la longitud estándar de la caña “ l_g ”, que es la distancia del lecho inferior de la cabeza al borde superior inicial de la rosca del tornillo, mostrado en la figura 19 “Geometría de tornillo estándar”, así como la longitud nominal total del tornillo sin contar el peralte de la cabeza, esto con el fin de establecer el parámetro de fabricación y relación de tamaños entre los elementos que lo

componen.

Tabla 3. Longitud de tornillería

LONGITUD NOMINAL	LONGITUD DE LA CAÑA																												
	$l_g (\text{mm})$																												
	$l (\text{mm})$	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	(95)	100	(105)	110	(115)	120	(125)	130	140	150	160	170	180	190	200
30	10	8	9																										
35	15	13	9																										
40	20	18	14	10	8																								
45	25	23	19	15	13	11																							
50	30	28	24	20	18	16																							
55	35	33	29	25	23	21																							
60	40	38	34	30	28	26		23																					
65	45	43	39	35	33	31	28																						
70	50	48	44	40	38	36	33																						
75	55	53	49	45	43	41	38																						
80	58	54	50	48	46	43	40																						
85	63	59	55	53	51	48	45																						
90	68	64	60	58	56	53	50																						
(95)	73	69	65	63	61	58	55																						
100	78	74	70	68	66	63	60	57	54																				
(105)	83	79	75	73	71	68	65	62	59																				
110	88	84	80	78	76	73	70	67	64																				
(115)	93	89	85	83	81	78	75	72	69																				
120	98	94	90	88	86	83	80	77	74																				
(125)	99	95	93	91	88	85	82	79	76																				
130	104	100	98	96	93	90	87	84	81																				
140	114	110	108	106	103	100	97	94	91																				
150	124	120	118	116	113	110	107	104	101																				
160		130	128	126	123	120	117	114																					
170		140	138	136	133	130	127	124																					
180			148	146	143	140	137	134																					
190			158	156	153	150	147	144																					
200			168	166	163	160	157	154																					

La nomenclatura final se muestra en el ejemplo a continuación. Ver figura 21 “Ejemplo de nomenclatura final para tornillería”.

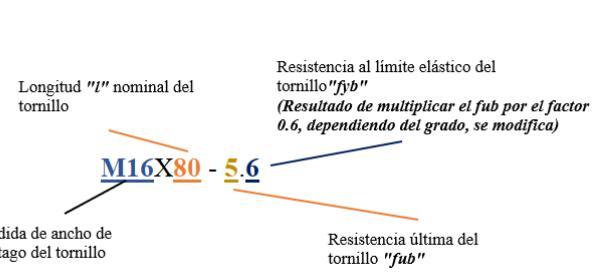


Figura 21. Ejemplo de nomenclatura final para tornillería

1.2.3.4. Transporte de los elementos de acero

Si bien, el transporte ya no forma parte en si de la manufactura de los elementos de acero, juega un papel fundamental en el traslado de estos, varía según la ubicación, en taller o en campo.

- **En taller:** Existe maquinaria adecuada para el traslado dentro del taller, como lo son las grúas viajeras y grúas bandera (Gerdau Corsa., 2020). Si se desea instalar un equipo así en planta, se debe de verificar si no genera afectaciones importantes a la estructura primaria, como estándar de seguridad.
- **En campo:** En la instalación o en el simple cambio de lugar de los elementos siempre resulta necesaria una grúa de carga o grúa titan, ayudando a acelerar los tiempos de duración de la obra o del proyecto. Es común e indispensable en ambos sitios, taller y campo, el uso de elementos de fijación y amarre como eslingas reforzadas, ver figura 22 “Tipos de eslingas”, grilletes, ver figura 23 “Especificaciones en grilletes”, los espesores varían según la carga a desplazar, así como el fabricante, código, entre otros (Eslinges y estrobo, s.f.). El correcto uso y entendimiento de los sistemas de seguridad que tienen los vehículos de carga es de gran importancia para salvaguardar al personal de posibles accidentes y catástrofes que puedan acontecer durante una maniobra, por ello, es una obligación conocer de los mecanismos, así como el lenguaje de señalización operador – armador.

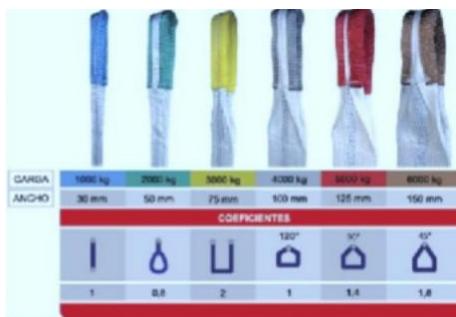


Figura 22. Tipos de eslingas (Human machine, 2024)



Figura 23. Especificaciones en grilletes

Notas importantes: La capacidad máxima de una grúa solo será eficaz mientras la pluma este posicionada en un ángulo de 90 grados, alcanzando su altura máxima, mientras no se respete este parámetro, se debe de estar atento con las alertas emitidas por los sensores de seguridad, ya que, es posible que la grúa se bloquee impidiendo el levantamiento del o de los elementos a desplazar. En ocasiones particulares también es indispensable estudiar y analizar la ruta de desplazamiento de los elementos, por ejemplo, si en algún momento se emplea por seguir un camino con irregularidades, puentes, laderas, entre otros, las grandes magnitudes de peso pueden comprometer al mismo ambiente, es por ello que, si es necesario retirar o modificar mobiliario e infraestructura urbana, este deberá mantener su estado óptimo en todo el procedimiento.

Agradecimientos.

Al Ing. Carlos Rico Grajales, al Ing. Miguel Ángel Vizcarra López, al Ing. Ulises Mauricio Rodríguez Olvera y Lizet Islas Salazar, por su apoyo y ser parte de este proceso.

Referencias.

- Acero Monterrey. (s.f.). *Clasificaciones de los Aceros: Conoce sus numerosos tipos y propiedades*. Obtenido de https://maxacero.mx/blog/clasificaciones-de-los-aceros-tipos-y-propiedades/?utm_source=chatgpt.com
- AISC. (2016). *ESPECIFICACIÓN PARA CONSTRUCCIONES DE ACERO*. Obtenido de https://www.canacero.org.mx/aceroenmexico/descargas/especificacion_para_construcciones_de_acero-aisc_360-16.pdf
- American Welding Society. (12 de Diciembre de 2018). *Posiciones de Soldadura*. Obtenido de https://es.scribd.com/document/395532360/2712741_06-Posiciones-de-Soldadura
- AZUMATA. (28 de Noviembre de 2024). *¿Qué hace un ingeniero de procesos en la industria manufacturera?* Obtenido de https://www.azumata.com/es/blog/process-engineer-work-instructions/?utm_source=chatgpt.com
- CASTILLO RODRIGUEZ, M. (2017). *SOLDADURA Y PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS*. Obtenido de <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-magno-leon/matematicas->

- para-ingenieros/soldadura-y-pruebas-no-destructivas-2017-2/93969952
- DEL CASTILLO RODRIGUEZ, M. (2019). *UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO*. Obtenido de Perfiles Estructurales: https://www.academia.edu/43740053/UNIVERSIDAD_NACIONAL_AUTONOMA_DE_MEXICO_FAULTAD_DE_ESTUDIOS_SUPERIORES_CUAUTITLÁN_DEPARTAMENTO_DE_INGENIERÍA_LABORATORIO_DE_TECNOLOGÍA_DE_MATERIALSLECTURAS_DE_INGENIERÍA_32_PERFILES_ESTRUCTURALES?uc-sb-sw=5466324
- Delta Steel. (20 de Marzo de 2020). *ASTM A992 Structural Steel*. Obtenido de https://www.deltasteel.com/resources/astm-structural-steel-standards/?utm_source=chatgpt.com
- Delta Steel. (25 de Marzo de 2020). *ASTM Standard A36*. Obtenido de https://www.deltasteel.com/resources/astm-structural-steel-standards/?utm_source=chatgpt.com
- Departamento de Ingeniería Metalúrgica. (s.f.). *CAPITULO 26: SOLDADURA*. Obtenido de <https://metalurgia.usach.cl/sites/metalurgia/files/documentos/capitulo26.pdf>
- Dieter, G., & Schmidt, L. (2018). *ENGINEERING DESIGN*. Obtenido de <https://mrce.in/ebooks/Design-Engineering%20Design%206th%20Ed.pdf>
- EIA21 Ingeniería de Soluciones . (s.f.). *Ingeniería Básica*. Obtenido de <https://www.eia21.com/lineas-de-negocio/ingenieria/basica/>
- EL DESARROLLO DE PROYECTOS. (13 de Junio de 2017). *EL DESARROLLO DE PROYECTOS. INTRODUCCION*. Obtenido de https://www.ingenieros.cl/wp-content/uploads/2017/07/EL_DESARROLLO_DE_PROYECTOS_JRV.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Eslinges y estrobos. (s.f.). *Grilletes*. Obtenido de https://www.eslingasyestrobos.com/productos/grilletes/?utm_source=chatgpt.com
- Garofalo, F. (07 de Septiembre de 2023). *Diseño y Detallado de Estructuras de Acero con Planos de Taller*. Obtenido de https://www.inesatech.com/blog/disenoy-detallado-de-estructuras-de-acero-con-planos-de-taller/?utm_source=chatgpt.com
- GERDAU CORSA. (2019). *PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS DE ACERO PARA EL ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD*. Obtenido de https://www.gerdaucorsa.com.mx/sites/mx_gerdau/files/PDF/PROCEDIMIENTO%20DE%20FABRICACIÓN%20DE%20ESTRUCTURAS%20DE%20ACERO%20PARA%20EL%20ASEGURAMIENTO%20DE%20LA%20CALIDAD.pdf
- Gerdau Corsa. (29 de Marzo de 2020). *PROCEDIMIENTO DE MONTAJE DE ESTRUCTURAS DE ACERO*. Obtenido de https://www.gerdaucorsa.com.mx/sites/mx_gerdau/files/PDF/PROCEDIMIENTO%20DE%20MONTAJE%20DE%20ESTRUCTURAS%20DE%20ACERO.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Ghosh, A., & Chatterjee, A. (2008). *IRONMAKING AND STEELMAKING*. Obtenido de THEORY AND PRACTICE: <https://rexresearch1.com/IronSteelManufactureLibrary/IRONMAKINGSTEELMAKINGTHEORYPRACTICEGHOSH..pdf>
- Grado en Ingeniería de Obras Públicas . (s.f.). Estructuras Metálicas.
- GRUPO AZERO. (2013). *MANUAL DE DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN CON ACERO*. Obtenido de https://grupoazero.mx/docs/MANUAL_AHMSA_2013-2.pdf
- Human machine. (10 de Junio de 2024). *Tabla de Carga de Eslingas – Tipos de eslingas y capacidades*. Obtenido de <https://gruasyaparejos.com/aparejos/tabla-de-carga-de-eslingas/>
- ICFES. (2013). *Diseño en ingeniería*. Obtenido de https://www.acofi.edu.co/wp-content/uploads/2014/03/Generalidades_Diseno.pdf?utm_source=chatgpt.com
- IDI Ingeniería. (s.f.). *¿Qué es y cómo realizar una ingeniería de detalle (1ª parte)*? Obtenido de <https://idisl.info/que-es-y-como-realizar-una-ingenieria-de-detalle-1-a-parte/>
- IMCA. Instituto Mexicano de la Construcción en Acero. (2021). *Norma de Certificación para Fabricantes de Estructuras de Acero*. Obtenido de <https://imca.org.mx/norma%20certificacion%20fabricantes.pdf>
- Instituto Politécnico Nacional. (2022). *Tema 3. Ingeniería básica*. Obtenido de <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-politecnico-nacional/ingenieria-electrica-y-electronica/tema-3-ingenieria-basica/42576228>
- Ruiyu Yin. (2018). *Metallurgical Process Engineering*. Obtenido de https://ftp.idu.ac.id/wp-content/uploads/ebook/tdg/TEKNOLOGI%20REKAYASA%20MATERIAL%20PERTAHANAN/epdf.pub_metalurgical-process-engineering.pdf
- Sanchez, Y. (17 de Octubre de 2022). *Posiciones básicas de soldadura*. Obtenido de https://www.crisothwelding.com/post/posiciones-basicas-de-soldadura?utm_source=chatgpt.com
- SMIE. (7 de Julio de 2020). *NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE ACERO CON COMENTARIOS*. Obtenido de https://www.smie.org.mx/uploads/1/2022-11/ntc_acero_2020.pdf
- Tecnología, Arco Sumergido. (12 de Julio de 2021). *Soldadura por Arco Sumergido: Ventajas y Desventajas*. Obtenido de https://www.motofil.com/es/articulo/63/arco-sumergido-ventajas-desventajas/?utm_source=chatgpt.com
- UDC. (s.f.). *TORNILLOS – NOMENCLATURA* . Obtenido de <https://lim.ii.udc.es/docencia/din-sismec/Tornillos.pdf>