

PRESENTACION DEL MANUAL PARA PROCESOS DE SOLDADURA EN ESTRUCTURAS METALICAS DE ACERO A-36 APLICADA A EDIFICIOS

Hernán Sebastián Bueno Carrasco

Carrera de Ingeniería Civil

Escuela Politécnica Del Ejército

RESUMEN

Este manual analizado en este artículo, contiene la información necesaria y suficiente, para todos los profesionales que están comenzando en el campo de la fabricación de estructuras metálicas por primera vez.

En los capítulos del manual se detallan la caracterización del material, la descripción de los procesos constructivos apropiados para la su limpieza, corte, recubrimiento y los métodos de soldadura con los procesos SMAW y GMAW tomando en cuenta la maquinaria y los materiales de aporte correctos; dando además, las recomendaciones necesarias para un seguro desenvolvimiento bajo normas de seguridad y sanidad industrial. También, se describen los defectos que se podrán encontrar en el proceso de soldadura, los métodos de inspección de dichos defectos, para así lograr un correcto control de calidad en la misma. Se explican normas básicas de calificación de procedimientos y certificación de soldadores aplicables en obra así como la normativa vigente de nomenclatura y simbología, para la elaboración y lectura de planos de taller.

Este documento está concebido con el pensamiento de tornarse en un gran apoyo en obra para estudiantes, ingenieros, fiscalizadores, residentes de obra y demás involucrados con la construcción en metal. Al ser un documento con procedimientos claros de cómo ejercer una correcta manufactura de edificaciones en este material, o por lo menos un instrumento donde estas personas puedan guiarse para ejercer trabajos de soldadura de forma simple y fácil durante el proceso de fabricación.

Definitivamente, es motivo de este documento incentivar a los todos los profesionales a desarrollar el diseño, fabricación y uso de estructuras en acero, como un proceso constructivo ágil y eficiente.

ABSTRACT

This manual analyzed in this article, contains the necessary and sufficient information, for all the professionals who are beginning in the metallic structures field for the first time.

In the chapters in the manual it's detailed material aspects like: characterization, constructive and cleaning processes, cutting, coating, SMAW and GMAW welding methods; regarding these methods equipment description and correct contribution materials; giving the necessary recommendations for a project development under safety and occupational health regulations. The welding defects and inspection methods are also describe, so a correct welding quality control can be apply. Basic norms of procedures qualification and certification of applicable work soldering irons are explained as well as the effective norm of nomenclature and symbolism, for the elaboration and reading of shop drawings.

This document is conceived with the thought of becoming a great inside Project support for students, engineers, supervisors, Project residents and others involved with the metal construction. Being a document with clear procedures of how execute a correct manufacture of constructions in this material, or at least being an instrument where these people can guide themselves, simple and easily, to exert works of weld during the manufacture process.

Definitively, it is reason for this document to stimulate all the professionals to develop the design, manufacture and use of steel structures, like an agile and efficient constructive process.

1. INTRODUCCION

Solo la historia podría evaluar las decisiones tomadas por los pueblos frente a lo realizado durante la vida y su desenvolvimiento al pasar de los años. Cada pueblo desarrolla una cultura en base al conjunto de bienes ancestrales que una generación hereda de las anteriores, y de la misma manera la trasmite a las siguientes.

Se considera tradicional a los valores, creencias, costumbres y formas de expresión artística característicos de una comunidad, así como los sistemas constructivos acogidos para dar movimiento a su progreso.

El enfoque conservador de la tradición ve en ella algo que mantener y acatar sin ser juzgado; sin embargo, la vitalidad de una tradición depende de su capacidad para renovarse, cambiando en forma y fondo para seguir siendo útil, y de no ser así, se torna en un obstáculo para el avance y evolución de los pueblos.

Una de estas tradiciones es el hormigón armado, forma un capítulo esencial en la historia de la construcción, siendo el sistema constructivo más utilizado para la fabricación de edificaciones en la era moderna.

Por otro lado, siendo un sistema relativamente moderno, se encuentra las estructuras metálicas, que por medio de soldadura, constituyen un proceso de fabricación con los cuales se puede elaborar estructuras como soluciones habitacionales e industriales. Estas estructuras poseen grandes ventajas en comparación a la construcción tradicional en hormigón armado, tales como tiempos reducidos de ejecución, alta resistencia del acero por unidad de peso, dimensiones menores de los elementos estructurales, soluciones económicas en grandes luces, entre otras.

Es prioritario entender y resaltar la bondad de la estructura metálica, ya que por su homogeneidad de los materiales utilizados, presenta un mejor funcionamiento y respuesta a solicitaciones de carga, en comparación al hormigón armado que es sistema totalmente heterogéneo, al tratarse de una combinación de hierro y agregados pétreos.

En general es posible que, por influencia de la costumbre, sea muy difícil evolucionar y adoptar soluciones que no suelen ser las habituales. En el Ecuador específicamente, se puede observar un desarrollo tardío de la estructura metálica como un proceso constructivo de uso común. Existen construcciones de este tipo pero, es un desarrollo completamente lento en comparación con estructuras realizadas en hormigón armado. Esta gran diferencia se puede atribuir a la falta de conocimiento, experiencia y normas de diseño y construcción.

Según la Federación Ecuatoriana de Industrias del Metal, FEDIMETAL, en el Ecuador se consume 91 kilogramos per cápita a comparación de los 176 kilogramos de acero per cápita que presentó Chile en los últimos años, encontrándonos inclusive por debajo del promedio latinoamericano, el cual es de 126 kg.

Hasta la fecha no existe un código que normalice el proceso de cálculo y diseño de estas construcciones dentro del territorio ecuatoriano peor aún, un reglamento establecido para las personas que las fabrican; y así profesionales y no profesionales del sector de la construcción han seguido fabricando casas y edificios sin un reglamento o procedimiento correcto a seguir.

La falta de experiencia sobre el tema, también hace que los constructores no sepan evaluar temas relacionados con la fabricación, como son:

- Los procesos óptimos de soldadura utilizados en la fabricación.

- La seguridad y sanidad que se debe proporcionar durante la elaboración de las estructuras.
- Los materiales base a utilizar.
- Los materiales de aporte para la producción de las soldaduras.
- Las herramientas y materiales involucrados para la fabricación.
- La utilización de mano de obra calificada.
- La calificación de procesos de soldadura.
- La correcta elaboración de planos y aplicación de normas de dibujo y simbología.

Visto lo antes mencionado, se puede estimar claramente que en nuestro país no se aprecia el verdadero valor que nos ofrece este sistema constructivo, al ser un recurso rápido y económico dentro de la ingeniería civil.

En resumen, se podría decir que para que este sistema constructivo funcione correctamente, deben cumplirse 5 elementos propios de este, que son las 5 “M”: Mano de obra, Materiales, Máquinas, Medio ambiente y Medios escritos (procedimientos), y que en el Ecuador, ninguno de estos es considerado con la seriedad propia del tema.

Concretamente, el manual presentado pretende sugerir una normativa para la fabricación de estructuras metálicas, es decir, un documento que reglamente y sirva de apoyo en obra o en el proceso de fabricación, tomando en cuenta el material, los procesos de soldadura más comunes, la mano de obra, su proceso de fabricación e inspección y sus posibles acabados; para así, poder colaborar a normalizar la construcción de este tipo de edificaciones en el país.

Cabe recalcar, el **MANUAL PARA PROCESOS DE SOLDADURA EN ESTRUCTURAS METÁLICAS DE ACERO A-36 APLICADA A EDIFICIOS**, no es motivo de crítica o desvalorización de la construcción tradicional en hormigón armado y madera, más bien, se trata de fomentar la construcción de edificaciones en metal.

2. DESCRIPCION DEL CONTENIDO DEL MANUAL

El **MANUAL PARA PROCESOS DE SOLDADURA EN ESTRUCTURAS METÁLICAS DE ACERO A-36 APLICADA A EDIFICIOS**, está dividido en dos tomos, los cuales a su vez, están subdivididos en los siguientes capítulos:

TOMO I

- CAPÍTULO I – ANTECEDENTES
- CAPÍTULO II - NORMATIVA GENERAL VIGENTE
- CAPÍTULO III - ACERO A-36
- CAPÍTULO IV - PROCESOS DE SOLDADURA

TOMO II

- CAPÍTULO V - CONTROL DE CALIDAD EN SOLDADURA
- CAPÍTULO VI - CALIFICACION DE PROCEDIMIENTOS Y CERTIFICACION DE SOLDADORES
- CAPÍTULO VII - NORMAS DE DIBUJO Y SIMBOLOGIA PARA PRESENTACION DE PLANOS
- CAPÍTULO VIII - TÉRMINOS Y DEFINICIONES
- CAPÍTULO IX - CONCLUSIONES Y REOMENDACIONES
- Además de los Anexos, apoyo imprescindible para su utilización.

3. MARCO TEORICO

La sustentación del manual, está basada en la investigación de normativa vigente en el país, el conocimiento y estudio de normas y códigos extranjeros para acoplarlas a nuestro medio, y la indagación bibliografía semejante, para finalmente configurar un documento global dirigido a la construcción de edificios en estructura metálica acordes a la realidad de nuestros materiales y mano de obra.

Cabe mencionar que en la totalidad del manual, se respeta y fundamenta su investigación en los tres documentos que regularizan el tema en el país que son: la norma RTE INEN 040:2009 “Soldadura de Estructuras de Acero”, la norma RTE INEN 037:2009 “Diseño, Fabricación y Montaje de Estructuras de Acero”, el “Código Ecuatoriano de la Construcción”, Subcomité de Estructuras de Acero, Edición en revisión. Además se utilizó la normativa vigente de la AWS – American Welding Society, a la cual se refieren todas nuestras normas; y otras normativas nombradas en la bibliografía detallada en las referencias de este documento.

4. ANALISIS DE CONTENIDO

El objetivo general de la investigación realizada en el proyecto de grado, es establecer el **“MANUAL PARA PROCESOS DE SOLDADURA EN ESTRUCTURAS METALICAS DE ACERO A-36 APLICADA A EDIFICIOS”**, esperando que éste sirva como aporte valedero que incentive la generación de un Código Ecuatoriano de la Construcción en Metal o como un documento de apoyo para el proceso de fabricación de las mismas.

El documento en general, propone normas para los procesos de soldadura de las estructuras metálicas según el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 037:2009 referente a DISEÑO, FABRICACIÓN Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS DE ACERO, y el reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 040:2009 referente SOLDADURA DE ESTRUCTURAS DE ACERO que hace referencia a la norma AWS, y la mención de otros tipos de normativa que puedan servir de soporte. Estas normas están presentadas para el proceso general en el **CAPÍTULO II - NORMATIVA GENERAL VIGENTE**, y particularmente para cada proceso en sus capítulos respectivos.

En el **CAPÍTULO III - ACERO A-36**, se presenta información necesaria para el constructor sobre las características del Acero A-36 y las especificaciones de los diferentes perfiles en acero A-36 disponibles en el mercado. Se proponen los procesos adecuados de preparación del acero, como son los procesos de limpieza, corte y recubrimiento del material, recomendando la elección de herramientas correctas para cada uno de estos procesos previos a la elaboración de la estructura y las normas de seguridad y sanidad apropiados para un buen desenvolvimiento de cada uno de estos. Además se nombra las normas INEN que servirían de ayuda para una buena ejecución de fiscalización.

En el **CAPÍTULO IV - PROCESOS DE SOLDADURA**, se habla de las generalidades necesarias sobre los procesos de soldadura. Se exponen más específicamente las posiciones, características, herramientas, maquinarias y sus fundamentos de operación, fuentes de poder, materiales de aporte, los procedimientos de soldadura adecuados de la soldadura por arco para los procesos SMAW (shielded metal arc welding o Soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido) y GMAW (gas metal arc welding o soldadura de arco eléctrico con recubrimiento de gas inerte), tomando en cuenta las normas de seguridad para estos procesos. En este capítulo también se habla de las juntas que se podrán realizar bajo estas causas.

En el **CAPÍTULO V - CONTROL DE CALIDAD EN SOLDADURA**, se detallan los parámetros de medición de calidad de la soldadura y su evaluación por medio de ensayos no destructivos y destructivos. Los defectos que se deben buscar al inspeccionar en juntas y los métodos de detección de estos defectos.

Dentro del **CAPÍTULO VI - CALIFICACION DE PROCEDIMIENTOS Y CERTIFICACION DE SOLDADORES**, se sugieren los procedimientos y normativa de elección, calificación y certificación de la mano de obra necesaria para la fabricación de estructuras de acero.

En el **CAPÍTULO VII - NORMAS DE DIBUJO Y SIMBOLOGIA PARA PRESENTACION DE PLANOS**, se define la normativa de diseño y dibujo de detalles de soldadura que deben utilizarse las representaciones de juntas y la simbología a utilizar en planos de diseño y de taller, basados en el Código de Dibujo Técnico-Mecánico CPE INEN 03 y norma AWS A2.4.

En el **CAPÍTULO VIII**, se presentan **TÉRMINOS Y DEFINICIONES**, que son de gran apoyo para entender a profundidad el ámbito de las estructuras metálicas. Este glosario es de gran apoyo para las personas que se encuentran en obra.

En el **CAPÍTULO IX - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**, se presentan resultados y principales conocimientos que una persona que se desarrolla en el ámbito de las estructuras metálicas debe conocer. Éstas son las mismas presentadas en este documento.

Además el manual presenta una serie de anexos, que son de gran ayuda y apoyo para los ingenieros, en su afán de realizar un buen trabajo de Diseño, Fabricación y Montaje de Estructuras de Acero como son:

- ANEXO A** Catálogo de productos de acero – DIPAC
- ANEXO B** Señalización de seguridad para la soldadura
- ANEXO C** Registro oficial – jueves 2 de abril del 2009 Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios
- ANEXO D** Normas INEN recomendadas para fiscalización
- ANEXO E** Catálogo de electrodos comunes, especiales y gases para corte y soldadura.
- ANEXO F** Hoja de seguridad del producto
- ANEXO G** Hoja de tolerancias para la fabricación de vigas conformadas soldadas – Kubiec
- ANEXO H** Normativa INEN de dibujo sobre soldadura

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El manual se ha desarrollado especialmente para Ing. Civiles que se desarrollan en el ámbito de las estructuras metálicas ya que, si es verdad aprendemos como calcular dichas estructuras, poca es la enseñanza sobre sus procesos constructivos.
- Para efectos de aplicación, este manual debería ser utilizado en las materias como Estructuras No Convencionales, Materiales de Construcción, Tecnología de la Construcción, Estructuras Metálicas o Fiscalización, ya que aquí se explica procesos que no se aprenden en la vida universitaria.
- Es una verdad, que al salir de la Universidad, los próximos profesionales, no tienen la idea sobre la seguridad industrial, por lo que se recomienda incluir materias relacionadas a la seguridad industrial aplicada a la construcción.
- **Sobre los Códigos y reglamentaciones:**
 - Es absolutamente necesaria la publicación urgente del Código Ecuatoriano de la Construcción, que supuestamente considera ya la estructura metálica, el mismo que se encuentra algún tiempo en revisión.
 - Pese a existir la norma vigente, esta no se cumple y es muy común observar la variedad de estructuras con perfiles muy delgados que a las claras demuestran fallas de diseño, al no considerar posiblemente, viento, sismo, granizo o al subestimar las cargas.
- **Sobre la mano de obra:**
 - Es necesario resaltar la importancia de la correcta ejecución de los ensambles o juntas de láminas de acero A – 36, para la fabricación de nudos estructurales en uniones viga-columna; de esto se observa la importancia de la mano de obra calificada.
 - La mano de obra deja mucho que desear, en la actividad de soldadura existe personal no calificado, por ello se debe trabajar con gente capacitada o someterla a prueba de calificación para que demuestren su experiencia.
- **Sobre los procesos de fabricación:**
 - Se recomienda la fijación correcta de la pieza a ser cortada, a su vez el operador trabajará con un ayudante por lo menos.
 - Previa aplicación de pintura, es recomendable limpiar totalmente la pieza, quitar la escoria dejada por el electrodo, sea con cepillo metálico manual o eléctrico; acción que permite por un lado observar si la junta soldada está correcta o proceder a corregirla y por otro, evitar la posible corrosión que se producirá, debajo de la escoria que no se limpió.
 - En proceso SMAW, se recomienda revisar la tabla 4.15, de la página 196, para escoger el diámetro del electrodo de acuerdo al grosor del material a soldar.
 - Es necesario ajustar la velocidad de avance de la soldadura para obtener un ancho de cordón de soldadura (s) igual a 1.5 veces el diámetro de electrodo (E). $S = 1.5 \times E$.
 - Se recuerda que por cada Kilogramo de varilla de electrodo cubierto, proceso SMAW, solamente alrededor del 65% es aprovechado como parte de soldadura, el uso de alambre en el proceso GMAW la eficiencia incrementa entre el 80-90%.

- La principal función del gas es desplazar o evitar que el aire circundante entre en contacto con el metal fundido, ya que la mayoría de metales exhiben una fuerte tendencia a combinarse con el oxígeno, dando como resultado soldaduras deficientes o con defectos.
- Para soldaduras de aceros A-36, se emplean:
 - o Argón (Ar) – Gas inerte
 - o Dióxido de Carbono (CO₂) – Gas Activo
 - o La mezcla de los dos anteriores – Gas Activo
- La mezcla Argón – CO₂ producen un cordón de soldadura más deseable (penetración y tamaño en forma parabólica).
- El agregado de Dióxido de Carbono (CO₂) en pequeñas proporciones al Argón (Ar). Produce un apreciable cambio en las características de la acción de arco y la transferencia del metal. El porcentaje comúnmente oscila entre un 20% a un 30% de CO₂.
- Para nuestro caso acero A-36 en espesores finos (de 3 – 4 mm.) y medios (de 5 - 6 mm.) se recomienda la mezcla Argón/Dióxido de carbono (Ar/CO₂) en un 75/25%, respectivamente.
- Los equipos para soldadura MIG/MAG poseen regulación de velocidad de avance de alambre, de temperatura (ajuste de tensión y corriente) y de fluido de gas protector. Dichas variables deberán ser ensayadas y tomadas en cuenta para realizar el ajuste del equipo, previo el trabajo de soldadura.
- Estos ajustes variarán según el tipo de labor a realizar (material, espesor, aporte, posición etc.).
- El caudal de gas es importante para obtener un buen cordón de soldadura. A modo de regla empírica se puede aplicar:
 - $Q = 10 \times d$ (litros/minuto)
 - Q = caudal de gas
 - d = diámetro del alambre (mm.)
- Al regular el amperaje, se puede como regla empírica aplicar:
 - 1 amperio por cada 0.001" (.0254mm) de espesor de material.
- Para soldar piezas gruesas (+ de 6mm), es necesario crear espacio entre los bordes de las piezas, achaflanando con lima o con amoladora. Realizar varias pasadas hasta llenar completamente el chaflán o bisel.
- Los modos de transferencia se refieren a la forma de depositar las partículas de alambre sobre el material base, en el proceso de soldadura; esta acción está directamente ligada con el tipo de gas protector.
- La transferencia puede ser:
 - Por corto circuito, Globular, De Rociado o Spray

- **Sobre la Herramientas y Maquinaria:**

- La amoladora es una herramienta versátil de gran ayuda en este proceso; sin embargo, es peligrosa por y tanto su operación debe confiarse a personal con experiencia en su utilización.
- La utilización de discos de corte de diámetros mayores a 7" y más aun si son delgados, debe tener borde ensanchado alrededor del orificio, y se recomienda confiar a personal con experiencia.
- No utilizar discos con deformaciones ya que pueden romperse durante el proceso de corte y producir heridas.
- Los electrodos deberán almacenarse en forma adecuada, en su propio embalaje con protección contra humedad o posible deterioro.

- Con presencia de humedad en el ambiente mayor al 20%, los electrodos se deben secar y luego mantener en termos.
- La utilización de cables adecuados es importante para su correcto funcionamiento.
- Se recomienda escoger la máquina adecuada para el trabajo a realizar, según la calificación del proceso de soldadura y amolado, a fin de evitar calentamiento y daño prematuro del equipo. Observar el rendimiento marcado para el efecto.

- **Sobre el Control de calidad**

- El término “Calidad de Soldadura” es una definición que siempre estará ligada al uso final que se le dé. Deben cumplir con los requisitos de aspecto y que cumplan con el uso previsto.
- Al referirse a los materiales, los comerciantes no cumplen con las normas de calidad y el INEN, no cumple con su función de verificación, ya que en muchas oportunidades he observado que no se cumplen con las dimensiones ni con los espesores de las piezas que fabrican. En este tema se debe tener especial cuidado, puesto que los diseños son determinantes y exactos.
- Por otro lado, los comerciantes nos han impuesto la dimensión de 6 metros para los diferentes perfiles, esto es conveniente para ellos ya que mantienen un solo corte; sin embargo para el constructor incrementa el desperdicio. El fabricante debe trabajar con perfiles a medida, para evitar sobrante innecesario.
- Es necesario revisar el material el momento de su entrega ya que un incorrecto almacenamiento, puede producir corrosión especialmente en el interior de tubos estructurales. En forma similar, se recomienda revisar los espesores ya que es muy común el no cumplir con este parámetro por parte de los comerciantes de material metálico.
- Se debe exigir al proveedor del material metálico, el certificado de la procedencia del acero, con el número y fecha de la colada.
- Es necesario poner el material bajo cubierta tan pronto llega, debido a que se invierte mucho tiempo, personal y material para eliminar la corrosión.
- La inspección visual de los cordones de soldadura debe ser continua a fin de garantizar un trabajo adecuado y seguro; es necesario tener en mente las tablas 4.4 (pág. 146), tabla 4.5 (pág. 147), tabla 4.6 (pág. 148), tabla 4.7 (pág. 148) y la tabla 4.8 (pág. 149) de este manual, con el objeto de escoger el electrodo correcto.
- Los responsables del proyecto deben determinar el grado de calidad que se requiere; e inmediatamente se prepara una hoja de procedimientos de aplicación o EPS – Especificación de Procedimientos de Soldadura, (WPS – Welding Procedure Specification).
- A su vez se debe calificar el procedimiento por medio de un RCP – Registro de Calificación de Procedimientos (PQR – Procedure Qualification Record), documento que indica las variables utilizadas y los ensayos mecánicos realizados. Se puede utilizar soldaduras en reproducciones de las juntas en cuestión, usando el mismo tamaño, tipo y forma de la pieza real de trabajo y del material de aporte.
- Los defectos más comunes por la mala práctica del EPS y la utilización de soldadores no calificados, son: porosidad, socavamiento, agrietamiento, inclusiones de escoria, falta de penetración y falta de fusión de los bordes.

- **Seguridad y Salud Ocupacional:**

- La seguridad, bienestar, sanidad y salud de nuestros trabajadores debe ser la primera prioridad.

- Como se puede observar en los diferentes Capítulos, EL REGLAMENTO TECNICO ECUATORIANO INEN 037:2009 y 040:2009, se refieren entre otras cosas, a la seguridad de personas, animales, vegetales, materiales y a medio ambiente en general, sea en etapas de diseño, fabricación y montaje de las estructuras metálicas; es necesario concientizar a todo nivel sobre este tema, debiendo incluirse como un componente adicional del precio unitario para la fabricación y montaje de estructuras metálicas.
- Se insiste en el uso de equipo de protección como, lentes, mascarilla, máscara, vidrios protectores para soldadura, orejeras, mandil o ropa de trabajo adecuada y guantes; fundamentalmente durante el uso de cepillo metálico eléctrico y en el proceso de soldadura en sí.
- Además se debe realizarse estos procesos, lejos de almacenamiento de combustibles y en áreas destinadas para el efecto.
- A más de cumplir con las disposiciones legales vigentes en cuanto a seguridad en el trabajo, prevención de accidentes de los trabajadores y terceros, dispuesto en el Reglamento de Seguridad para la construcción, el constructor debe exagerar en las medidas de seguridad, debiendo en cada momento insistir sobre el tema, a fin de crear consciencia en todos y cada uno de sus colaboradores.
- El chequeo de las instalaciones eléctricas, equipo y herramienta debe ser continuo.
- Se debe insistir en el uso correcto de los elementos de soporte y andamios.
- Es necesario chequeo continuo de las instalaciones, cableado y terminales de las máquinas, a fin de evitar calentamientos, pérdidas de potencia y cortocircuitos.
- Se recomienda realizar la soldadura en áreas ventiladas a fin de proteger a los trabajadores.
- Se recomienda nunca soldar con lentes de contacto.
- Se recomienda revisar que no existan fugas en la conexión del gas.
- Como labores de seguridad, se debe marcar el área de trabajo y separar al menos 10 metros de materiales de fácil combustión, se mantendrá el área seca y no soldar en lugares con piso húmedo.
- Asegurar que exista un extintor en el lugar de trabajo.
- Los operadores deben siempre velar por el resto de compañeros de trabajo.
- La falta de penetración y falta de fusión en los bordes son más difíciles de detectar por ensayos no destructivos, son las que tienen influencia mucho mayor en la eficiencia de una junta, en especial cuando están sometidas a cargas de fatiga.
- Es necesario llevar a la superficie del metal base hasta temperatura de fusión, para obtener continuidad metalúrgica en los metales base y soldadura.
- La rotura por fatiga puede definirse como rotura del material bajo la acción de cargas repetitivas cíclicamente o fluctuantes. La susceptibilidad de una junta a este tipo de cargas depende de la severidad de una entalladura, discontinuidad o cambio en la sección que exista en la unión. De allí la importancia en la eficiencia en la construcción de las juntas.
- Es necesario recalcar en la correcta preparación de la junta, e insistir en la limpieza de las superficies de óxido, pintura, grasa, aceite o humedad; cualquiera de estos agentes pueden producir defectos como porosidad, inclusión de escoria o fisuras en el metal de soldadura o en el metal base.
- Mientras mayor es el cuidado en la preparación de las juntas antes de soldar mejores serán los resultados obtenidos después de la soldadura.
- Para las Pruebas No Destructivas, podemos determinar defectos por medio de los siguientes métodos:
 - Visual
 - Radiográfico
 - Partículas magnéticas

- Líquidos penetrantes
- Ultrasónico

Estas son más fáciles de aplicar en obra.

- La inspección visual antes de comenzar a soldar, se debe revisar el material a soldar para encontrar defectos y especialmente en dimensiones de la placa y bisel. Durante, para verificar el cumplimiento de todos los requerimientos de la hoja de procedimientos. Después, para verificar conformidad con dibujo, aspecto, presencia de cráteres, socavamiento, entre otras. Nos permitirá detectar penetración incompleta en la raíz, socavamiento y fusión incompleta entre otras.
 - La prueba destructiva da una medida absoluta de la resistencia de la muestra probada. La fuerza destructiva en una forma simula las condiciones de servicio de la junta. Lamentablemente estas no pueden ser realizadas en campo, ya que requieren de equipos especiales.
 - Es necesario recordar que si un soldador pasa una cierta prueba, su certificado no le faculta para realizar cualquier tipo de soldadura. Por otro lado, esta certificación tampoco es permanente.
 - Es recomendable antes de tomar una prueba, seleccionar los detalles apropiados para el tipo de acero, espesor, junta y posición de soldadura. Una prueba vertical (hacia arriba) y una sobre cabeza, pueden calificar a un soldador de procedimiento manual y con electrodo; para soldadura con arco metálico y gas, la soldadura vertical será hacia arriba y hacia abajo.
- **Sobre las normativas de Dibujo:**
 - Para los detalles de dibujo de soldadura deben utilizarse las representaciones del Código de Dibujo Técnico-Mecánico CPE INEN 03. En caso de que la información que se encuentra en dicho Código sea insuficiente, se tomará la información de la norma AWS A2.4.
 - Los planos entre otras cosas deben dibujarse a una escala suficientemente grande para demostrar en forma adecuada la información. Deben contener todos los datos requeridos para la preparación adecuada de los planos de taller. La información debe incluir localización, tamaño y tipo de unión; para el caso de uniones soldadas se debe especificar además, el tipo de junta, tipo de penetración y resistencia del electrodo.
 - Los planos de taller y montaje a más de los detalles pertinentes, debe tener la normativa aplicable a seguir y la inspección no destructiva. La información de la secuencia de las conexiones soldadas y técnica de aplicación de la soldadura es importante para minimizar las deformaciones y distorsiones. Estos planos deben realizarse antes de iniciar la fabricación y montaje de la estructura.
 - Los planos estructurales no deben ser considerados como planos de taller o de montaje.
 - Durante el proceso de montaje y soldadura, se debe actualizar constantemente los planos de taller y de detalle de juntas. Todo cambio en la aplicación de los planos, debe ser aprobado por el ingeniero de diseño y calculista de juntas estructurales.
 - Es necesario recordar que el trabajo de soldadura es una actividad de campo, por lo tanto, es necesario que el diseñador transmita exactamente la información acerca de la clase de soldadura a utilizar en cada caso y la forma en que debe aplicarse.
 - En general, se puede decir que ninguno de los procesos descritos en este manual, se cumple al 100%, en el ámbito laboral Ecuatoriano, por lo que se debería fortalecer los Códigos y Normativas, ya que la aplicación de éstos procesos se conjugan en la seguridad ocupacional de las estructuras fabricadas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Escuela Politécnica del Ejército ESPE y a cada uno de sus docentes que colaboraron con el desarrollo de la investigación, y especialmente a los señores ingenieros Mario Arias y Marcelo Guerra, que sin su guía, este documento no podría haber sido realizado.

REFERENCIAS

BIBLIOGRAFÍA

1. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (2009), RTE INEN 040:2009. *“Soldadura de Estructuras de Acero”*. Primera Edición. Quito - Ecuador. INEN.
2. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (2009), RTE INEN 037:2009. *“Diseño, Fabricación y Montaje de estructuras de Acero”*. Primera Edición. Quito - Ecuador. INEN.
3. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (2001), CPE INEN 5:2001. *“Código Ecuatoriano de la Construcción. Requisitos Generales de Diseño”*. Primera Edición. Quito - Ecuador. INEN.
4. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (2010), Edición en Revisión. *“Código Ecuatoriano de la Construcción. Subcomité de Estructuras de Acero”*. Edición en revisión. Quito - Ecuador. INEN.
5. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (2009), NTE INEN 1623:2009. *“Aceros. Perfiles estructurales conformados en frío. Requisitos e inspección”*. Segunda revisión. Quito - Ecuador. INEN.
6. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (1989), CPE INEN 03. *“Código De Dibujo Técnico Mecánico”*. Primera edición. Quito - Ecuador. INEN.
7. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (2008), ASTM A36/A36M. *“Especificación Normalizada para Acero al Carbono Estructural”*. Primera Edición desde la última revisión Mayo 2008. West Conshohocken, Pennsylvania - USA. ASTM.
8. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (2001), ASTM A6/A6M. *“Especificación estándar para requisitos generales de barras de acero estructurales, placas, perfiles y tablestacados”*. Primera Edición. West Conshohocken, Pennsylvania - USA. ASTM.
9. STEEL STRUCTURAS PAITING COUNCIL (2009), SSPC-SP1. *“Limpieza con solventes”*. Primera edición. Pittsburgh, Pennsylvania - USA. SSPC.
10. STEEL STRUCTURAS PAITING COUNCIL (2009), SSPC-SP2. *“Limpieza con Herramientas de mano”*. Primera edición. Pittsburgh, Pennsylvania - USA. SSPC.
11. STEEL STRUCTURAS PAITING COUNCIL (2009), SSPC-SP3. *“Limpieza con Herramientas eléctricas o neumáticas”*. Primera edición. Pittsburgh, Pennsylvania - USA. SSPC.
12. AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (2005) ANSI Z49.1. *“Seguridad en Soldadura, corte y procesos relacionados”*. Primera edición. Miami, Florida - USA. ANSI.
13. MINISTERIO DE TRABAJO Y EMPLEO (2000). *“Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Ambiente de Trabajo”*. Decreto Ejecutivo 2393. Segunda edición. Quito - Ecuador. MRL.
14. MINISTERIO DE TRABAJO Y EMPLEO (2008). *“Reglamento de Seguridad para la Construcción y Obras Públicas”*. Suplemento del Registro Oficial 249 del 10 de Enero del 2008. Segunda edición. Quito - Ecuador. MRL.
15. COMUNIDAD ANDINA (2005). *“Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo”*. Primera Edición. Lima - Perú. Gaceta Oficial del Acuerdo de Cartagena.
16. CISPROQUIM (2005). *“MSDS (Material Safety Data Sheet) Gasolina automotor”*. Revisión del 2005.
17. PROLAB - TECHNOLUB (2004). *“MSDS (Material Safety Data Sheet) Grasa lubricante”*. Quebec - Canadá.

- 18.DIPAC (2010). “*Catálogo de Productos de Acero*”. Quito – Ecuador. Autorización de DIPAC - Quito para el uso de sus fotos y datos.
- 19.IPAC (2010). “*Catálogo de Productos de Acero*”. Quito – Ecuador. Autorización de IPAC - Guayaquil para el uso de sus fotos y datos.
- 20.KUBIEC (2006). “*Tolerancias y Parámetros de fabricación*”. Guayaquil – Ecuador.
- 21.INSTITUTO ARGENTINO DE SIDERURGIA. Material de Lectura de la Unidad “*Higiene y Seguridad Industrial*”. Buenos Aires – Argentina. IAS.
- 22.INSTITUTO ARGENTINO DE SIDERURGIA. Material de Lectura de la Unidad “*Procesos de Soldadura – Soldadura con Arco Eléctrico Revestido*”. Buenos Aires – Argentina. IAS.
- 23.INSTITUTO ARGENTINO DE SIDERURGIA. Material de Lectura de la Unidad “*Proceso Semiautomático de Soldadura con Protección Gaseosa*”. Buenos Aires – Argentina. IAS.
- 24.INSTITUTO ARGENTINO DE SIDERURGIA. Material de Lectura de la Unidad “*Diseño de Juntas-AWS D1.1*”. Buenos Aires – Argentina. IAS.
- 25.AMERICAN WELDING SOCIETY (AWS) - AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI), AWS D1.1 (2008). “*Structural Welding Code – Steel*”. Vigésimoprimera Edición. Miami, Florida – USA. AWS D1.1.
- 26.AMERICAN WELDING SOCIETY (AWS) - AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI), AWS A2.4 (1993). “*Símbolos Normalizados para Soldeo, Soldeo Fuerte y Examen no destructivo*”. Primera Edición. Miami, Florida – USA. AWS A2.4.
- 27.AMERICAN WELDING SOCIETY (AWS) - AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI), AWS A5.1. “*Clasificación Electrodo Recubierto, Proceso SMAW*”. Miami, Florida – USA. AWS A5.1.
- 28.AMERICAN WELDING SOCIETY (AWS) - AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI), AWS A5.18. “*Clasificación Alambre, Proceso GMAW*”. Miami, Florida – USA. AWS A5.18.
- 29.BIBLIOTECA ELECTRÓNICA ALSINA. (2001) “*Manual de Soldadura Eléctrica, MIG y TIG*”. Pedro Claudio Rodríguez. Buenos Aires – Argentina. Editorial Alsina.
- 30.TAMARA ORTIZ MÉNDEZ, RAFAEL QUINTANA PUCHOL, CENTRO DE INVESTIGACIONES DE SOLDADURA (CIS). “*El humo de soldadura y sus efectos sobre la salud y seguridad de los soldadores*”. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. La Habana – Cuba.
- 31.MINISTERIO DE INCLUSION ECONOMICA Y SOCIAL. GOBIERNO DEL ECUADOR. “*Reglamento de Prevención, Mitigación y Protección Contra Incendios*”. Registro oficial Ecuatoriano 114, del 2 de abril del 2009. Primera edición. Quito - Ecuador. MIES.
- 32.Dr. Aldo Humberto Romero Castro - Ing. Sinhue López Moreno. CINVESTAV-UNIDAD QUERETARO. Dra. Ana Lacasta - Dra. Laia Haurie. UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUÑA. “*Protección pasiva contra incendios: morteros proyectados y productos intumescentes*”. Querétaro – México. Cataluña – España. Correspondencia: aromero@qro.cinvestav.mx
- 33.AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (2005). ASCE 7. “*Código de Diseño ASCE 7*”. Primera edición. Reston, Virginia - USA. ASCE.
- 34.ESCUELA DE BOMBEROS Y PROTECCION CIVIL. (2006). “*Manual de corte, soldadura y perforación*.” Primera Edición. Madrid – España. ESCUELA DE BOMBEROS Y PROTECCION CIVIL.
- 35.LINDE GAS – AGA (2000). “*Catálogo de electrodos Comunes, Especiales y Gases para Corte & Soldadura*”. Quito – Ecuador.
- 36.LINDE GAS – AGA (2003). “*Hojas de Seguridad de Material – Electrodo Recubierto para soldadura por arco, Gas Argón, Dióxido de Carbono, AGAMIX 1x, AGAMIX 2x*”. Quito – Ecuador.
- 37.SERVICIO DE PREVENCIÓN Y SALUD LABORAL C/ SERRAN. “*Recomendaciones de normas de seguridad en soldadura*”. 113 posterior, 28006. Madrid – España.
- 38.NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. NFPA. “*Norma NFPA 51B*”. USA. NPFA.
- 39.LINCOLN ELECTRIC. “*Medidas de seguridad para soldadura por arco*”. USA. LINCOLN ELECTRIC

40. HENRY HORWITS (1997), *“Soldadura – Aplicaciones y Práctica”*. Primera Edición. México DF - México. Editorial Alfaomega.

INTERNET

1. www.wikipedia.org
2. www.leroymerlin.es
3. www.ipac-acero.com
4. www.dipacmanta.com
5. www.kubiec.com
6. www.drweld.com
7. www.metalactual.com
8. www.aga.com.ec
9. <http://www.aws.org>
10. www.eac2009.com.co/files/PREPARACION%20DE%20SUPERFICIES%20METALICAS,%20Jose%20Ignacio%20Huertas.pdf
11. www.uji.es/bin/serveis/prev/docum/notas/radials.pdf
12. www.sprl.upv.es/IOP_PM_43.htm
13. profex.educarex.es/profex/Ficheros/RiesgosLaborales/FORMACION/Carpeta_5/AMOLDADORA.PDF
14. www.statefundca.com/safety/safetymeeting/SafetyMeetingArticle.aspx?ArticleID=269
15. www.elcosh.org/es/document/37/d000025/advertencia-de-peligro-%2597-plomo-en-la-construcci%253F.html
16. www.estrucplan.com.ar/producciones/entrega.asp?identrega=1203
17. www.jmcpri.net/ntps/@datos/ntp_495.htm
18. <http://sleekfreak.ath.cx:81/3wdev/CONMATES/SK01MS09.HTM>
19. www.mailxmail.com/curso-soldadura-arco-manual-electrico-fundamentos/posiciones-soldadura
20. www.serchtemuco.cl/soldaduras/Proceso%20MIG.pdf
21. <http://200.23.183.52/TIGMIG/ArTIGMIG.html>
22. http://publishing.yudu.com/Library/Ar47e/discontinuidadesdeso/resources/index.htm?referrerUrl=http%3A%2F%2Fwww.google.com%2Furl%3Fsa%3Dt%26source%3Dweb%26cd%3D1%26ved%3D0CBUQFjAA%26url%3Dhttp%253A%252F%252Fpublishing.yudu.com%252FLibrary%252FAr47e%252Fdiscontinuidadesdeso%252F%26rct%3Dj%26q%3Ddiscontinuidad%2520en%2520soldadura%26ei%3DEaeYTcWJK8G4tweYqbSEDA%26usq%3DAFQjCNEr0_FGqor6LLWNCMnOS3gSW5PNQw