

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**REVISIÓN DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS PARA LA
PREPARACIÓN Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS DE
ACERO DE EDIFICIOS CON VIGAS Y COLUMNAS DE
ALMA LLENA**

PRESENTADO POR:

JOSÉ EFRAÍN CÓRDOVA ROJAS

JOSÉ OSMÍN MENJÍVAR ORELLANA

LUIS EDGARDO MONTANO ESPINOZA

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO 2020

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

:

MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO

:

Ph.D. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA

SECRETARIO

:

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR

:

ING. ANÍBAL RODOLFO ORTIZ

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO CIVIL

Título :

**REVISIÓN DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS PARA LA
PREPARACIÓN Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS DE
ACERO DE EDIFICIOS CON VIGAS Y COLUMNAS DE
ALMA LLENA**

Presentado por :

JOSÉ EFRAÍN CÓRDOVA ROJAS

JOSÉ OSMÍN MENJÍVAR ORELLANA

LUIS EDGARDO MONTANO ESPINOZA

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Asesores :

ING. JOSÉ RANULFO CÁRCAMO Y CÁRCAMO

ING. ROBERTO OTONIEL BERGANZA ESTRADA

SAN SALVADOR, FEBRERO 2020

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Asesores :

ING. JOSÉ RANULFO CÁRCAMO Y CÁRCAMO

ING. ROBERTO OTONIEL BERGANZA ESTRADA

DEDICATORIA

A Dios por todo lo que me ha brindado a lo largo de toda mi carrera y mi vida, sin su ayuda nada de esto habría sido posible.

A mi familia principalmente a mis padres y mis hermanas, por todo el apoyo y amor que me han dado a lo largo de todos estos años, sin su apoyo habría sido muy difícil recorrer este camino.

JOSÉ EFRAÍN CÓRDOVA ROJAS

DEDICATORIA

A mis padres quienes siempre me apoyaron y me motivaron durante todo este proceso de aprendizaje, siendo el cimiento que me mantuvo constante y perseverante en todo momento y que me animó a lograr este paso más en mi vida el cual comparto con ellos.

JOSÉ OSMÍN MENJÍVAR ORELLANA

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso: Por haberme permitido alcanzar mi meta, guiándome en el proceso y dándome fortaleza en todo momento, por nunca abandonarme.

A mis padres por el esfuerzo y apoyo incondicional que me brindaron para estudiar y superarme. Gracias por su apoyo y sus oraciones, los amo.

LUIS EDGARDO MONTANO ESPINOZA

AGRADECIMIENTOS

A DIOS TODOPODEROSO, por permitirme culminar mi carrera y poder iniciar una nueva etapa en mi vida como ingeniero civil.

A MI FAMILIA, por todo el apoyo incondicional que me han dado, mi madre Santos Cecilia Rojas, mi padre José Efraín Córdova, mis hermanas Marta Cecilia Córdova Rojas, Diana Carolina Córdova Rojas, Abigail Elizabeth Córdova Rojas, mi abuela María Marta Cerón, mi abuelo que en paz descansa Vicente Córdova Alfaro y todos los demás integrantes de mi familia.

A LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, Por darme la oportunidad de formarme como profesional en la mejor universidad de nuestro país.

A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO DE GRADUACIÓN, Luis Edgardo Montano Espinoza y José Osmín Menjívar Orellana por su amistad y ayuda a lo largo de este trabajo de graduación.

A DOCENTES ASESORES, Ing. José Ranulfo Cárcamo y Cárcamo e Ing. Roberto Otoniel Berganza Estrada por guiarnos en todas las etapas del trabajo de graduación.

A MIS PROFESORES DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, Por compartirme su conocimiento y sabiduría.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS, por toda su amistad y apoyo brindado: Gustavo Andrade, Alcides Leiva, Sergio Rivas, Erika Gutiérrez Miguel Rivas,

Marcelo Martínez, Gabriela Rivas, Marianna Rivas, Dennys Orellana, Mauricio Granados, Alejandro Granados, Kevin Pérez, Álex Rivas, Arquímedes Majano, Kevin Amaya, Noé López, Edgardo Gutiérrez, Cristian Ramos, Gabriela Peñate, Gloria González, Irvin Pacas, Andrés Martínez, Michelle Ulloa, Yennifer Gómez, Lidia Aguilar, Virginia Zaldaña, Georgina Aparicio, Mónica Olivar, Luis Montano, Osmín Menjívar, Roxana López, Denis Rivera, Adonay Pérez, Héctor Sánchez, Ricardo Rivera, Camila Castaneda, Gabriela Aguirre, May Rodríguez, Atilio Rivas, Alejandro Hernández, Edgardo Zamora, Ángel Flores, Miguel Anzora, Reinaldo Villatoro, Gladis Vásquez, Henry Alvarado, Isaac Rivera, Gerson Flores, Julio Samayoa, Julio Morán, Luis Figueroa, Alberto Guardado, Luis Segovia, Kevin Zaldaña, Énver Montes, Fabiola Landaverde, Laura Cuellar, Jhosse Rodríguez, Kevin Henríquez, Mayensi Melgar, Tatiana Segovia, Andrés Landaverde, Gerardo Quintanilla, Javier Cruz, Manuel Martínez y a todos mis demás compañeros.

JOSÉ EFRAÍN CÓRDOVA ROJAS

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES, Froilán Menjívar y María Celina Orellana, quienes siempre estuvieron apoyándome y brindándome su apoyo incondicional en cada momento.

A MIS HERMANOS, Nicolás Menjívar, Elva Menjívar, Ismael Menjívar, René Menjívar, Armando Menjívar mi sobrina Kenia Menjívar, fueron importantes para nunca perder de vista mi objetivo y mantenerme siempre enfocado en lograr este propósito.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS, todas las personas que siempre estuvieron conmigo de una u otra forma animando, orientando y apoyando, deseando buenos deseos para poder conseguir este objetivo, compañeros de la universidad y amigos en general.

A LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR Y SUS DOCENTES, a los docentes asesores: Ing. Ranulfo Cárcamo e Ing. Roberto Berganza por su apoyo y correcta enseñanza, a los demás docentes en general que durante mi carrera compartieron parte de su aprendizaje.

A MIS COMPAÑEROS DE TESIS, Efraín Córdova y Luis Montano, formamos un buen equipo de trabajo.

JOSÉ OSMÍN MENJÍVAR ORELLANA

AGRADECIMIENTOS

AGRADEZCO A DIOS por darme sabiduría, perseverancia y disciplina, para lograr una de las metas propuestas en mi vida; ante los obstáculos, me llenó de fe y determinación para poder realizar mi carrera.

A MIS PADRES: Luis Alfredo Montano Flores y Marta Alicia Espinoza de Montano, por brindarme educación de calidad, gracias infinitas por el esfuerzo, dedicación, apoyo y amor incondicional.

A MIS HERMANAS por darme fuerzas en los momentos difíciles, por creer en mí siempre y ser una persona incondicional en mi vida, por su afecto, amor y protección.

A MI NOVIA JEIMY ESCOBAR: Por brindarme su apoyo incondicional y estímulos a alcanzar la meta.

A MIS COMPAÑEROS DE TESIS, José Osmín Menjívar Orellana, José Efraín Córdova rojas

A MIS ASESORES: Ing. José Ranulfo Cárcamo y Cárcamo e Ing. Roberto Otoniel Berganza, Por habernos guiado de la mejor manera y por brindar su tiempo, conocimientos y recursos para llevar a cabo el presente Trabajo de Graduación. Gracias.

LUIS EDGARDO MONTANO ESPINOZA

ÍNDICE

ÍNDICE.....	XII
ÍNDICE FIGURAS.....	XXII
ÍNDICE DE TABLAS	XXX
INTRODUCCIÓN.....	XXXI
CAPÍTULO 1.....	1
1.0 GENERALIDADES	2
1.1 ANTECEDENTES.....	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.3 OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS	5
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	6
1.4.1 ALCANCES:	6
1.4.2 LIMITACIONES	7
1.5 JUSTIFICACIONES.....	8
CAPÍTULO 2.....	9
2.0 PERFILES ESTRUCTURALES Y SUJETADORES.....	10
2.1 PERFILES I (IPS)	10
2.1.1 CARACTERÍSTICAS DE PERFILES I.....	10

2.1.2 VENTAJAS DE PERFILES I.....	10
2.2 PERFILES IB.....	11
2.2.1 CARACTERÍSTICAS DE PERFILES IB	11
2.2.2 VENTAJAS DE PERFILES IB	11
2.3 PERFILES H (IPR)	12
2.3.1 CARACTERÍSTICAS DE PERFILES H	12
2.3.2 VENTAJAS DE PERFILES H	12
2.4 PERFILES C (CE)	13
2.4.1 CARACTERÍSTICAS DE PERFILES C	13
2.4.2 VENTAJAS DE PERFILES C	13
2.5 PERFILES LI	14
2.5.1 CARACTERÍSTICAS DE PERFILES LI.....	14
2.5.2 VENTAJAS PERFILES LI.....	14
2.6 PERFILES LD.....	15
2.6.1 CARACTERÍSTICAS DE PERFILES LD	15
2.6.2 VENTAJAS DE PERFILES LD	15
2.7 PERFILES T	16
2.7.1 CARACTERÍSTICAS DE PERFILES T	16
2.7.2 VENTAJAS DE PERFILES T.....	16
2.8 PERFILES TR.....	17
2.8.1 CARACTERÍSTICAS DE PERFILES TR.....	17
2.8.2 VENTAJAS DE PERFILES TR.....	17

2.9 TUBOS ESTRUCTURALES RECTANGULARES, CUADRADOS Y REDONDOS.....	18
2.9.1 VENTAJAS DE TUBOS ESTRUCTURALES.....	18
2.10 BARRAS Y PLACAS	19
2.10.1 VENTAJAS DE PLACAS Y BARRAS.....	19
2.11 SUMINISTRO DE MATERIALES.....	20
2.12 TUERCAS Y ARANDELAS.....	21
2.12.1 TUERCAS	21
2.12.2 ARANDELAS.....	22
2.13 PERNOS ORDINARIOS.....	23
2.14 PERNOS DE ALTA RESISTENCIA.....	24
2.14.1 TIPO DE JUNTAS EMPERNADAS	27
2.14.1.1 PERNOS APRETADOS SIN HOLGURAS	27
2.14.1.2 JUNTAS PRETENSIONADAS	28
2.14.1.3 JUNTAS DE FRICCIÓN	29
2.14.2 FALLAS EN JUNTAS EMPERNADAS	29
2.14.2.1 FALLA POR CORTANTE	29
2.14.2.2 FALLA POR TENSIÓN.....	30
2.14.2.3 FALLA POR APLASTAMIENTO.....	30
2.14.2.4 FALLA POR DESGARRAMIENTO.....	30
2.14.2.5 FALLA POR CORTANTE DOBLE	30
2.15 SOLDADURA	31

2.15.1 TÉRMINOS DE SOLDADURA:	31
2.15.2 SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO.....	33
2.15.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL ARCO ELÉCTRICO.....	34
2.15.2.2 FACTORES QUE INFLUYEN EL ARCO ELÉCTRICO	36
2.15.3 SOLDADURA STICK (SMAW)	37
2.15.3.1 VARIABLES PRINCIPALES DEL PROCESO.....	38
2.15.3.2 VENTAJAS DE SOLDADURA SMAW	40
2.15.3.3 DESVENTAJAS DE SOLDADURA SMAW	40
2.15.3.4 POSICIONES DE LA SOLDADURA:	40
2.15.3.5 JUNTAS DE SOLDADURA	43
2.15.3.6 DEFECTOS Y CAUSAS DE SOLDADURA SMAW	52
2.15.3.7 CLASIFICACIÓN DE ELECTRODOS RECUBIERTOS SEGÚN LA AMERICAN WELDING SOCIETY (AWS)	63
2.15.3.8 CLASIFICACIÓN ELECTRODOS DE ACEROS DULCES.....	63
2.15.3.9 GUÍA PARA INTERPRETAR LA NUMERACIÓN DE LOS ELECTRODOS SEGÚN LA CLASIFICACIÓN AWS.....	66
CAPÍTULO 3.....	69
3.0 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA PREPARACIÓN MONTAJE	70
3.1 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA CORTE Y PERFORACIÓN.....	70
3.1.1 EQUIPOS DE CORTE.....	70
3.1.1.1 EQUIPOS MANUALES	70

3.1.1.1.1	ANTORCHA A GAS	70
3.1.1.1.2	CORTE POR PLASMA (ARCO ELÉCTRICO)	75
3.1.2	EQUIPOS DE PERFORACIÓN	78
3.1.2.1	EQUIPOS MANUALES	78
3.1.2.1.1	TALADRO CONVENCIONAL.....	78
3.1.2.2	EQUIPOS SEMIAUTOMÁTICOS	80
3.1.2.2.1	TALADRO MAGNÉTICO.....	80
3.1.2.3	EQUIPOS AUTOMÁTICOS.....	82
3.1.2.3.1	PANTÓGRAFO A PLASMA O A GAS	82
3.2	EQUIPOS DE SOLDADURA	86
3.2.1	PROCESO DE SOLDADURA STICK O SMAW	86
3.2.1.1	EQUIPO DE SOLDADURA SMAW	88
3.2.1.2	APLICACIONES Y UTILIDADES DE LA SOLDADURA SMAW	90
3.2.1.3	EQUIPOS INVERSORES	92
3.2.1.4	EQUIPOS RECTIFICADORES	94
3.2.1.5	EQUIPOS GENERADORES	95
3.3	EQUIPOS PARA MONTAJE DE ESTRUCTURA METÁLICA	96
3.3.1	GRÚAS TORRE	96
3.3.1.1	GRÚAS AUTO MONTANTE.....	96
3.3.1.2	GRÚAS TORRE MONTAJE ORDINARIO.....	100
3.3.2	GRÚAS CAMIÓN	106

3.3.2.1 CARACTERÍSTICAS CAMIÓN GRÚA PLUMA.....	108
3.3.2.2 CAMIÓN GRÚA PLUMA: USOS MÁS COMUNES	109
3.3.3 GRÚAS TODOTERRENO.....	110
3.3.4 OTROS (TECLES, CABLES, ESLINGAS, ETC)	111
3.3.4.1 TIPOS DE TECLES MÁS USADOS:.....	113
3.3.4.2 TECLES MANUALES DE CADENA.....	114
3.3.4.3 TECLES MANUALES DE CABLE	115
3.3.4.4 ANDAMIOS	115
3.3.4.5 PLATAFORMAS ELEVADORES	116
3.3.4.5.1 PARTES DE UNA PLATAFORMA ELEVADORA.	117
CAPÍTULO 4.....	119
4.0 MONTAJE DE ESTRUCTURA METÁLICA.....	120
4.1 TRANSPORTE	120
4.2 ALMACENAMIENTO	122
4.3 PLANOS DE TALLER.....	123
4.4 CORTES.....	125
4.5 LIMPIEZA Y CEPILLADO	127
4.6 APLICACIÓN DE PINTURA	128
4.7 ANCLAJE.....	129
4.8 CONEXIONES PROVISIONALES.....	130
4.9 SECUENCIA EN EL MONTAJE	131

4.10 TOLERANCIAS PARA EL ALINEADO Y NIVELADO.....	132
4.10.1 ALINEAMIENTOS VERTICALES O PLOMOS	133
4.10.2 ALINEAMIENTOS HORIZONTALES.....	135
4.10.3 TOLERANCIAS DIMENSIONALES.....	135
4.11 ARMADO DE ESTRUCTURAS SOLDADAS.....	137
4.12 ARMADO DE ESTRUCTURAS EMPERNADAS	140
CAPÍTULO 5.....	148
5.0 CONTROL DE CALIDAD.....	149
5.1 CONTROL DE CALIDAD DE SOLDADURA.....	149
5.1.1 INSPECCIÓN VISUAL	149
5.1.1.1 INSPECCIÓN ANTES DE LA SOLDADURA.....	149
5.1.1.2 INSPECCIÓN DURANTE LA SOLDADURA	152
5.1.1.3 INSPECCIÓN DESPUÉS DE LA SOLDADURA	153
5.1.2 RADIOGRAFÍAS	155
5.1.2.1 FUNDAMENTOS DE LAS RADIOGRAFÍAS.....	157
5.1.2.2 DEFECTOS DETECTABLES POR MEDIO DE RADIOGRAFÍAS	159
5.1.3 LÍQUIDOS PENETRANTES.....	163
5.1.3.1 REQUISITOS DE LA INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES.....	164
5.1.3.2 SECUENCIA DE LA INSPECCIÓN.....	165

5.1.4 ULTRASONIDO.....	170
5.1.4.1 GENERACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ULTRASONIDO	171
5.1.4.2 ACOPLANTE.....	172
5.1.4.3 INSPECCIONES POR MEDIO DE ULTRASONIDO	173
5.2 CONTROL DE CALIDAD DE JUNTAS EMPERNADAS	175
5.2.1 TORQUÍMETRO.....	175
5.2.2 COMO UTILIZAR UN TORQUÍMETRO.....	177
5.2.3 TIPOS DE TORQUÍMETROS.....	177
5.3 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	180
5.3.1 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN SOLDADURA.....	180
5.3.2 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DE JUNTAS EMPERNADAS	182
CAPÍTULO 6.....	183
6.0 SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL	184
6.1 TRABAJOS EN ALTURA.....	184
6.1.1 ESCALERAS DE MANO	186
6.1.1.1 CONSIDERACIONES PREVIAS:.....	187
6.1.1.2 COLOCACIÓN:	188
6.1.1.3 UTILIZACIÓN:.....	193
6.1.2 ANDAMIOS	195
6.1.2.1 MEDIDAS PREVENTIVAS	196

6.1.2.2 ANDAMIOS CON RUEDAS	201
6.1.2.3 RIESGOS.....	203
6.1.2.4 MEDIDAS PREVENTIVAS.....	203
6.1.3 SISTEMA ANTICAÍDAS	206
6.1.3.1 DISPOSITIVO DE ANCLAJE	207
6.1.3.2 ARNÉS ANTICAÍDA.....	209
6.1.3.2.1 SISTEMA DE CONEXIÓN	211
6.1.3.3 LÍNEA DE VIDA.....	219
6.2 SEGURIDAD ELÉCTRICA	225
6.2.1 RIESGOS ELÉCTRICOS	225
6.2.1.1 TIPOS DE CONTACTO ELÉCTRICOS.....	225
6.2.2 MEDIDAS PREVENTIVAS	227
6.2.2.1 MEDIDAS PREVENTIVAS PARA SOLDADURA.....	229
6.2.2.1.1 MEDIDAS PREVENTIVAS PARA SOLDADURA AUTÓGENA Y CORTE CON ACETILENO.....	230
6.3 GUARDAS Y PROTECCIONES DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS ...	232
6.3.1 RIESGOS MECÁNICOS	232
6.3.2 GUARDAS DE PROTECCIÓN.....	235
6.3.2.1 GUARDAS FIJAS.....	235
6.3.2.2 GUARDAS MÓVILES.....	235
6.3.2.3 GUARDAS AJUSTABLES.....	236
6.3.2.4 GUARDAS CON DISPOSITIVO DE PARO.....	237

6.3.2.5 GUARDAS AUTOAJUSTABLES.....	237
6.3.2.6 GUARDAS A DISTANCIA.....	238
CAPÍTULO 7.....	239
7.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	240
7.1 CONCLUSIONES.....	240
7.2 RECOMENDACIONES.....	243
BIBLIOGRAFÍA.....	245

ÍNDICE FIGURAS

Figura 2.1: Perfil I.....	10
Figura 2.2: Perfil IB.	11
Figura 2.3: Perfil H.	12
Figura 2.4: Perfil C.	13
Figura 2.5: Perfil LI.....	14
Figura 2.6: Perfil LD.	15
Figura 2.7: Perfil T.	16
Figura 2.8: Perfil TR.....	17
Figura 2.9: Tubos estructurales.	18
Figura 2.10: Barras y placas.	19
Figura 2.11: Tuerca.....	21
Figura 2.12: Arandelas.....	22
Figura 2.13: Arandela de presión.....	23
Figura 2.14: Perno ordinario.	23
Figura 2.15: Perno de alta resistencia.	24
Figura 2.16: Marcas en pernos de alta resistencia.	25
Figura 2.17: Esquema de dimensiones de pernos de alta resistencia.	27
Figura 2.18: Tipo de fallas en junta empernada.....	30
Figura 2.19: Soldadura por arco eléctrico.	34
Figura 2.20: Polaridad directa.	35
Figura 2.21: Polaridad inversa.	36

Figura 2.22: Posición plana de soldadura.....	41
Figura 2.23: Posición vertical de soldadura.	41
Figura 2.24: Posición horizontal de soldadura.	42
Figura 2.25: Posición sobre cabeza de soldadura.	42
Figura 2.26: Tipo de juntas.	43
Figura 2.27: Junta a tope.	44
Figura 2.28: Junta en V.....	45
Figura 2.29: Junta en doble V o X.....	46
Figura 2.30: Junta a tope en U simple.	47
Figura 2.31: Junta a tope en doble U.....	47
Figura 2.32: Otros tipos de juntas a tope.	48
Figura 2.33: Junta en T con borde plano.	49
Figura 2.34: Junta en T con borde en V.....	49
Figura 2.35: Junta en T con borde en doble V.....	50
Figura 2.36: Junta en T con borde en J.	51
Figura 2.37: Junta de traslape de rincón simple.	51
Figura 2.38: Junta de traslape de rincón doble.....	52
Figura 2.39: Mal aspecto en soldadura.....	52
Figura 2.40: Penetración excesiva en soldadura.	53
Figura 2.41: Salpicadura excesiva en soldadura.	54
Figura 2.42: Arco desviado en soldadura.	54
Figura 2.43: Soldadura porosa.....	55

Figura 2.44: Soldadura agrietada.....	56
Figura 2.45: Combadura en soldadura.	57
Figura 2.46: Soldadura quebradiza.....	58
Figura 2.47: Penetración incompleta en soldadura.....	59
Figura 2.48: Fusión deficiente en soldadura.	60
Figura 2.49: Distorsión en soldadura.	61
Figura 2.50: Socavado en soldadura.	62
Figura 3.1: Tanque de gas y oxígeno.	71
Figura 3.2: Manómetro.....	72
Figura 3.3: Antorcha.	72
Figura 3.4: Boquilla.....	73
Figura 3.5: Mangueras.....	73
Figura 3.6: Esquema de conjunto.	74
Figura 3.7 : Corte por plasma.	75
Figura 3.8: Taladro usado para hacer agujeros.....	78
Figura 3.9 : Taladro Magnético.	80
Figura 3.10: Partes de un taladro.....	81
Figura 3.11: Pantógrafo.	83
Figura 3.12: Partes de un pantógrafo.	85
Figura 3.13: Soldadura Stick.....	87
Figura 3.14: Componentes soldadura SMAW.....	89
Figura 3.15: Soldadora tecnología SMAW.....	91

Figura 3.16: Equipo inversor.	92
Figura 3.17: Rectificador.	94
Figura 3.18: Generador.	95
Figura 3.19: Grúa automontante.	97
Figura 3.20: Partes de una torre automontante.	99
Figura 3.21: Grúa torre.	103
Figura 3.22: Pluma torre grúa.	105
Figura 3.23: Grúa camión.	106
Figura 3.24: Partes camión grúa.	108
Figura 3.25: Grúa todoterreno.	110
Figura 3.26 : Eslingas.	112
Figura 3.27: Tecele de cadena.	114
Figura 3.28: Tecele de cable.	115
Figura 3.29: Andamios.	116
Figura 3.30: Plataforma elevadora.	118
Figura 4.1: Maniobras de transporte de Estructuras Metálicas.	120
Figura 4.2: Símbolos para soldadura de taller y de campo.	124
Figura 4.3: Símbolos para soldadura de taller y de campo.	125
Figura 4.4: Realización de corte con soplete.	126
Figura 4.5: Limpieza y cepillado de Estructuras Metálicas.	127
Figura 4.6: Aplicación de pintura en Estructuras Metálicas.	129
Figura 4.7: Anclaje de Estructuras Metálicas.	130

Figura 4.8: Secuencia de montaje.	131
Figura 4.9: Ubicación de puntos de trabajo en la base de columnas.....	133
Figura 4.10: Tipos de soldaduras.....	139
Figura 4.11: Agujero estándar (STD).....	142
Figura 4.12: Agujero sobredimensionado (OVS).	142
Figura 4.13: Agujero alargado corto (SSL).	143
Figura 4.14: Agujero alargado corto (LSL).....	143
Figura 5.1: Esquema rayos X.....	157
Figura 5.2: Variación de radiación en película radiográfica según espesor. ...	158
Figura 5.3: Variación de radiación en película radiográfica según densidad. .	159
Figura 5.4: Radiografía soldadura con porosidad.	159
Figura 5.5: Radiografía soldadura con inclusiones sólidas de escorias.....	160
Figura 5.6: Radiografía soldadura con fisuras.	161
Figura 5.7: Radiografía soldadura con falta de penetración.	161
Figura 5.8: Radiografía soldadura con falta de fusión.....	162
Figura 5.9: Radiografía soldadura con mordeduras.....	162
Figura 5.10: Radiografía soldadura con exceso de penetración.....	163
Figura 5.11: Secado de la pieza.	166
Figura 5.12: Aplicación de penetrante.	166
Figura 5.13: Remoción de penetrante sobrante.....	168
Figura 5.14: Aplicación de líquido revelador.	168
Figura 5.15: Esquema líquido penetrante absorbido por revelador.	169

Figura 5.16: Imperfecciones detectadas por líquidos penetrantes.....	169
Figura 5.17: Palpador.	171
Figura 5.18: Registro de ondas de ultrasonido.	174
Figura 5.19: Comparación de material homogéneo con uno no homogéneo.	175
Figura 5.20: Torquímetro.	175
Figura 5.21: Partes de un torquímetro.	176
Figura 5.22: Escalas de torquímetro.	177
Figura 5.23: Torquímetro tipo aguja.....	178
Figura 5.24: Torquímetro tipo trueno.	178
Figura 5.25: Torquímetro tipo carátula.....	179
Figura 5.26: Torquímetro electrónico.....	179
Figura 5.27.....	180
Figura 5.28: Juntas empernadas.	182
Figura 6.1: Revisiones escaleras.....	187
Figura 6.2 : Apoyos de escaleras.....	188
Figura 6.3: Ángulo de inclinación de escaleras.....	189
Figura 6.4: Escaleras tipo tijera.....	190
Figura 6.5: Formas de inmovilización de escaleras.	190
Figura 6.6: Longitud de escaleras.....	191
Figura 6.7: Fijación de escaleras.	191
Figura 6.8: Fijación de escaleras.	192
Figura 6.9: Delimitación área.	192

Figura 6.10: Uso escaleras.	193
Figura 6.11: Puntos de fijación.....	193
Figura 6.12: Uso escaleras.	194
Figura 6.13: Uso de escaleras.	194
Figura 6.14: Andamios con ruedas.	203
Figura 6.15: Dispositivos de anclaje tipo A1.	207
Figura 6.16: Dispositivos de anclaje tipo A2.	207
Figura 6.17: Dispositivos de anclaje tipo B.	208
Figura 6.18: Dispositivos de anclaje tipo C.	208
Figura 6.19: Dispositivos de anclaje tipo D.	208
Figura 6.20: Dispositivos de anclaje tipo E.	209
Figura 6.21: Arnés.	211
Figura 6.22: Dispositivo anticaída.	213
Figura 6.23: Dispositivo anticaída retráctil.	214
Figura 6.24: Conectores.	215
Figura 6.25: Elementos del sistema anticaídas.....	217
Figura 6.26: Diagrama de sistema anticaídas.....	218
Figura 6.27: Lesiones frecuentes por electricidad.....	227
Figura 6.28: Riesgos por elementos móviles.	233
Figura 6.29: Riego de atrapamiento.....	233
Figura 6.30: Riegos por chipas o partes lanzadas al aire.	234
Figura 6.31: Guardas fijas.....	235

Figura 6.32: Guardas móviles.....	236
Figura 6.33: Guardas ajustables.....	236
Figura 6.34: Guardas con dispositivo de paro.	237
Figura 6.35: Guardas autoajustables.....	238
Figura 6.36: Guardas a distancia.....	238

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Dimensiones estandar de pernos y tuercas.	26
Tabla 2.2: Numeración de electrodos revestidos.....	67
Tabla 2.3: Numeración de electrodos revestidos (continuación).....	68
Tabla 4.1: Tolerancias dimensionales.....	137
Tabla 4.2: Tamaños máximos de agujeros para remaches.	144
Tabla 4.3: Tamaños máximos de agujeros para pernos.	145
Tabla 5.1: Tiempos de penetración recomendados.	167

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se desarrolla una revisión de procesos constructivos para la preparación y montaje de estructuras de acero de edificios con vigas y columnas de alma llena, en la cual se expone la preparación y montaje de los componentes de una estructura de acero para un edificio, como son los perfiles que conforman vigas y columnas, las placas de cortante y momento, así también los pernos, tuercas y arandelas que son necesarios en las uniones de vigas y columnas y en la base de la columna denominada pedestal.

Primero se hace una descripción de los perfiles más utilizados en la construcción de edificios, así como los diferentes elementos para las conexiones de las vigas y columnas como lo son placas, tuercas, arandelas, pernos, y soldadura. Así también como se presentan los diferentes equipos que se utilizan en los procesos constructivos de edificios de acero, éstos incluyen los equipos de corte y perforación, los equipos de soldadura y los equipos para el montaje de la estructura. Se continúa con las etapas previas y durante el montaje como el transporte, el almacenamiento, los planos de taller, cortes, limpieza, cepillado, la aplicación de pintura, anclajes, conexiones provisionales y la secuencia del montaje.

Posteriormente se aborda el control de calidad de juntas soldadas y empernadas, así como sus criterios de aceptación. Por último, se trata el tema de seguridad en trabajos en altura y soldadura, así como en el uso de equipos y herramientas.

CAPÍTULO

1

1.0 GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

El campo de aplicación de las estructuras metálicas es: naves industriales, puentes (de ferrocarril, de grandes luces – mixtos – y para pasarelas peatonales), mástiles y antenas de comunicaciones, cubiertas, depósitos, silos, compuertas de presas, postes de conducción de energía eléctrica y muchos otros.

Entre las construcciones a base de estructura de acero que se pueden mencionar en El Salvador están las siguientes:

- Biblioteca Nacional 1964
- Nave Industrial para mantenimiento de botes de la fuerza naval en La Unión 2014
- Centro De Distribución Hilosa 2014
- Nave industrial en zona franca internacional 2014
- Planta de Producción y Edificio de Oficinas OPP Film 2015
- Edificio de parqueo de Hotel Intercontinental 2017
- Edificio de parqueos campus I Universidad Dr. José Matías Delgado 2017
- Edificio principal de la Autoridad de Aviación Civil 2018
- Planta de producción Laboratorios López 2018
- 4to edificio de Sykes 2018

En nuestro país siempre han predominado los edificios a base de marcos de concreto reforzado y es a partir de 1986 cuando ocurrió el terremoto que evidenció fallos y deficiencias en los procesos constructivos realizados en los edificios de la época ya que se dieron fallas estructurales considerables y en los peores de los casos colapso de los mismos (todo esto principalmente en edificios de concreto reforzado). Debido a esta situación se empieza a buscar un sistema estructural con una respuesta más eficiente ante el efecto de los sismos, y es a partir de este punto que se da un mayor interés al que se tenía anteriormente por las estructuras de acero para ser usadas en edificaciones.

El acero es más fácil de revisar, de reforzar y de corregir. Véase, como ejemplo de impecables estructuras de acero, el edificio de Sertracen o el estacionamiento de EL DIARIO DE HOY.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En nuestro país no se cuenta con una normativa que de pautas para llevar a cabo el proceso constructivo de edificaciones a base de estructuras de acero, por lo cuál pueden surgir ciertos conflictos al momento de la ejecución y la supervisión de proyectos construidos con este tipo de sistema, observándose diferencias en los criterios, trabajos que pueden presentar una cantidad considerable de deficiencias, inseguridad en la toma de decisiones, etc. Esta situación debería de mejorarse ya que cada día son más comunes este tipo de obras en nuestro país.

En la actualidad existen muchos tipos de procesos constructivos utilizados en el país relacionados a las estructuras metálicas en edificaciones los cuáles muchas veces pueden ser llevados a cabo con equipos, métodos y personal, que no sean los adecuados o que sean antieconómicos y éstos pueden alterar la calidad o la seguridad de la obra, un hecho agravante de esta situación es que no se cuenta con un ente o normativa que guíe a los supervisores, contratistas, obreros y contratantes acerca de cómo garantizar un proceso que respalde la seguridad y calidad de las obras a ejecutar.

Otra situación adversa es que en los programas académicos de ingeniería civil de las universidades dan mayor énfasis a las edificaciones de concreto dejando en segundo plano a las de acero que son bastante utilizadas en nuestro país por tener un tiempo de construcción más corto y mejor respuesta ante sismos.

En vista de lo que se ha planteado se establece la necesidad de elaborar un documento actualizado que sirva de guía para poder realizar de forma económica, segura, con calidad y con criterios lógicos el proceso constructivo para los proyectos de ingeniería civil que serán construidos a base de marcos de acero estructural.

1.3 OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Elaborar un manual de procesos constructivos para la preparación y montaje de estructuras de acero de edificios con vigas y columnas de alma llena.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Detallar los distintos equipos que se usan comúnmente en nuestro país para el corte y montaje de estructuras de acero y las bondades que presentan unos frente a otros.
- Presentar diferentes alternativas o formas de realizar un montaje de estructuras para edificios de hasta 3 niveles.
- Describir los procesos más adecuados a realizar en estructuras de acero para facilitar el corte e instalación de éstas dependiendo del tamaño de estructuras.
- Generar a los contratistas del corte y montaje de estructuras de acero y a cualquier interesado en esta materia, opciones apegadas a normas que rigen estos procesos como la AISC.
- Proporcionar una serie de alternativas que nos brinden mayor seguridad y economía a la hora de realizar procesos de este tipo, generando así mejores ambientes de trabajo y mayores réditos para los contratistas.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1 ALCANCES:

La presente investigación abarcará la creación de un manual o guía para la preparación y montaje de estructuras de acero con vigas y columnas de alma llena, abordando diferentes alternativas a estudiar y presentar sobre los procesos constructivos que pueden desarrollarse y las ventajas o cualidades que presentan unos sobre otros, dando así libertad a los contratistas o personas interesadas en esta área a elegir el sistema de montaje que mejor les convenga de acuerdo a sus posibilidades y conveniencia.

Se estudiará desde la óptica del aspecto económico, la importancia que éste tiene en los proyectos para una mayor satisfacción a la hora de decantarse por utilizar un sistema de montaje sobre otro de diferente proceso.

Otro aspecto importante, que también incluirá esta investigación, es la parte de la seguridad industrial durante el proceso de la preparación de los elementos de acero como también durante el montaje y los puntos más críticos durante el proceso constructivo que requieran mayor cuidado y observación de parte del encargado del proceso, para evitar accidentes o posibles inconvenientes de este tipo durante la realización de estos trabajos

Los procesos constructivos presentados en ese manual tendrán como objetivo cumplir con estándares de calidad recomendados en las normas que rigen los parámetros a cumplir a la hora de construir con estructuras de acero, de esta

forma nos aseguramos de presentar propuestas que nos generen obras de calidad resultando con ello en mayor satisfacción para los clientes. En esta investigación no se abordarán los temas de diseño de estructuras o elementos de acero, se estudiará meramente los procesos constructivos más adecuados a utilizar dependiendo el tamaño de la obra, enfocándose específicamente en edificios de 2 a 3 niveles, dado que son los que más se realizan en nuestro país.

1.4.2 LIMITACIONES

- El tiempo de investigación es de nueve meses, el cual no es suficiente para investigar diferentes sistemas estructurales, es por esto que la investigación es realizada sobre edificios con sistema estructural de marcos a momentos y marcos arriostrados, no se toman en cuenta los sistemas duales de marcos y paredes de cortante ni sistemas de columnas mixtas.
- La falta de acceso a todos los documentos de un proyecto referido al tema, ya que las empresas y propietarios que ejecutan dichos proyectos niegan proporcionar planos, especificaciones técnicas, especificaciones contractuales, presupuestos, etc.
- La experiencia sobre el tema es relativamente baja, ya que el proceso constructivo de estructuras de acero es un conocimiento amplio, por lo cual no se pueden cubrir todos los detalles en la investigación, sino lo más importante y esencial.

1.5 JUSTIFICACIONES

La utilización de estructuras de acero en la construcción de edificaciones y otros tipos de obras de ingeniería como naves industriales, ha contado con una aceptación más que favorable en las últimas décadas debido a sus ventajas con respecto a otros sistemas estructurales, como por ejemplo un comportamiento mecánico significativamente mejor tanto en compresión como en tensión, por otro lado se obtienen menores tiempos en los procesos constructivos ya que no se necesita alcanzar una resistencia máxima como en el caso del concreto reforzado. Por estos motivos es necesario conocer y estudiar este tipo de sistema estructural el cual presenta grandes beneficios en la construcción.

En nuestro país son cada día más comunes las construcciones con acero y es necesario que estas se realicen de la mejor forma posible para que se garantice la calidad de la obra por ende es importante tener documentación adecuada de los procesos constructivos y de los equipos a utilizar para preparar y montar la estructura de una edificación, para ello se ha pensado realizar una investigación que dé como resultado un documento que recopile y exponga toda esta información, y que éste pueda servir como un texto de apoyo para profesionales con experiencia en el tema, así también como a nuevos profesionales que deseen iniciarse en el mismo, ya que éste sería de gran ayuda debido a que no se cuenta con una normativa propia del país que guíe a los constructores.

CAPÍTULO

2

2.0 PERFILES ESTRUCTURALES Y SUJETADORES

2.1 PERFILES I (IPS)

2.1.1 CARACTERÍSTICAS DE PERFILES I

La sección transversal de este tipo de perfil tiene forma de I y su altura es mayor que la anchura del patín. Las caras interiores del patín forman una pendiente del 14% respecto a la perpendicular del alma. Las uniones de ambos patines con el alma son redondeadas. Asimismo, el patín superior e inferior tiene el borde con arista exterior y redondeado interior.

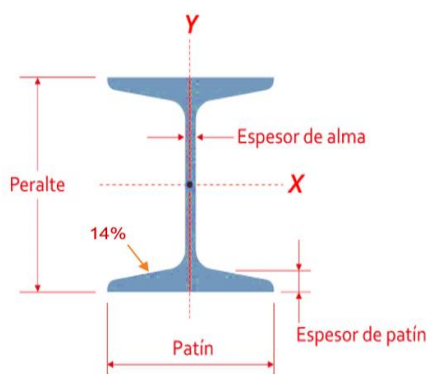


Figura 2.1: Perfil I.

Fuente: Catálogo productos MIPSA.

2.1.2 VENTAJAS DE PERFILES I

- Los perfiles I (IPS) son más ligeros que los H (IPR) por lo cual se utilizan en claros más largos como vigas.
- Presentan valores de límite elásticos comprendidos entre 2,530 kg/cm² y 4,691 kg/cm² a tensión.

- Las excelentes propiedades mecánicas pueden llegar a reducir el peso de la construcción en un 25% al 50% dependiendo de la configuración estructural, así como ofrecer una alta resistencia y una duración excepcional.

2.2 PERFILES IB

2.2.1 CARACTERÍSTICAS DE PERFILES IB

Estos perfiles difieren del tipo I en que su sección posee una altura igual a la anchura de los patines.

Las uniones entre las caras del alma y las caras interiores de los patines, están inclinadas el 9% respecto a la normal del alma, son también redondeadas. Los patines tienen los bordes con arista exterior y redondeo interior.

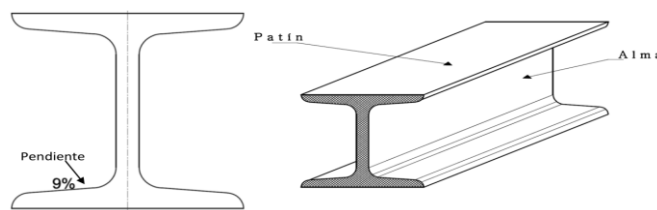


Figura 2.2: Perfil IB.

Fuente: Procedimiento constructivo con estructuras metálicas, UNAM. 2014.

2.2.2 VENTAJAS DE PERFILES IB

- Presenta valores de limite elásticos comprendidos entre 2,530 kg/cm² y 4,691 kg/cm² a tensión.
- Las excelentes propiedades mecánicas pueden llegar a reducir el peso de la construcción en un 20% al 40% dependiendo de la configuración

estructural, así como ofrecer una alta resistencia, una duración excepcional y una gran gama de espesores.

- Por su forma y características mecánicas, es usado tanto para columnas como para vigas por sus dimensiones que son iguales en altura y anchura.

2.3 PERFILES H (IPR)

2.3.1 CARACTERÍSTICAS DE PERFILES H

Este tipo de perfil es el más utilizado en El Salvador ya que se encuentra presente en una gran cantidad de construcciones. La sección de este perfil tiene una forma de H. Las uniones entre las caras del alma, son redondeadas y los patines tienen los bordes con arista exterior y redondeado interior.

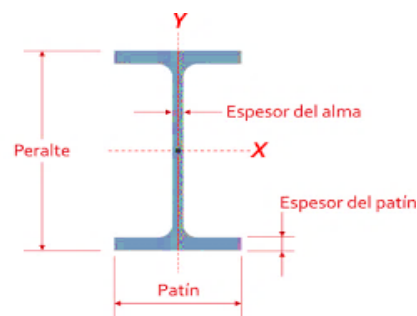


Figura 2.3: Perfil H.

Fuente: Catálogo productos MIPSA.

2.3.2 VENTAJAS DE PERFILES H

- El alto límite elástico y la excelente soldabilidad del perfil hace de él una elección económica para el diseño de edificios de muchas plantas y vigas con grandes claros.

- Las excelentes propiedades mecánicas pueden llegar a reducir el peso de la construcción en un rango del 25% al 50% dependiendo de la configuración estructural, así como ofrecer una alta resistencia, una duración excepcional y una gran gama de espesores.
- Por su forma y características mecánicas, es usado tanto para columnas como para vigas por sus dimensiones que son iguales en altura y anchura.

2.4 PERFILES C (CE)

2.4.1 CARACTERÍSTICAS DE PERFILES C

La sección de estos perfiles tiene forma de C. Las uniones entre la cara interior del alma y las caras interiores de las alas, que están inclinadas un 8% respecto a la normal del alma, son redondeadas. Los patines tienen el borde con arista exterior y redondeo interior.

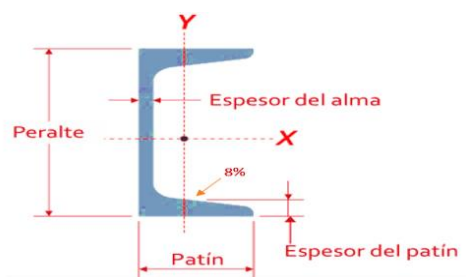


Figura 2.4: Perfil C.

Fuente: Catálogo productos MIPSA.

2.4.2 VENTAJAS DE PERFILES C

- Los perfiles C son ligeros por su geometría por lo cual se utilizan en claros más largos como vigas.

- La excelente soldabilidad del perfil hace de él una estructura modificable creando perfiles I o secciones tubulares.
- Es usado para la colocación de escalones de escaleras, como viga en grandes claros y como sección tubular cuando se modifica la sección.

2.5 PERFILES LI

2.5.1 CARACTERÍSTICAS DE PERFILES LI

La sección de este perfil tiene forma de ángulo recto, con alas de igual dimensión. Las caras de las alas son paralelas, y la unión entre sus caras interiores es redondeada. Las alas tienen el borde con arista exterior y redondeo interior.

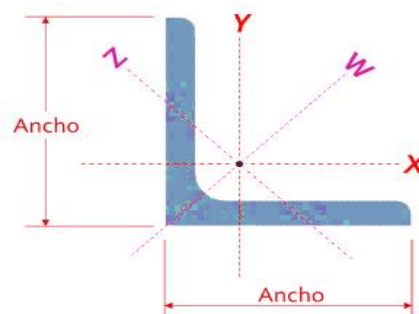


Figura 2.5: Perfil LI.

Fuente: Catálogo productos MIPSA.

2.5.2 VENTAJAS PERFILES LI

- Debido a su geometría estos perfiles son ligeros.
- La excelente soldabilidad del perfil hace de él una estructura modificable creando perfiles T o tubo estructural.
- Es usado para realizar uniones con otros perfiles o para calzar.

- Como perfil modificable, es usado como viga T en grandes claros y como columna cuando se crea una sección tubular.
- La longitud mínima de fabricación es de doce metros.

2.6 PERFILES LD

2.6.1 CARACTERÍSTICAS DE PERFILES LD

Tiene forma de ángulo recto, con alas de distinta dimensión. Las caras de las alas son paralelas y la unión entre sus caras interiores es redondeada. Las alas tienen el borde con arista exterior y redondeado interior.

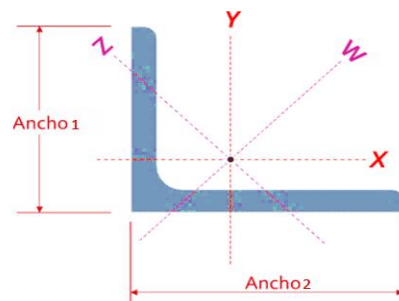


Figura 2.6: Perfil LD.

Fuente: Catálogo productos MIPSA.

2.6.2 VENTAJAS DE PERFILES LD

- Son ligeros por su geometría.
- La excelente soldabilidad del perfil hace de él una estructura modificable pudiéndose crear perfiles T o tubo estructural.
- Es usado para realizar uniones con otros perfiles o para calzar.
- Como perfil modificable, es usado como viga T en grandes claros y como columna cuando se crea una sección tubular.

2.7 PERFILES T

2.7.1 CARACTERÍSTICAS DE PERFILES T

Su sección tiene forma T, con altura igual a la anchura del patín. Las caras interiores del patín tienen una pendiente del 2% respecto de las exteriores y las del alma una pendiente del 4% respecto a su eje. La unión entre las caras interiores del patín y el alma son redondeadas. El patín tiene el borde con arista exterior y redondeo interior y el alma con borde redondeado.

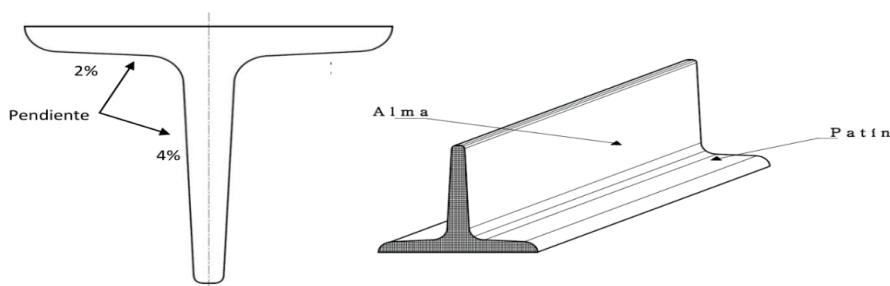


Figura 2.7: Perfil T.

Fuente: Procedimiento constructivo con estructuras metálicas, UNAM. 2014.

2.7.2 VENTAJAS DE PERFILES T

- El alto límite elástico y la excelente soldabilidad del perfil hace de él una elección económica para el diseño de edificios de varias plantas y vigas con grandes claros.
- Las excelentes propiedades mecánicas pueden llegar a reducir el peso de la construcción en un rango del 25% al 50% dependiendo de la configuración estructural, así como ofrecer una alta resistencia, una duración excepcional y una gran gama de espesores.

2.8 PERFILES TR

2.8.1 CARACTERÍSTICAS DE PERFILES TR

Su sección tiene forma de T, con altura menor que la anchura del patín. Al igual que el perfil T, las caras interiores del patín tienen una pendiente del 2% respecto de las exteriores, y las del alma una pendiente del 4% respecto a su eje. La unión entre el patín y el alma es redondeada, y el patín tiene el borde con arista exterior y redondeo interior y el alma con borde redondeado.

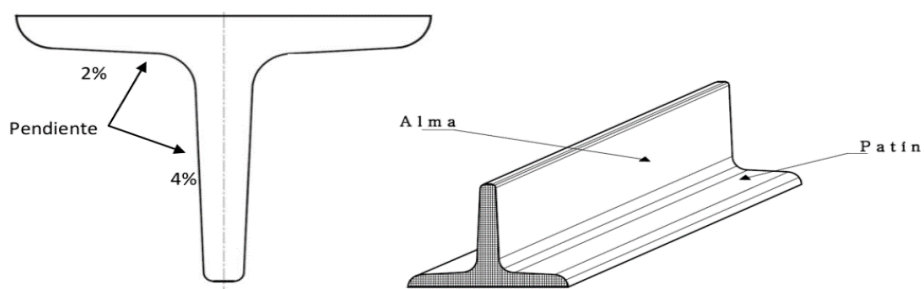


Figura 2.8: Perfil TR.

Fuente: Procedimiento constructivo con estructuras metálicas, UNAM. 2014.

2.8.2 VENTAJAS DE PERFILES TR

- El perfil TR es ligero por su geometría.
- El alto límite elástico y la excelente soldabilidad del perfil hace de él una elección económica para el diseño de edificios de varias plantas y vigas con grandes claros.
- Las excelentes propiedades mecánicas pueden llegar a reducir el peso de la construcción en un rango del 25% al 50% dependiendo de la

configuración estructural, así como ofrecer una alta resistencia, una duración excepcional y una gran gama de espesores.

2.9 TUBOS ESTRUCTURALES RECTANGULARES, CUADRADOS Y REDONDOS

Se utilizan en todo tipo de elementos estructurales como columnas, vigas y contraventeo, en general como en cualquier otra aplicación en la que sea necesaria la resistencia y fiabilidad que ofrecen las secciones tubulares.

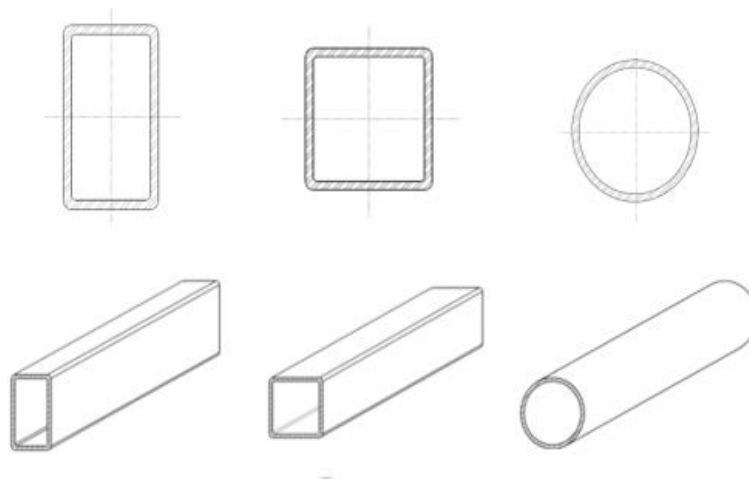


Figura 2.9: Tubos estructurales.

Fuente: Procedimiento constructivo con estructuras metálicas, UNAM. 2014.

2.9.1 VENTAJAS DE TUBOS ESTRUCTURALES

Los tubos estructurales soldados ofrecen grandes ventajas sobre los clásicos perfiles estructurales:

- Por su forma cerrada y bajo peso presentan un mejor comportamiento a esfuerzos de torsión y resistencia al pandeo.

- Facilidad de montaje, permitiendo la realización de uniones simples por soldadura.
- Superficies exteriores reducidas, sin ángulos vivos ni rebabas, permitiendo un fácil mantenimiento y protección contra corrosión.
- Posibilidad de configuraciones de gran belleza.

2.10 BARRAS Y PLACAS

Sus características mecánicas y composición química dependen de la calidad del acero. Al igual que los perfiles, las barras y placas también son fabricados bajo la laminación en caliente.

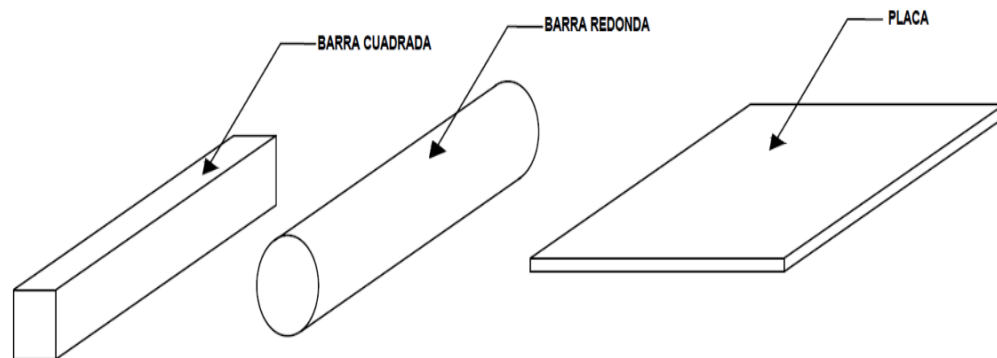


Figura 2.10: Barras y placas.

Fuente: Procedimiento constructivo con estructuras metálicas, UNAM. 2014.

2.10.1 VENTAJAS DE PLACAS Y BARRAS

- Existe una gran gama de espesores.
- Se utilizan principalmente para realizar uniones con otros perfiles en calzas y contraventeos.

- El alto límite elástico y la excelente soldabilidad hace de ellas una elección económica para realizar uniones.
- Para realizar cuantificaciones y posteriormente pedidos se recomienda indicar el grado del acero, la nomenclatura del perfil, la longitud del alma y patín y el peso total cuantificado por perfil, en este orden.

2.11 SUMINISTRO DE MATERIALES

Empresas:

- **GRUPO MULTIACEROS S.A. de C.V.**

Es una empresa dedicada a la importación y distribución directa de materiales estructurales para construcción, suministrando productos a empresas constructoras y demás que se dediquen a la edificación con productos de primera calidad, bajo los más altos estándares de normas Internacionales existentes: ASTM A500 Grado B, para tuberías rectangulares y cuadradas en todas sus dimensiones, ASTM A-53 Grado B, para tuberías redondas en todos sus diámetros, ASTM A992/572 Grado 50, para perfiles WF, Vigas I, Vigas C, ASTM A36 para láminas de hierro, también disponible en grado 50, angulares entre otros, ofreciéndole así seguridad en sus proyectos.

Esta empresa importa al mes una cantidad de 400 toneladas de los materiales que distribuye en nuestro país.

2.12 TUERCAS Y ARANDELAS

2.12.1 TUERCAS

Son elemento roscado internamente que se utilizan para unir piezas con agujeros pasantes mediante el uso de otros elementos roscados externamente.



Figura 2.11: Tuerca.

Fuente: Procedimiento constructivo con estructuras metálicas, UNAM. 2014.

Las tuercas que se utilizan conjuntamente con los pernos de alta resistencia están especificadas bajo la norma ASTM A563. La tuerca A563 grado C es usada para los pernos A325, mientras que la tuerca A563 grado DH es la recomendada a usarse con los pernos A490.

Existen dispositivos de seguridad para pernos, en lugar de tuercas convencionales se suministran pernos con una rosca patentada que quede asegurada por si sola. Los métodos de obra que generalmente se usan incluyen el deformado o distorsión de las roscas o asegurando las tuercas con clavetes de soldadura.

2.12.2 ARANDELAS

Las arandelas son elementos circulares casi planos perforados en el centro fabricados con acero estructural, su función es la de aportar una superficie endurecida no abrasiva bajo la cabeza del perno o la tuerca. Están especificadas según la norma ASTM F436. Las arandelas tienen la finalidad de proteger la superficie exterior de material juntado a fin de evitar las consecuencias del desgaste de este material por el giro de la tuerca en la instalación con el perno, evitar la oxidación del perfil estructural y ayuda a optimizar la fuerza de sujeción en la instalación del perno ya que aumenta el área de contacto.



Figura 2.12: Arandelas.

Fuente: Procedimiento constructivo con estructuras metálicas, UNAM. 2014.

También existen arandelas de presión que se diferencian porque están partidas y son de acero pavonado (color oscuro), estando un lado más elevado. Este tipo de arandela ejerce una presión extra entre ambas superficies, permitiendo una unión más firme y evitando con mayor seguridad que se afloje las uniones.



Figura 2.13: Arandela de presión.

Fuente: Procedimiento constructivo con estructuras metálicas, UNAM. 2014.

2.13 PERNOS ORDINARIOS

En construcción se les conoce de diferente manera: ordinarios, comunes de máquina o burdos. Se caracterizan principalmente por la apariencia burda del espigo. Este tipo de pernos están especificados por la norma ASTM A307 y utiliza orificios de diámetro de 1/16" mayor que el nominal.

Los pernos ordinarios tienen una capacidad portante de carga relativamente baja. La ventaja de los pernos ordinarios es la facilidad de hacer conexiones con ellos; solo se necesita una llave. Sin embargo, en los trabajos de mayor envergadura, los montadores ven que resulta más económico apretar pernos con llave de impacto neumático. El ajuste con herramienta de potencia, por lo común, genera una mayor uniformidad de tensión en los pernos y favorece una conexión mejor balanceada.



Figura 2.14: Perno ordinario.

Fuente: Procedimiento constructivo con estructuras metálicas, UNAM. 2014.

2.14 PERNOS DE ALTA RESISTENCIA

El desarrollo de los pernos de alta resistencia lo registra el Research Council on Riveted and Bolted Structural Joints of the Engineering Foundation. Su uso debe hacerse de acuerdo con la última versión de las Especificaciones para Uniones Estructurales con Tornillos ASTM 325 y ASTM 490.



Figura 2.15: Perno de alta resistencia.

Fuente: Procedimiento constructivo con estructuras metálicas, UNAM. 2014.

Existen dos tipos de pernos de alta resistencia, esta diferencia se debe al tipo de conexión para lo que son destinados ya sean estas de deslizamiento o de tipo aplastamiento.

Para ayudar a los instaladores e inspectores a identificar los diferentes grados de acero disponibles para las diferentes conexiones, los pernos y las tuercas se fabrican con marcas permanentes como se muestra en la figura siguiente.

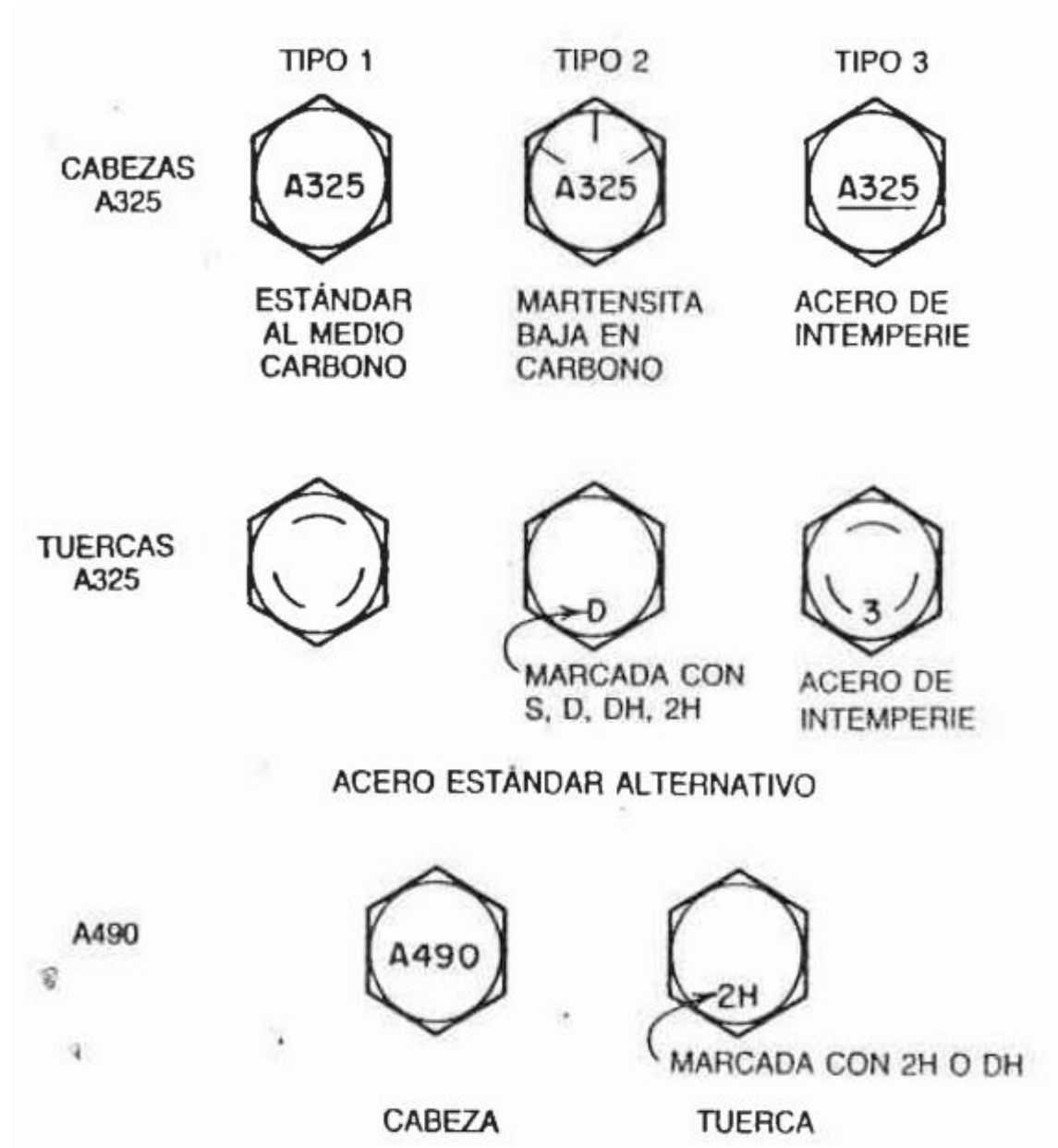


Figura 2.16: Marcas en pernos de alta resistencia.

Fuente: Frederick S. Merdtt. Enciclopedia de la Construcción Arquitectura e Ingeniería. 4ta Edición. Tomo 3. Pág. 519.

En general no se permite la aplicación de pintura sobre las superficies que tendrán conexiones de deslizamiento, se permitirá revestimientos galvanizados

estriados, pintura inorgánica rica en zinc y revestimientos metalizados de zinc o aluminio.

Las dimensiones de estándares de esta clase de pernos y de las tuercas a utilizar para las conexiones se muestran en la siguiente tabla.

Diámetro Nominal del Perno (pulg)	Dimensiones de Pernos Estructurales de Cabeza Hexagonal Pesada			Dimensiones de Tuercas Hexagonales Pesadas	
	Ancho a través de cara plana F. (pulg)	Altura H1, (pulg)	Longitud Roscada T, (pulg)	Ancho a través de cara plana W. (pulg)	Altura H2. (pulg)
1/2	7/8	5/16	1	7/8	31/64
5/8	1 1/16	25/64	1 1/4	1 1/16	39/64
3/4	1 1/4	15/32	1 3/8	1 1/4	47/64
7/8	1 7/16	35/64	1 1/2	1 7/16	55/64
1	1 5/8	39/64	1 3/4	1 5/8	63/64
1 1/8	1 13/16	11/16	2	1 13/16	1 7/64
1 1/4	2	25/32	2	2	1 7/32
1 3/8	2 3/16	27/32	2 1/4	2 3/16	1 11/32
1 1/2	2 3/8	15/16	2 1/4	2 3/8	1 15/32

Tabla 2.1: Dimensiones estandar de pernos y tuercas.

Fuente: Research Council on Structural Connections (RCSC). Specification for Structural Joints Using ASTM A325 or A490 Bolts. Junio 30 de 2004. Pág 10.

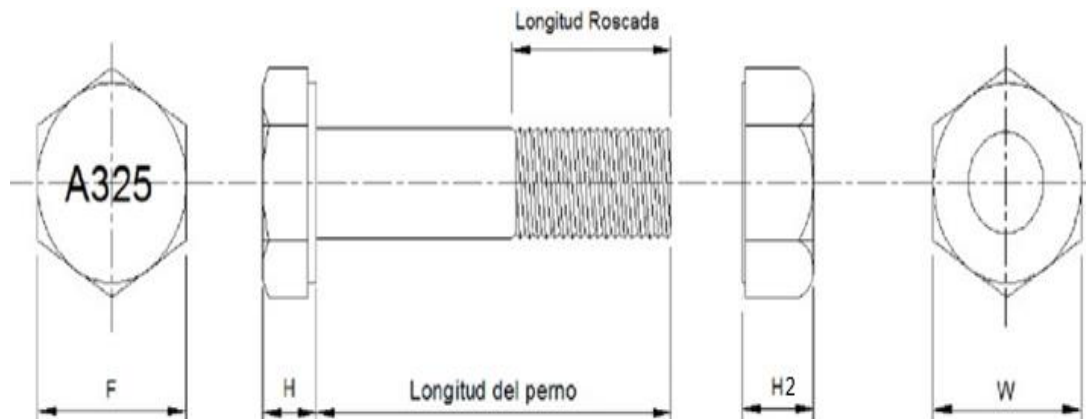


Figura 2.17: Esquema de dimensiones de pernos de alta resistencia.

Fuente: Research Council on Structural Connections (RCSC). Specification for Structural Joints Using ASTM A325 or A490 Bolts. Junio 30 de 2004. Pág 10.

2.14.1 TIPO DE JUNTAS EMPERNADAS

Se dice que las juntas empernadas de alta resistencia son apretadas sin holgura, pretensionadas o bien de fricción. El tipo de junta que se use depende del tipo de carga que los sujetadores deban soportar.

2.14.1.1 PERNOS APRETADOS SIN HOLGURAS

En la mayoría de las conexiones, los tornillos se aprietan solamente hasta lo que se llama la condición de apretado sin holgura. Esto se logra cuando todos los paños de una conexión están en contacto firme entre sí. En general se obtiene con el esfuerzo total realizado por un operario con una llave de cola, o el apretado que se efectúa después de unos cuantos impactos de una llave neumática. Obviamente hay algunas diferencias en los grados de apretado en estas

condiciones. Los tornillos apretados sin holgura deben identificarse claramente tanto en los planos de diseño como en los de montaje.

Los tornillos apretados sin holgura están indicados en todas situaciones en las que no se requieren tornillos pretensionados o de fricción. En este tipo de conexión, los paños de acero que se conectan deben agruparse de modo que se sienten sólidamente unos contra otros, pero no tienen que estar en contacto continuo.

2.14.1.2 JUNTAS PRETENSIONADAS

Los tornillos en una junta pretensionada son llevados a esfuerzos de tensión muy altos iguales a aproximadamente 70 por ciento de sus esfuerzos mínimos a tensión. Para apretarlos de manera apropiada, es necesario primero llevarlos a una condición de apretado sin holgura. Entonces, se aprietan aún más mediante uno de los métodos para tensar completamente los pernos de alta resistencia.

Se requieren juntas pretensionadas para conexiones sujetas a inversiones apreciables de carga donde se les aplican cargas totales o casi totales de diseño en una dirección, después de lo cual estas cargas se aplican en dirección inversa. Esta condición es típica de las cargas sísmicas, pero no lo es de las cargas eólicas. También se requieren tornillos pretensionados para juntas sujetas a cargas de fatiga donde no hay inversión de la dirección de la carga. Además, se usan donde los tornillos están sometidos a esfuerzos de fatiga por tensión. Los tornillos A490 deberán pretensionarse si se someten a tensión o si están sujetos

a una combinación de cortante y tensión, independientemente de si hay fatiga o no. Se permiten los tornillos pretensionados si la resistencia al deslizamiento carece de importancia.

2.14.1.3 JUNTAS DE FRICCIÓN

La instalación de los tornillos de fricción es idéntica a la de las juntas pretensionadas. La única diferencia entre las dos radica en el tratamiento de las superficies de contacto o de empalme. Su inspección es la misma, excepto que el inspector necesita revisar la superficie de contacto o de empalme para las juntas de fricción.

Se requieren juntas de fricción sólo para situaciones que involucren al cortante o a una combinación de cortante y tensión. No se requieren en situaciones que involucren solamente tensión. Además, deben usarse en juntas con agujeros holgados y en juntas con agujeros ranurados donde la carga se aplica aproximadamente en dirección normal (dentro del rango de 80 a 100 grados) en la dirección larga de la ranura.

2.14.2 FALLAS EN JUNTAS EMPERNADAS

2.14.2.1 FALLA POR CORTANTE

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**figura (a) se muestra la posibilidad de falla en una junta traslapada por cortante del tornillo en el plano entre los miembros (cortante simple).

2.14.2.2 FALLA POR TENSIÓN

En la figura (b) se muestra la posibilidad de una falla a tensión de una de las placas a través del agujero de un tornillo.

2.14.2.3 FALLA POR APLASTAMIENTO

En la figura (c) se da la posible falla del tornillo y/o de las placas por aplastamiento entre ambos.

2.14.2.4 FALLA POR DESGARRAMIENTO

En la figura (d) se muestra la posibilidad de falla debido al desgarramiento de una parte del miembro.

2.14.2.5 FALLA POR CORTANTE DOBLE

En la figura (e) a se muestra la posibilidad de una falla por cortante de los tornillos a lo largo de dos planos (cortante doble).

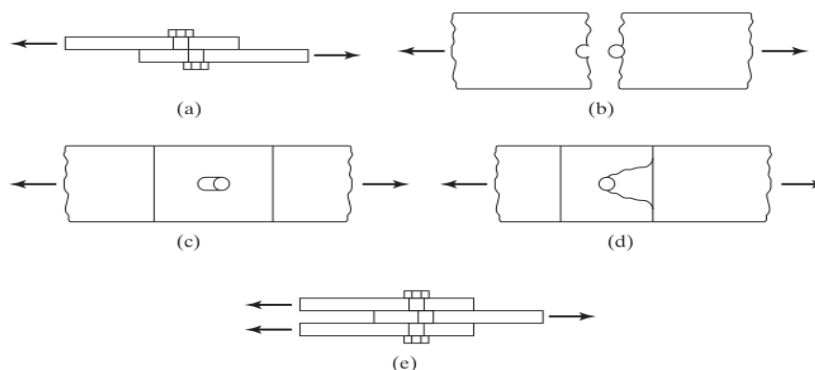


Figura 2.18: Tipo de fallas en junta emperrada.

Fuente: Jack C. McCormac. Diseño de Estructuras de Acero. 5ta. Edición. Pág.

2.15 SOLDADURA

La soldadura es utilizada para asegurar los componentes de un miembro armado y para realizar conexiones entre las estructuras. Esta técnica necesita de una mano de obra más especializada de la que se requiere para uniones con pernos. Sin embargo, debido a las ventajas de costo, la soldadura se usa ampliamente en las construcciones con acero, especialmente en plantas de fabricación donde las condiciones son más favorables para controlar estrictamente los procedimientos. Cuando se especifica el empleo de la soldadura en el campo, se debe tomar en cuenta la disponibilidad de soldadores especializados, técnicos de inspección y la utilización de criterios de control de calidad más rigurosos.

2.15.1 TÉRMINOS DE SOLDADURA:

Acero alto en carbono: Acero conteniendo 0.45% de Carbono o más.

Acero bajo en carbono: Acero contenido 0.20% de Carbono o menos. También se llama Acero Dulce.

Electrodo desnudo: Un electrodo para soldadura eléctrica, consiste en un alambre metálico sin recubrimiento.

Electrodo recubierto: Es un electrodo para soldadura eléctrica consiste en un alambre metálico con recubrimiento que protege el metal fundido del aire, mejora las propiedades del metal.

Electrodo de tungsteno: Un electrodo de alambre de Tungsteno, no consumible, utilizado en soldadura por arco eléctrico.

Fundente: Material usado para disolver y evitar la formación de óxido y otras inclusiones indeseables que se forman al soldar.

Longitud del arco: La distancia entre el extremo del electrodo y el punto donde el arco hace contacto con la superficie del trabajo.

Metal aportado: La porción del electrodo fundida con el metal base al soldar.

Metal base: El metal que se va a soldar.

Penetración: La distancia en que la zona de fundición se extiende por debajo de la superficie de la parte que se ha soldado.

Polaridad directa: La disposición de los terminales de soldar, de manera que el trabajo tenga el polo positivo y el electrodo el polo negativo.

Polaridad invertida: La conexión de los terminales de soldar de manera que, en el circuito del arco, el trabajo es el polo negativo y el electrodo es el polo positivo.

Posición vertical: La posición de soldar donde el eje de la soldadura es una línea vertical.

Posición bajo techo: La posición de soldadura que se hace desde la parte inferior de la junta.

Posición horizontal: Soldadura de ángulo: La posición en que la soldadura se hace en la parte superior de una superficie horizontal y contra otra superficie más vertical.

Soldadura de bisel: La posición de soldadura en que el eje de la misma descansa en un plano horizontal y la cara de la soldadura está en posición vertical.

Posición plana: La posición de soldadura que se realiza desde el lado superior de la junta y la cara de la soldadura.

Voltaje en circuito abierto: El voltaje entre los terminales de una máquina soldadora cuando no está suministrando corriente.

Ciclo de trabajo: El porcentaje de tiempo durante un período arbitrario de pruebas (usualmente 10 minutos), durante el cual una fuente de poder puede operarse a su salida nominal sin sobrecalentarse.

2.15.2 SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO

La Soldadura por Arco manual o eléctrico, es un sistema que utiliza una fuente de calor (arco eléctrico) y un medio gaseoso generado por la combustión del revestimiento del electrodo, mediante el cual es posible la fusión del metal de aporte y la pieza, generando con esto una unión metálica resistente a todos los esfuerzos mecánicos.



Figura 2.19: Soldadura por arco eléctrico.

Fuente: Juan Carlos Coria. Soldadura de Arco Electrico. ITM.

2.15.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL ARCO ELÉCTRICO

- **Temperatura:**
 - ✓ El arco eléctrico permite alcanzar temperaturas superiores a los 5500 C (10000 F).
- **Radiación:**
 - ✓ El arco eléctrico genera radiaciones en los espectros de luz Visible, Infrarroja y Ultravioleta.
- **Intensidad de corriente:**
 - ✓ La intensidad de la corriente determina la cantidad de energía disponible para la fusión del metal base y el material de aporte.
- **Tipo de corriente:**
 - ✓ Alterna: la corriente alterna permite utilizar grandes magnitudes de corriente. Sin embargo, el arco se extingue y se enciende al doble de la frecuencia de la red eléctrica, lo hace inestable.

- ✓ Continua: la corriente continua genera arcos eléctricos estables. Permite obtener uniones de gran calidad.

- **Polaridad de corriente:**

- ✓ Regula la distribución del calor del arco eléctrico. La mayor cantidad de energía se concentra en el polo negativo del circuito (cátodo).
- ✓ Polaridad directa (DC-, electrodo negativo): se utiliza para maximizar la fusión del electrodo. Se utiliza en materiales de poco espesor y soldaduras fuera de posición. En la figura siguiente se muestra la configuración a realizar para este tipo de polaridad.



Figura 2.20: Polaridad directa.

Fuente: West Arco. Manual de Soldadura. Pag. 29.

- ✓ Polaridad inversa (DC+, electrodo positivo): se utiliza para maximizar la penetración de la soldadura. Se aplica en soldaduras de materiales de gran espesor. En la figura siguiente se muestra la configuración para este tipo de polaridad.

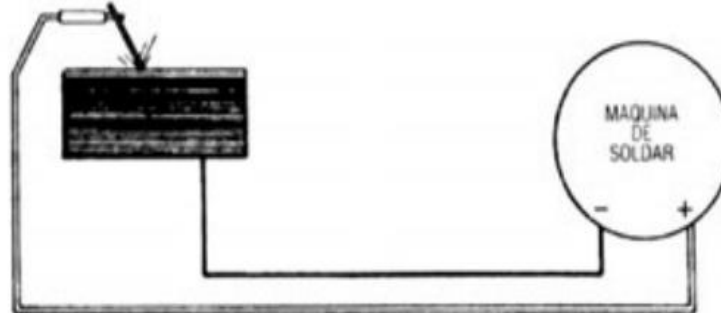


Figura 2.21: Polaridad inversa.

Fuente: Fuente: West Arco. Manual de Soldadura. Pag. 30.

- Tipo de electrodo
 - ✓ Consumibles: El electrodo se funde durante el proceso de soldadura, pasando a formar parte del cordón de soldadura.
 - ✓ No consumibles: El electrodo no se funde durante el proceso. Los aportes de material se hacen mediante la alimentación de varillas.

2.15.2.2 FACTORES QUE INFLUYEN EL ARCO ELÉCTRICO

- **Longitud de a arco:** es la distancia medida entre la punta del electrodo y la superficie del metal base. Influye:
 - ✓ Estabilidad del arco: a Mayor longitud puede ocurrir la extinción del arco.
 - ✓ Eficiencia de la transferencia de metal (a mayor longitud, mayor salpicadura).

- ✓ Pérdida de energía del arco (a mayor longitud, más pérdidas por radiación).
- ✓ Voltaje de soldadura (y por ende energía para la fusión).
- Protección de la soldadura:
 - ✓ Los procesos de soldadura por arco utilizan dos métodos de protección: Gases de protección y Flujos (sólidos).
- Penetración:
 - ✓ La penetración en la soldadura es la profundidad de la zona fundida medida desde la superficie de la parte. Depende de los parámetros del arco. (polaridad e intensidad de corriente).
- Numero de pasadas:
 - ✓ Los procesos de soldadura por arco pueden efectuarse en una o múltiples pasadas en función de la cantidad de material a depositar en la junta.

2.15.3 SOLDADURA STICK (SMAW)

La soldadura por electrodo revestido (SMAW: Shielded Metal Arc Welding) es un Proceso de soldadura donde la coalescencia es producto del calentamiento logrado al establecer un arco eléctrico entre un electrodo consumible recubierto y la pieza de trabajo.

En nuestro país este tipo de soldadura es la más utilizada ya que la inversión inicial para comprar el equipo necesario para soldar por este método es más baja

en comparación a la inversión que se necesita para comprar equipos de otros tipos de soldadura más eficientes como lo son la soldadura MIG o TIG.

2.15.3.1 VARIABLES PRINCIPALES DEL PROCESO

- **Intensidad de corriente:** El fabricante de electrodos establece en rangos de corriente para cada tipo y diámetro de electrodo
 - ✓ La intensidad de corriente mínima, es aquella que permite la fusión de los metales base, el electrodo y el recubrimiento.
 - ✓ La intensidad de corriente máxima, es aquella que permite el establecimiento del arco sin descomponer el recubrimiento.
- **Tipo y polaridad de corriente:**
 - ✓ El proceso de soldadura con electrodo recubierto permite trabajar tanto con polaridad directa como con polaridad inversa.
 - ✓ El tipo y polaridad de corriente a utilizar están limitados por la selección del electrodo en función del material y los requerimientos de la junta.
- **Longitud de arco:**
 - ✓ Para las soldaduras en posición, se prefieren los arcos cortos (son más eficientes).
 - ✓ Para las soldaduras fuera de posición, es permisible utilizar longitudes de arco variables a fin de controlar el tamaño de la poza de fusión.

- ✓ La longitud de arco es controlada por la destreza del operador, lo que hace este proceso menos competitivo que otros procesos de soldadura por arco.

- **Diámetro del Electrodo:** Determina la cantidad de corriente que puede utilizar el electrodo. Un exceso de corriente puede causar la descomposición del recubrimiento, impidiéndole cumplir sus funciones. A mayor diámetro, mayor capacidad de corriente.

Recomendaciones:

- ✓ Diámetros Grandes: se utilizan en materiales de elevado espesor y para incrementar la velocidad de soldadura.
- ✓ Diámetros pequeños: se utilizan cuando se requiere controlar el tamaño de la poza de fusión (soldadura fuera de posición).
- ✓ Para minimizar los costos del proceso de soldadura, se recomienda utilizar el mayor diámetro posible de electrodo con el que no ocurra una “sobre soldadora”. (exceso de dimensiones del cordón de soldadura).

- **Tipo de electrodo:** el tipo de electrodo determina:

- ✓ El mecanismo de protección.
- ✓ Composición química de la junta.
- ✓ Propiedades mecánicas de la junta.
- ✓ Acota intensidad de corriente, polaridad y posiciones de soldadura que pueden utilizarse.

El tipo de electrodo se selecciona en base a los materiales a unir (y los códigos que norman las soldaduras) y en base a los requerimientos de la junta (aceros dulces).

2.15.3.2 VENTAJAS DE SOLDADURA SMAW

- Las máquinas del proceso de soldadura SMAW tiene un bajo costo respecto a las máquinas de los otros procesos con arco eléctrico.
- Se puede aplicar a la gran mayoría de los metales.
- Bajo costo en el valor de los insumos ya que no necesita gases o electrodos especiales.

2.15.3.3 DESVENTAJAS DE SOLDADURA SMAW

- Menor calidad de las juntas soldadas respecto a los otros procesos de soldadura con arco eléctrico.
- Baja productividad por cambio de electrodos.
- Se necesita mayor destreza de los operarios que en los procesos MIG-MAG y TIG.

2.15.3.4 POSICIONES DE LA SOLDADURA:

En el proceso de soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido, la soldadura se puede aplicar en las posiciones siguientes: Plana, Vertical, Horizontal y Sobre cabeza.

Posición plana: Es aquella en que el trabajo está debajo de la mano y el metal se deposita sobre un plano horizontal. La ejecución de cordones en esta posición es fácil y económica, por lo tanto, en cuanto sea posible se debe utilizar.

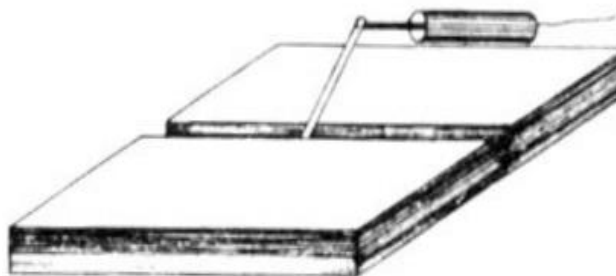


Figura 2.22: Posición plana de soldadura.

Fuente: West Arco. Manual de Soldadura. Pág. 38.

Posición vertical: Los cordones se ejecutan siguiendo la dirección de un eje vertical. El electrodo se puede desplazar de dos maneras: subiendo o bajando.

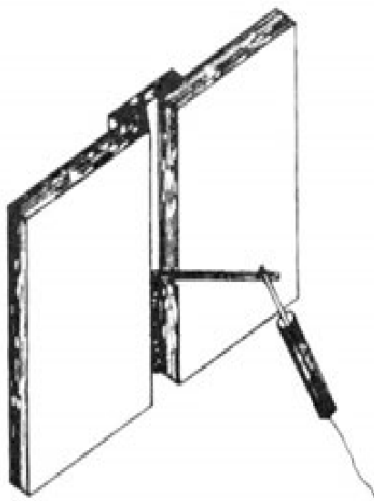


Figura 2.23: Posición vertical de soldadura.

Fuente: West Arco. Manual de Soldadura. Pág. 39.

Posición horizontal: En la figura siguiente se ven dos platinas colocadas verticalmente, el cordón se ejecuta horizontalmente.

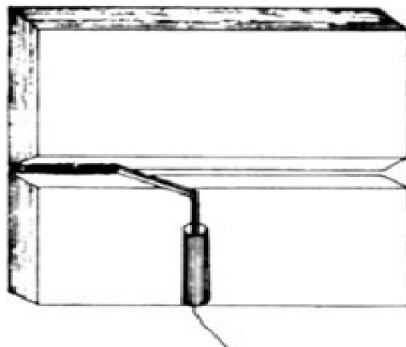


Figura 2.24: Posición horizontal de soldadura.

Fuente: West Arco. Manual de Soldadura. Pág. 39.

Posición sobre cabeza: A diferencia de la posición plana, la mano se coloca debajo del trabajo y la soldadura se ejecuta de la manera como se ilustra en la figura siguiente.

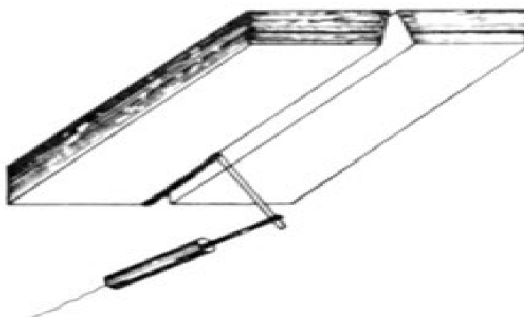


Figura 2.25: Posición sobre cabeza de soldadura.

Fuente: West Arco. Manual de Soldadura. Pág. 40.

Las cuatro posiciones anteriores son las que se denominan fundamentales. En la práctica se pueden presentar trabajos donde se utilizan posiciones

intermedias, como lo puede ser una unión en un plano inclinado. También se puede presentar el caso de trabajos donde la unión se completa utilizando dos o más posiciones; en la soldadura de tuberías de oleoducto, por ejemplo, la unión se logra utilizando básicamente la posición plana, la vertical y la sobre cabeza.

El metal fundido del núcleo del electrodo tiende a caer al suelo cuando se suelda en posiciones difíciles. Gracias al revestimiento de cierto tipo de electrodos se ha logrado contrarrestar la fuerza de gravedad y por lo tanto se ha facilitado la soldadura en cualquier posición.

2.15.3.5 JUNTAS DE SOLDADURA

La junta es la parte a rellenar de metal situada entre 2 o más planchas o piezas, que tienen los bordes convenientemente preparados. La finalidad de la preparación de la junta es asegurar la penetración deseada en la soldadura y facilitar la operación de soldar con miras a obtener una unión de excelente calidad.

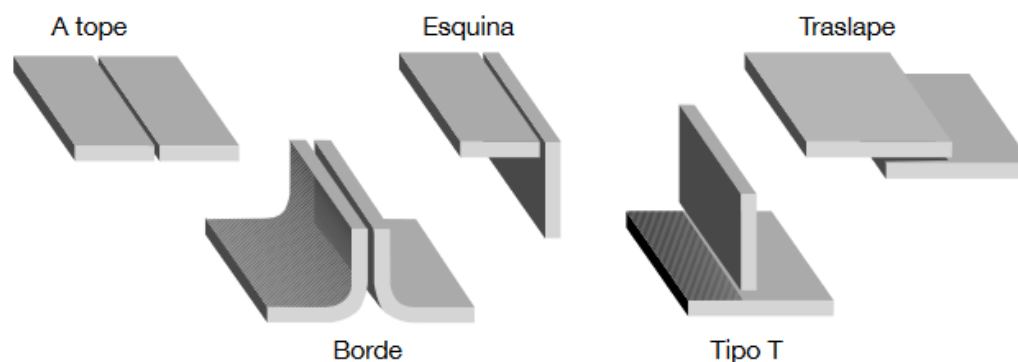


Figura 2.26: Tipo de juntas.

Fuente: Indura. Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura. Pág. 17.

La elección del tipo de junta es cuestión de suma importancia en el trabajo de soldar por arco es la selección del mejor y más adecuado tipo de junta a utilizar en cada aplicación concreta.

La mejor junta es la que, con un mínimo costo, satisface todas las condiciones de servicio. Al seleccionar la junta, deben tomarse en cuenta tres factores:

- La carga y sus características, es decir si la carga es de tracción o de compresión y si existe alguna combinación de esfuerzos de doblado, fatiga o choque
- La forma en que la carga es aplicada, o sea si su acción es continua, variable o instantánea
- El costo de preparación y de la ejecución, propiamente dicha de la soldadura.

Otros aspectos, que deben tenerse en cuenta, son los efectos del alabeo, la comodidad para soldar y la uniformidad y apariencia de la soldadura.

Juntas a tope

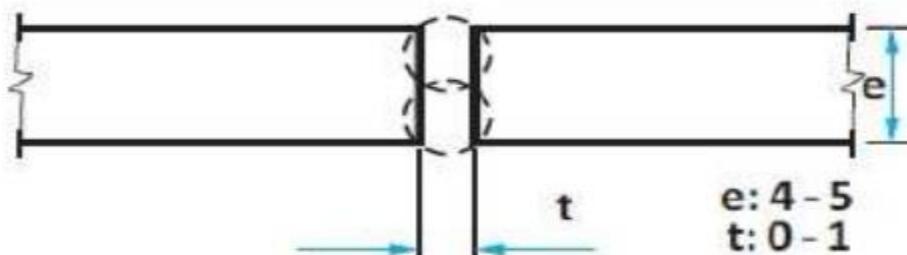


Figura 2.27: Junta a tope.

Fuente: Oerlikon. Manual de Soldadura. Pág. 59.

- Satisfactoria para todas las cargas corrientes.
- Requiere fusión completa y total.
- Recomendable para espesores menores de 6 mm.
- Preparación sencilla.
- La separación de los bordes depende del espesor de las planchas.

El costo de preparación es bajo, sólo requiere el emparejamiento de los bordes de las planchas a soldar.

Juntas a tope en V

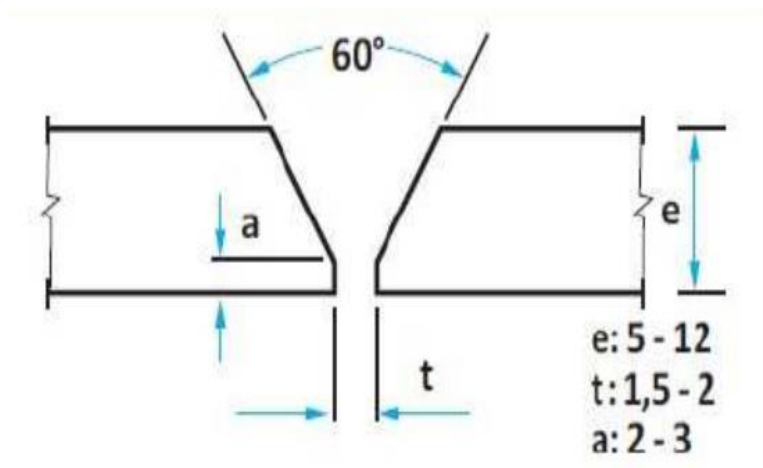


Figura 2.28: Junta en V.

Fuente: Oerlikon. Manual de Soldadura. Pág. 59.

- Apropiaada para todas las condiciones de carga.
- Aplicable en planchas de 5 a 12 mm, no siendo muy corriente aplicarla en espesores menores.
- El ángulo de la junta es de 60° .

La preparación de la junta es más cara que para la junta a tope simple.

Junta en doble V o X

- Satisfactoria para todas las condiciones normales de carga.
- Para planchas de un espesor mayor de 12 hasta 20 mm, siempre y cuando sea posible soldar por ambos lados.

La junta en X consume más o menos la mitad de electrodos que la junta a tope en V, pero en cambio es más costosa su preparación.

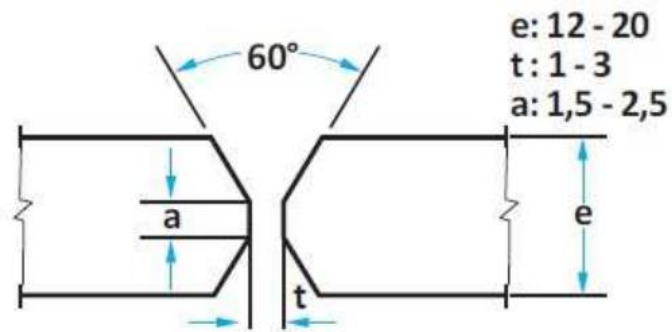


Figura 2.29: Junta en doble V o X.

Fuente: Oerlikon. Manual de Soldadura. Pág. 59.

Junta a tope en U simple

- Para trabajos de la más alta calidad.
- Apropiaada para todas las condiciones de carga.
- Sustituye a las juntas en V o X en la unión de planchas de un espesor entre 12 a 20 mm.

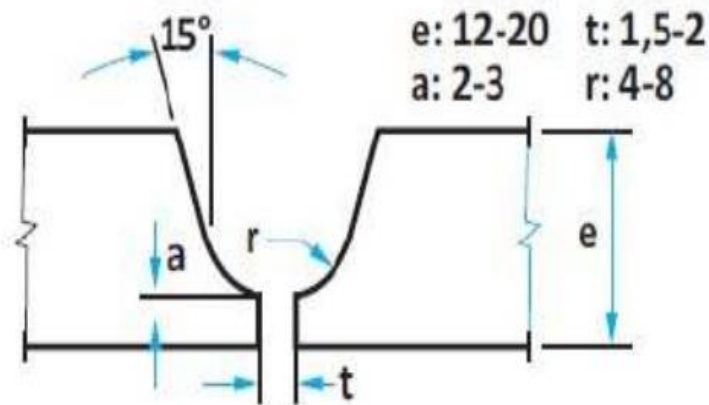


Figura 2.30: Junta a tope en U simple.

Fuente: Oerlikon. Manual de Soldadura. Pág. 59.

Esta junta consume menos electrodos que la junta en V o X, pero su costo de preparación es mucho más elevado.

La soldadura se realiza por un solo lado, con excepción de un único cordón que se aplica al final por el lado opuesto.

Junta a tope en doble U

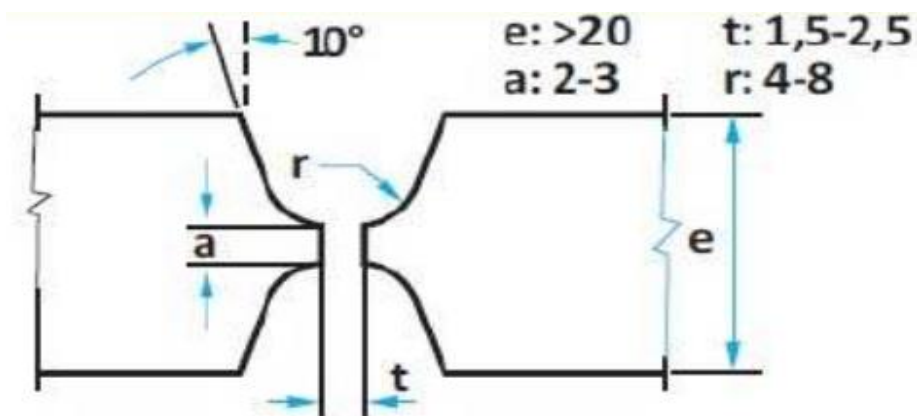


Figura 2.31: Junta a tope en doble U.

Fuente: Oerlikon. Manual de Soldadura. Pág. 59.

- Satisfactoria para todas las cargas.
- Para planchas de espesor superior a 20 mm, siempre y cuando sea posible soldar por ambos lados.

Otros tipos de juntas a tope

En la siguiente figura se muestran otros tipos de juntas a tope

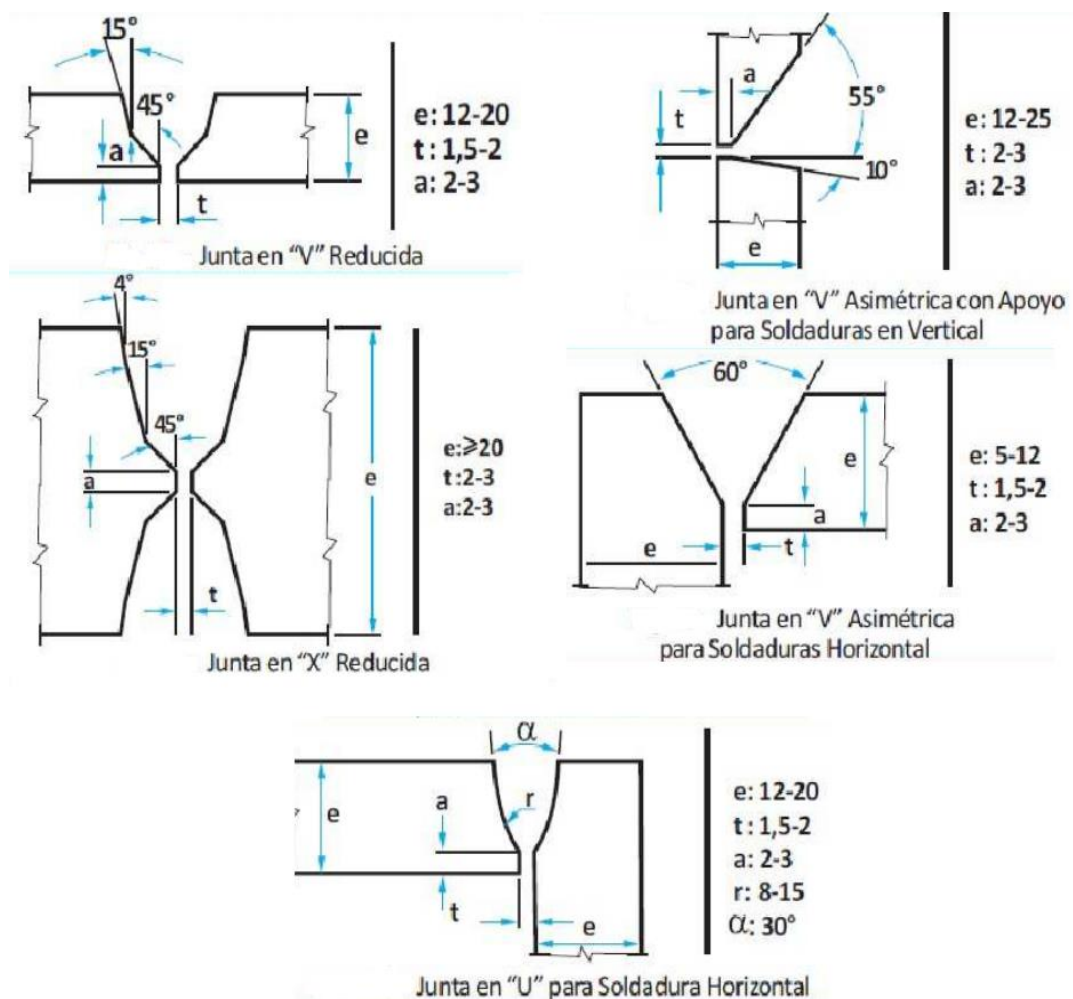


Figura 2.32: Otros tipos de juntas a tope.

Fuente: Oerlikon. Manual de Soldadura. Pág. 60.

Juntas en T con borde plano

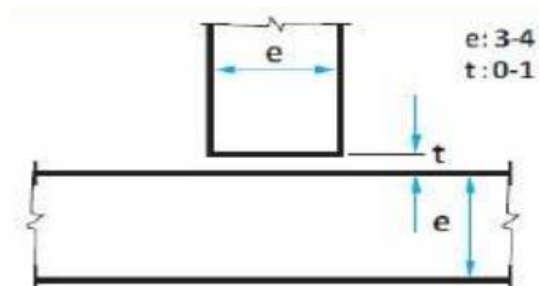


Figura 2.33: Junta en T con borde plano.

Fuente: Oerlikon. Manual de Soldadura. Pág. 60.

- No requiere mecanizado alguno para la preparación de los bordes de las planchas. Se usa para todas las planchas de espesores corrientes.
- Especialmente para trabajos en que las cargas sometan a la soldadura a un esfuerzo cortante longitudinal.

De todos los tipos de juntas en T, ésta es la que consume mayor cantidad de electrodos, lo que es compensado por el bajo costo de la preparación.

Junta en T con borde en V

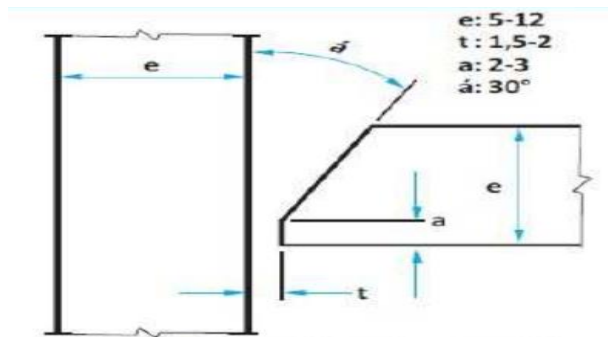


Figura 2.34: Junta en T con borde en V.

Fuente: Oerlikon. Manual de Soldadura. Pág. 60.

- Apta para soportar mayores cargas que la junta de borde plano, ya que las tensiones están mejor distribuidas.
- Empleada usualmente para planchas de 12 mm o menos, cuando las piezas pueden soldarse sólo por una cara.
- Consume menos electrodos que la junta de borde plano, pero la preparación de los bordes es de un costo mayor.

Junta en T con bordes en doble V

- Usada para la unión de planchas gruesas, cuando las piezas pueden soldarse por ambos lados.
- Apropiaada para soportar grandes esfuerzos de corte, longitudinales o transversales.

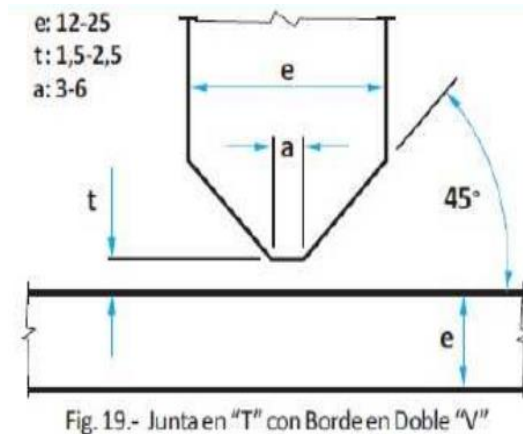


Figura 2.35: Junta en T con borde en doble V.

Fuente: Oerlikon. Manual de Soldadura. Pág. 60.

El maquinado es más caro que para la junta en V, pero el consumo de electrodos es menor que en la junta de bordes planos para iguales espesores de plancha.

Otro tipo de juntas en T

Junta en T con borde en J

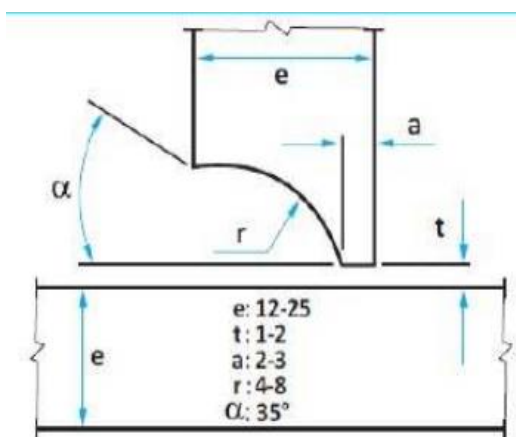


Figura 2.36: Junta en T con borde en J.

Fuente: Oerlikon. Manual de Soldadura. Pág. 60.

Junta de traslape de rincón simple



Figura 2.37: Junta de traslape de rincón simple.

Fuente: Oerlikon. Manual de Soldadura. Pág. 61.

- Usada con mucha frecuencia.
- No requiere preparación alguna en los bordes de las planchas.

Si las cargas a soportar no son grandes, este tipo de junta resulta apropiada para soldar planchas de todos los espesores, pero cuando existen esfuerzos de fatiga o de impacto, debe estudiarse detenidamente la distribución de las tensiones.

Juntas de traslape de rincón doble

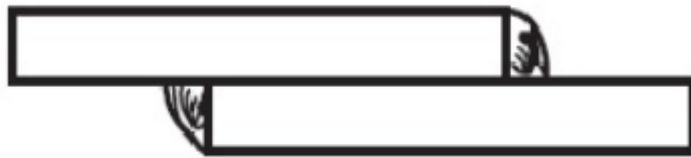


Figura 2.38: Junta de traslape de rincón doble.

Fuente: Oerlikon. Manual de Soldadura. Pág. 61.

- Apropiaada para condiciones más severas de cargas que las que pueden satisfacerse con la junta anterior.
- Para cargas muy pesadas debe usarse la junta a tope.

2.15.3.6 DEFECTOS Y CAUSAS DE SOLDADURA SMAW

Mal aspecto



Figura 2.39: Mal aspecto en soldadura.

Fuente: Indura. Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura. Pág. 23.

Causas Probables:

- Conexiones defectuosas.
- Recalentamiento.
- Electrodo inadecuado.
- Longitud de arco y amperaje inadecuado.

Recomendaciones:

- Usar la longitud de arco, el ángulo (posición) del electrodo y la velocidad de avance adecuados.
- Evitar el recalentamiento.
- Usar un vaivén uniforme.
- Evitar usar corriente demasiado elevada.

Penetración Excesiva



Figura 2.40: Penetración excesiva en soldadura.

Fuente: Indura. Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura. Pág. 23.

Causas probables:

- Corriente muy elevada.
- Posición inadecuada del electrodo.

Recomendaciones:

- Disminuir la intensidad de la corriente.
- Mantener el electrodo a un ángulo que facilite el llenado del bisel.

Salpicadura excesiva



Figura 2.41: Salpicadura excesiva en soldadura.

Fuente: Indura. Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura. Pág. 23.

Causas probables:

- Corriente muy elevada.
- Arco muy largo.
- Soplo magnético excesivo.

Recomendaciones:

- Disminuir la intensidad de la corriente.
- Acortar el arco.
- Ver lo indicado para “arco desviado o soplado”.

Arco desviado

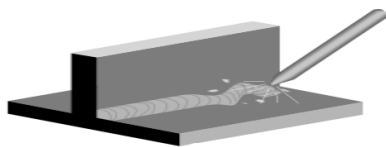


Figura 2.42: Arco desviado en soldadura.

Fuente: Indura. Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura. Pág. 24.

Causas probables:

- El campo magnético generado por la CC produce la desviación del arco (soplo magnético).

Recomendaciones:

- Usar CA.
- Contrarrestar la desviación del arco con la posición del electrodo, manteniéndolo a un ángulo apropiado.
- Cambiar de lugar la grampa a tierra.
- Usar un banco de trabajo no magnético.
- Usar barras de bronce o cobre para separar la pieza del banco.

Soldadura porosa

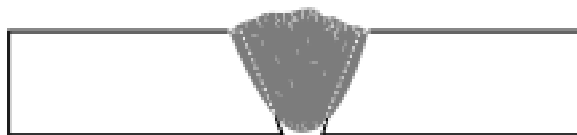


Figura 2.43: Soldadura porosa.

Fuente: Indura. Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura. Pág. 24.

Causas probables:

- Arco corto.
- Corriente inadecuada.
- Electrodo defectuoso.

Recomendaciones:

- Averiguar si hay impurezas en el metal base.
- Usar corriente adecuada.
- Utilizar el vaivén para evitar sopladuras.
- Usar un electrodo adecuado para el trabajo.
- Mantener el arco más largo.
- Usar electrodos de bajo contenido de hidrógeno

Soldadura agrietada

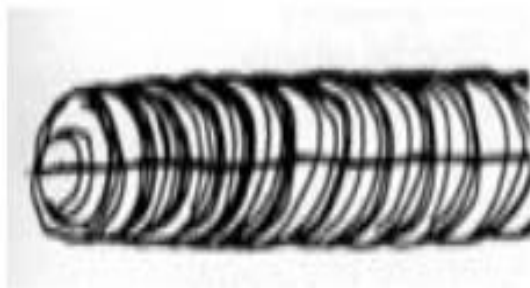


Figura 2.44: Soldadura agrietada.

Fuente: Indura. Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura. Pág. 24.

Causas probables:

- Electrodo inadecuado.
- Falta de relación entre tamaño de la soldadura y las piezas que se unen.
- Mala preparación.
- Unión muy rígida.

Recomendaciones:

- Eliminar la rigidez de la unión con un buen proyecto de la estructura y un procedimiento de soldadura adecuado.
- Precalentar las piezas.
- Evitar las soldaduras con primeras pasadas.
- Soldar desde el centro hacia los extremos o bordes.
- Seleccionar un electrodo adecuado.
- Adaptar el tamaño de la soldadura de las piezas.
- Dejar en las uniones una separación adecuada y uniforme.

Combadura

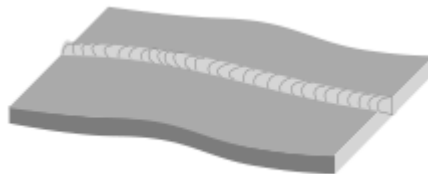


Figura 2.45: Combadura en soldadura.

Fuente: Indura. Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura. Pág. 25.

Causas probables:

- Diseño inadecuado.
- Contracción del metal de aporte.
- Sujeción defectuosa de las piezas.
- Preparación deficiente.

- Recalentamiento en la unión.

Recomendaciones:

- Corregir el diseño.
- Martillar (con martillo de peña) los bordes de la unión antes de soldar.
- Aumentar la velocidad de trabajo (avance).
- Evitar la separación excesiva entre piezas.
- Usar un respaldo enfriador.
- Adoptar una secuencia de trabajo.
- Usar electrodos de alta velocidad y moderada penetración.

Soldadura quebradiza

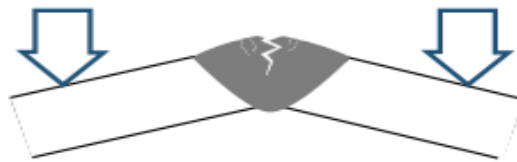


Figura 2.46: Soldadura quebradiza.

Fuente: Indura. Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura. Pág. 25.

Causas probables:

- Electrodo inadecuado.
- Tratamiento térmico deficiente.
- Soldadura endurecida al aire.
- Enfriamiento brusco.

Recomendaciones:

- Usar un electrodo con bajo contenido de hidrógeno o de tipo austenítico.
- Calentar antes o después de soldar o en ambos casos.
- Procurar poca penetración dirigiendo el arco hacia el cráter.
- Asegurar un enfriamiento lento.

Penetración incompleta

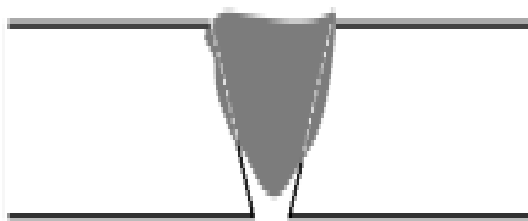


Figura 2.47: Penetración incompleta en soldadura.

Fuente: Indura. Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura. Pág. 25.

Causas probables:

- Velocidad excesiva.
- Electrodo de diámetro excesivo.
- Corriente muy baja.
- Preparación deficiente.
- Electrodo de diámetro pequeño.

Recomendaciones:

- Usar la corriente adecuada.

- Soldar con la lentitud necesaria para lograr buena penetración de raíz.
- Calcular correctamente la penetración del electrodo.
- Elegir un electrodo de acuerdo con el tamaño de bisel.
- Dejar suficiente separación en el fondo del bisel.

Fusión deficiente

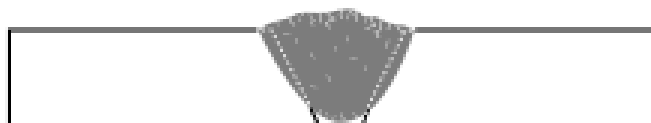


Figura 2.48: Fusión deficiente en soldadura.

Fuente: Indura. Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura. Pág. 26.

Causas probables:

- Calentamiento desigual o irregular.
- Orden (secuencia) inadecuado de operación.
- Contracción del metal de aporte.

Recomendaciones:

- Puntear la unión o sujetar las piezas con prensas.
- Conformar las piezas antes de soldarlas.
- Eliminar las tensiones resultantes de la laminación o conformación antes de soldar.
- Distribuir la soldadura para que el calentamiento sea uniforme.

- Inspeccionar la estructura y disponer una secuencia (orden) lógica de trabajo.

Distorsión (deformación)

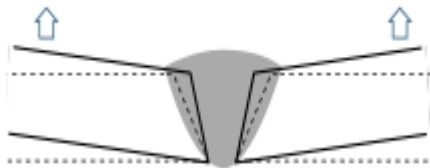


Figura 2.49: Distorsión en soldadura.

Fuente: Indura. Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura. Pág. 26.

Causas probables:

- Calentamiento desigual o irregular.
- Orden (secuencia) inadecuado de operación.
- Contracción del metal de aporte.

Recomendaciones:

- Puntear la unión o sujetar las piezas con prensas.
- Conformar las piezas antes de soldarlas.
- Eliminar las tensiones resultantes de la laminación o conformación antes de soldar.
- Distribuir la soldadura para que el calentamiento sea uniforme.

- Inspeccionar la estructura y disponer una secuencia (orden) lógica de trabajo.

Socavado

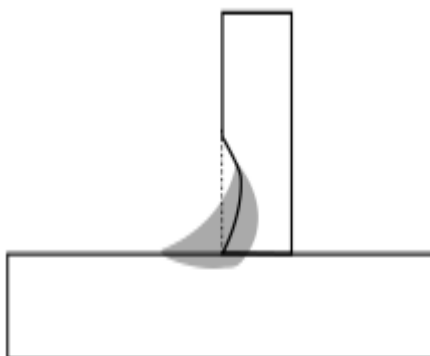


Figura 2.50: Socavado en soldadura.

Fuente: Indura. Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura. Pág. 26.

Causas probables:

- Manejo defectuoso del electrodo.
- Selección inadecuada del tipo de electrodo.
- Corriente muy elevada.

Recomendaciones:

- Usar vaivén uniforme en las soldaduras de tope.
- Usar electrodo adecuado.
- Evitar un vaivén exagerado.

- Usar corriente moderada y soldar lentamente.
- Sostener el electrodo a una distancia prudente del plano vertical al soldar filetes horizontales.

2.15.3.7 CLASIFICACIÓN DE ELECTRODOS RECUBIERTOS SEGÚN LA AMERICAN WELDING SOCIETY (AWS)

En primer término, las especificaciones de los electrodos se refieren al material base de la soldadura:

- Aceros Dulces (AWS A 5.1)
- Aluminio y aleaciones de aluminio (AWS A 5.3)
- Aceros inoxidables (al cromo y al cromo níckel) (AWS A 5.4)
- Aceros de baja aleación (AWS A 5.5)
- Cobre y Aleaciones de Cobre (AWS A 5.6)
- Nickel y aleaciones de nickel (AWS A 5.11)
- Endurecimiento superficial (AWS A 5.13)
- Hierro Fundido (AWS A 5.15)

2.15.3.8 CLASIFICACIÓN ELECTRODOS DE ACEROS DULCES

Los electrodos de aceros dulces se clasifican en base a los requerimientos de las juntas:

- **Alta Penetración:** Son electrodos donde la poza de fusión se solidifica rápidamente. Se recomiendan para la soldadura en todas las posiciones.

Poseen un recubrimiento de celulosa que forma permite alta penetración y poca escoria.

Características:

- ✓ Fabricación y mantenimiento general
 - ✓ Soldadura vertical hacia arriba y sobre la cabeza.
 - ✓ Inspección por R X en soldaduras fuera de posición.
 - ✓ Soldadura de juntas galvanizadas, sucias, pintadas o grasosas que no puedan se limpiadas adecuadamente.
 - ✓ Juntas de alta penetración.
 - ✓ Soldadura de chapas.
- **Alta deposición:** Son electrodos donde el recubrimiento es en peso, 50% hierro. Se utilizan para maximizar la cantidad de metal depositado en la junta. La poza de fusión solidifica lentamente y posee una capa espesa de escoria. Se recomienda para posiciones planas y horizontales. En general, soldaduras en Juntas (canales), Filetes planos y horizontales y sldaduras de superposición en espesores mayores a 3/16" se consideran de este tipo.

Características:

- ✓ Juntas de múltiples pasadas.
- ✓ Alta producción en soldadura de una pasada.
- ✓ Soldadura plana y hasta 15 grados hacia abajo.

- ✓ Buena apariencia del cordón.
- ✓ Facilidad de remoción de escoria.
- ✓ Mínima penetración.
- **Uso General:** Son electrodos con una deposición inferior al grupo de alta deposición, pero con una mejor tasa de solidificación. Permite soldar en todas las posiciones.
- Características:
 - ✓ Se recomiendan para la soldadura de láminas de menos de 3/16" de espesor a elevadas velocidades, minimizando incrustaciones de escoria y perforaciones.
 - ✓ Soldaduras irregulares o cortas que cambian dirección o posición.
 - ✓ Soldaduras de filete o superpuestas en chapas.
 - ✓ Pobre preparación de superficie.
 - ✓ Soldadura general en todas las posiciones.
- **Bajo Hidrógeno:** Electrodos de bajo hidrógeno Se recomiendan para juntas que deban cumplir códigos de soldadura y materiales sensibles a agrietamiento por hidrógeno disuelto. Los electrodos de bajo hidrógeno se encuentran distribuidos entre los tres grupos precedentes.

Características:

- ✓ Soldaduras de calidad de inspección RX.
- ✓ Excelentes propiedades mecánicas.
- ✓ Evitan agrietamiento de aceros de medio y alto carbono.

- ✓ Evitan fractura en caliente de aceros fosforados.
- ✓ Evitan porosidad en aceros con azufre.
- ✓ Minimizan agrietamiento por esfuerzos residuales.
- ✓ Excelentes propiedades de impacto.
- ✓ Minimiza precalentamiento.

2.15.3.9 GUÍA PARA INTERPRETAR LA NUMERACIÓN DE LOS ELECTRODOS SEGÚN LA CLASIFICACIÓN AWS

Las diferentes características de operación de varios electrodos son atribuidas al revestimiento. El alambre es generalmente del mismo tipo; acero al carbón A.I.S.I. 1010 que tiene un porcentaje de carbono a 0.80 - 0.12% máximo para la serie de electrodos más comunes.

En la especificación tentativa de electrodos para soldar hierro dulce, la A.W.S. ha adoptado una serie de 4 ó 5 números siguiendo a la letra E. Esta letra E significa que el electrodo es para soldadura por arco (electrodo revestido).

Las 2 primeras cifras de un número de 4, ó las 3 primeras de un número de 5 significa la resistencia mínima a la tracción en miles de libras por pulgada cuadrada (esfuerzo relevados) del metal depositado. La penúltima cifra significa la oposición en que se debe de aplicar (plana, horizontal, vertical y sobre cabeza). La última cifra significa el tipo de corriente (alterna o corriente continua), el tipo de escoria, tipo de arco, penetración y presencia de elementos químicos.

En la Tabla 2.2 se da amplia información sobre la interpretación de los números:

CIFRA	SIGNIFICADO	EJEMPLO
Las 2 ó 3 primeras	Mínima resistencia a la tracción (Esfuerzos relevados)	E 60 XX = 60000 lbs/pulg ² (Mínimo) E 110 XX = 110000 lbs/pulg ² (Mínimo)
Penúltima	Posición de Soldadura	E XX1X = Toda posición E XX2X = Plana Horizontal E XX3X = Plana
Ultima	Tipo de Corriente Tipo de escoria Tipo de arco Penetración Presencia de elementos químicos en el revestimiento.	Ver Tabla 2.3

NOTA: Para las posiciones vertical y sobre cabeza exige una limitación de diámetro hasta 3/16" comúnmente, y de 5/32" para electrodos de Bajo Hidrógeno.

Tabla 2.2: Numeración de electrodos revestidos.

Fuente: Infrasal. Manual del Soldador. Pág. 15

El prefijo "E" significa electrodo para soldadura por arco.

ULTIMA CIFRA	E-XXX0	E-XXX1	E-XXX2	E-XXX3	E-XXX4	E-XXX-5	E-XXX6	E-XXX-7	E-XXX-8
Tipo de Corriente	a	CA o CD + Polaridad invertida	CA o CD -- Polaridad Directa Preferente	CA o CD -- Polaridad Directa Preferente	CA o CD + Polaridad Invertida	CD + Polaridad Invertida	CA o CD + Polaridad Invertida	CD + Polaridad Invertida	CA o CD + Polaridad Invertida
Revestimiento Escoria	b	Celulosa-Potasio Orgánico	Titanio Sodio Rutilo	Titanio Potasio Rutilo	Titanio Polvo de Hierro Rutilo	Titanio Sodio BH Rutilo	Titanio Potasio BH Rutilo	Polvo de Hierro Mineral	Titanio Potasio Polvo de Hierro BH Rutilo
Tipo de Arco	Penetrante	Penetrante	Mediano	Suave	Suave	Mediano	Mediano	Suave	Mediano
Penetración	c	Profunda	Mediana	Ligera	Ligera	Mediana	Mediana	Mediana	Mediana
Polvo de Hierro en el revestimiento	0 - 10%	NO	0-10%	0-10%	30-50%	NO	NO	50%	30-50%

- NOTAS:**
- (a) E - 6010 - Corriente directa polaridad invertida
E - 6020 - AC o DC
 - (b) E - 6010 - Orgánica (Celulosa Sodio); E - 6020 - mineral (óxido de Hierro)
 - (c) E - 6010 - Penetración profunda, E - 6020 - mediana penetración
- BH - Bajo Hidrógeno
Rutilo - Oxido natural de Titanio

Tabla 2.3: Numeración de electrodos revestidos (continuación).

Fuente: Infrasal. Manual del Soldador. Pág. 16.

CAPÍTULO

3

3.0 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA PREPARACIÓN MONTAJE

3.1 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA CORTE Y PERFORACIÓN

3.1.1 EQUIPOS DE CORTE

3.1.1.1 EQUIPOS MANUALES

3.1.1.1.1 ANTORCHA A GAS

Este equipo utiliza un gas combustible cualquiera (acetileno, hidrógeno, propano, etc.), cuyo efecto es producir una llama para calentar el material, mientras que como gas comburente siempre ha de utilizarse oxígeno a fin de causar la oxidación necesaria para el proceso de corte.

Bien sea en una única cabeza o por separado, todo soplete cortador requiere de dos conductos: uno por el que circule el gas de la llama calefactora (acetileno u otro) y uno para el corte (oxígeno). El soplete de oxicorte calienta el acero con su llama carburante, y a la apertura de la válvula de oxígeno provoca una reacción con el hierro de la zona afectada que lo transforma en óxido férrico (Fe_2O_3), que se derrite en forma de chispas al ser su temperatura de fusión superior a la del acero, siendo utilizado como flujo tractor por la presión de oxígeno de unos 6 bar para producir el corte.

A continuación, se describen los elementos utilizados en el proceso de oxicorte:

- Tanques o cilindros con combustible y comburente (el uso de estos dos gases altamente inflamables y de alta presión que requiere normas de seguridad específicas de mantenimiento, transporte y almacenaje).



Figura 3.1: Tanque de gas y oxígeno.

Fuente: <http://www.infrasur.com.mx/uploads/catalogo/equipos soldadura oxicorte.pdf>

- Manorreductores (que reducen la presión en los tanques de 200 atmósferas a presiones entre 0.1 a 10 atmósferas),



Figura 3.2: Manómetro.

Fuente: <http://www.nicrotec.com/accesorios-de-gas/manoreductores/productos.html?c=3&g=3>

- Soplete o antorcha cortador (donde ocurre la mezcla de los gases).



Figura 3.3: Antorcha.

Fuente: <http://www.soldadura.praxair.es/c-306-a-90-480.html>

- Válvulas antirretroceso (que permiten el paso del gas en un solo sentido).



Figura 3.4: Boquilla.

Fuente: Internet.

- Mangueras (que conducen a los gases desde los tanques hasta el soplete, y pueden ser rígidas o flexibles).



Figura 3.5: Mangueras.

Fuente: Internet.

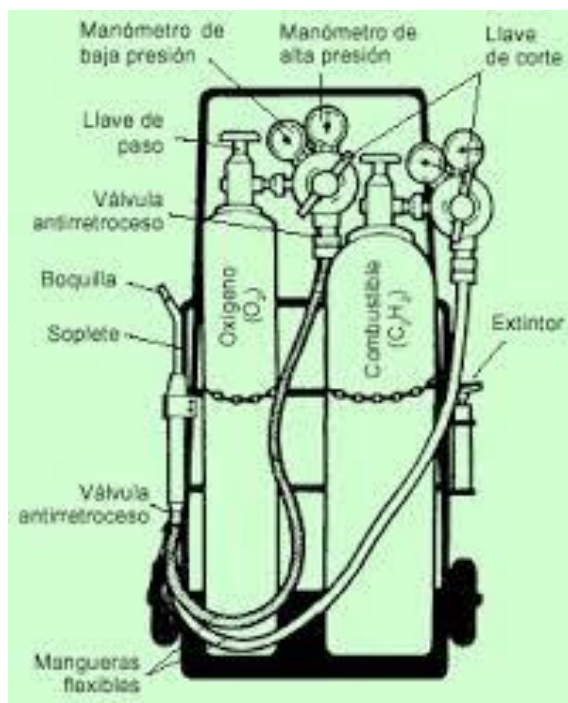


Figura 3.6: Esquema de conjunto.

Fuente: Internet.

Características de los elementos de un equipo de oxiacorte.

Además de los dos tanques móviles que contienen el combustible y el comburente, los elementos principales que intervienen en el proceso de oxiacorte son los manorreductores, el soplete, las válvulas antirretroceso y las mangueras.

La función de los manorreductores es desarrollar la transformación de la presión de la botella de gas (150 atm) a la presión de trabajo (de 0,1 a 10 atm) de una forma constante. Están situados entre las botellas y los sopletes.

El soplete es el elemento de la instalación que efectúa la mezcla de gases. Las partes principales del soplete son las dos conexiones con las mangueras, dos llaves de regulación, el inyector, la cámara de mezcla y la boquilla.

Las válvulas antirretroceso son dispositivos de seguridad instalados en las conducciones y que sólo permiten el paso de gas en un sentido. Están formadas por una envolvente, un cuerpo metálico, una válvula de retención y una válvula de seguridad contra sobrepresiones.

Las mangueras o conducciones sirven para conducir los gases desde las botellas hasta el soplete. Pueden ser rígidas o flexibles.

3.1.1.1.2 CORTE POR PLASMA (ARCO ELÉCTRICO)

En este tipo de corte, una antorcha de plasma bombea oxígeno por una boquilla a altas velocidades y al mismo tiempo un arco eléctrico se transmite a través del gas. Como resultado, el plasma se calienta lo suficiente como para fundir el metal.

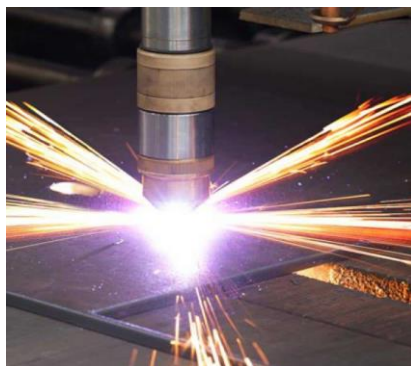


Figura 3.7 : Corte por plasma.

Fuente: <https://www.fabricantes-maquinaria-industrial.es/corte-plasma-funciona-cuales-aplicaciones/>

El proceso de corte por plasma se desarrolló en la década de los cincuenta del siglo pasado. Fue planeado inicialmente para el corte de metales conductores, principalmente el acero inoxidable y el aluminio. Hoy en día, el corte por plasma es el sistema de corte que experimenta mayor crecimiento en la industria, en talleres de servicios y en general en todo lugar en el que se requiere el corte de metales, gracias a la velocidad y a la precisión del corte.

La materia está presente en todo lo que conocemos, dentro y fuera de este planeta. Sin embargo la materia, se encuentra en tres estados diferentes: Sólido, Líquido y Gaseoso. La mejor forma de entender este concepto, es imaginándolo con respecto al agua. Lo que hace que, en el caso del agua, podamos tener tres estados de la materia, es el nivel de temperatura a la que se somete. Si la temperatura es extremadamente baja, el estado será sólido (hielo). Si el grado de temperatura es ambiente, el agua será líquida y si elevamos en forma considerable y continua el nivel de temperatura, obtendremos un gas.

Sin embargo, cuando obtenemos un líquido en estado gaseoso, es posible aumentar aún más la temperatura, y obtener un gas eléctricamente conductor. La ionización de los gases, genera la creación de iones positivos y electrones libres. Cuando esto ocurre, el gas se convierte en un conductor de corriente, llegando a lo que algunos consideran un cuarto estado de la materia. El plasma.

Es tal la conductividad de corriente y la alta temperatura que, mediante la adecuación de determinadas herramientas, se logra construir máquinas de corte por plasma, por medio de un rayo dirigido sobre una superficie metálica.

El corte por plasma es un proceso que utiliza una boquilla, con un orificio para la circulación del gas ionizado a altas temperatura, de tal forma que se obtiene un rayo que se puede utilizar para cortar secciones de metales tales como el acero al carbono, acero inoxidable, aluminio y otros metales conductores de la electricidad. Por medio del uso de esta técnica, el arco de plasma funde el metal, y el gas elimina el material fundido.

Las máquinas de corte por plasma han evolucionado desde su aparición hace casi setenta años. Hoy en día, incluso incorporan sistemas de control numérico por ordenador, conocidos popularmente como CNC.

El corte por plasma es un excelente proceso para el corte de placas de acero dulce, que ofrece velocidades de corte mucho más rápidas que en el corte con oxígeno sacrificando algo de calidad en los filos. Es ahí donde el plasma tiene inconvenientes. La calidad del filo tiene un punto ideal que, según la corriente de corte, generalmente es de 1/4 (6.4 mm) de pulgada hasta 1,5 (38.1 mm) pulgadas. La perpendicularidad general del filo comienza a mostrar problemas cuando la placa es muy delgada, o muy gruesa (fuera del rango antes mencionado), aunque la suavidad del filo y desempeño de la escoria sigan siendo bastante buenos.

El equipo de plasma puede ser costoso cuando se lo compara con un soplete para oxi-corte, ya que un sistema completo requiere alimentación de energía, enfriador de agua (sobre los sistemas de más de unos 100 amperios), un regulador de gas, soporte de antorcha, cables y mangueras de interconexión y la misma antorcha. Pero el mayor costo de productividad del plasma frente al oxi-corte compensa el costo del sistema en poco tiempo.

Es posible realizar cortes por plasma con varios sopletes al mismo tiempo, pero el factor de costo adicional usualmente lo limita a dos antorchas. No obstante, algunos clientes optan por utilizar hasta tres o cuatro sistemas de plasma en una máquina, pero estos son usualmente fabricados para clientes que cortan un alto volumen de las mismas piezas para abastecer una línea de producción.

3.1.2 EQUIPOS DE PERFORACIÓN

3.1.2.1 EQUIPOS MANUALES

3.1.2.1.1 TALADRO CONVENCIONAL

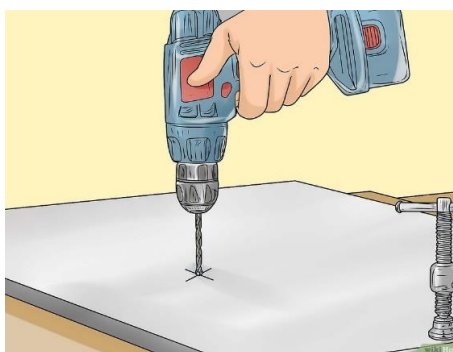


Figura 3.8: Taladro usado para hacer agujeros.

Fuente: <http://ecamac.cl/portfolio-items/taladro-convencional/>

Se denomina taladradora o taladro a la máquina o herramienta con la que se mecanizan la mayoría de los agujeros que se hacen a las piezas en los talleres mecánicos. Destacan estas máquinas por la sencillez de su manejo. Tienen dos movimientos: El de rotación de la broca que le imprime el motor eléctrico de la máquina a través de una transmisión por poleas y engranajes, y el de avance de penetración de la broca, que puede realizarse de forma manual sensitiva o de forma automática, si incorpora transmisión para hacerlo.

Se llama taladrar a la operación de mecanizado que tiene por objeto producir agujeros cilíndricos en una pieza cualquiera, utilizando como herramienta una broca. La operación de taladrar se puede hacer con un taladro portátil, con una máquina taladradora, en un torno, en una fresadora, en un centro de mecanizado CNC o en una mandriladora.

De todos los procesos de mecanizado, el taladrado es considerado como uno de los procesos más importantes debido a su amplio uso y facilidad de realización, puesto que es una de las operaciones de mecanizado más sencillas de realizar y que se hace necesaria en la mayoría de los componentes que se fabrican.

Los factores principales que caracterizan un agujero desde el punto de vista de su mecanizado son:

- Diámetro
- Calidad superficial y tolerancia
- Material de la pieza

- Material de la broca
- Longitud del agujero
- Condiciones tecnológicas del mecanizado
- Cantidad de agujeros a producir
- Sistema de fijación de la pieza en el taladro.

3.1.2.2 EQUIPOS SEMIAUTOMÁTICOS

3.1.2.2.1 TALADRO MAGNÉTICO

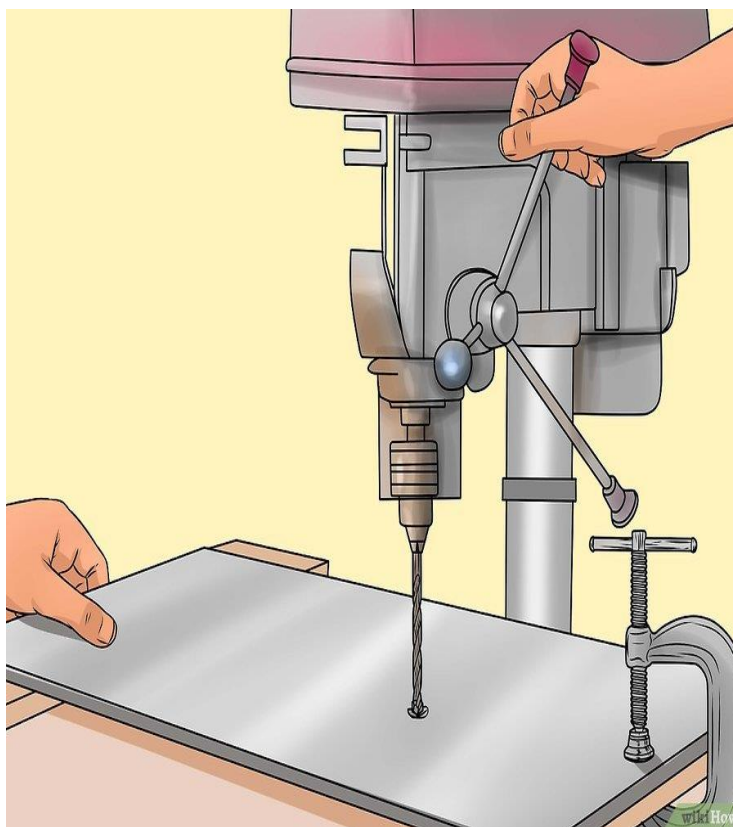


Figura 3.9 : Taladro Magnético.

Fuente: <https://toolstore.com.co/taladros-magneticos/207-taladro-de-base-magnetica-siefken-mg1319.html>

Un taladro magnético es una herramienta motorizada portátil y especializada, que se utiliza para perforar orificios en acero y metales similares. Se usa en el lugar de trabajo o en el taller. Además de “taladro magnético”, también se lo llama “taladro de base portátil” y “taladro de prensa portátil”.



Figura 3.10: Partes de un taladro.

Fuente: <https://lostaladros.info/taladro-magnetico/>

La elección del taladro dependerá de lo siguiente:

- La aplicación.
- El diámetro del orificio.

- La profundidad del orificio que se perforará (profundidad del corte).
- Los requisitos de la velocidad de perforación.
- La cantidad de orificios.
- Ambiente de trabajo.
- El espacio o las limitaciones físicas.
- El tipo de material que se perforará.

Los taladros magnéticos también pueden incorporar opciones o accesorios que incrementan la versatilidad de los productos.

- Sistema de recipiente de lubricante
- Base giratoria imantada
- Caja de engranajes de varias velocidades
- Avance automático
- Mandril para brocas helicoidales
- Adaptadores para caños
- Avellanado
- Roscado
- Adaptadores de árbol

3.1.2.3 EQUIPOS AUTOMÁTICOS

3.1.2.3.1 PANTÓGRAFO A PLASMA O A GAS

Un pantógrafo CNC es una máquina controlada por computadora a la cual se le puede montar una herramienta de corte, generalmente es una antorcha de

plasma y opcionalmente de oxicorte (antorcha de gas) también. Las siglas CNC significan control numérico por computadora. Los pantógrafos CNC equipados con una antorcha de plasma, pueden realizar cortes en metal de cualquier tipo de figura geométrica que usted haya dibujado previamente en su computadora.



Figura 3.11: Pantógrafo.

Fuente: <http://www.boyser.com.mx/shop/product/pantografo-cnc-mark6-h-851>

Principios de funcionamiento

Para mecanizar una pieza se usa un sistema de coordenadas que especificarán el movimiento de la herramienta de corte. El sistema se basa en el control de los movimientos de la herramienta de trabajo con relación a los ejes de coordenadas de la máquina, usando un programa informático ejecutado por una computadora. En el caso de un torno, hace falta controlar los movimientos de la herramienta en dos ejes de coordenadas: el eje de las X para los desplazamientos longitudinales del carro y el eje de las Y para los desplazamientos transversales de la torre. En el caso de las fresadoras se controlan también los desplazamientos verticales, que corresponden al eje Z. Para ello se incorporan servomotores en los

mecanismos de desplazamiento del carro y la torreta, en el caso de los tornos y en la mesa en el caso de la fresadora; dependiendo de la capacidad de la máquina, esto puede no ser limitado únicamente a tres ejes.

Programación en el control numérico

Se pueden utilizar dos métodos, la programación manual y la programación automática.

- **Programación manual**

En este caso, el programa pieza se escribe únicamente por medio de razonamientos y cálculos que realiza un operario. El programa de mecanizado comprende todo el conjunto de datos que la máquina necesita para la mecanización de la pieza.

A la información en conjunto que corresponde a una misma fase del mecanizado se le denomina bloque o secuencia y se numera para facilitar su búsqueda. Este conjunto de información es interpretado por el intérprete de órdenes. Una secuencia o bloque de programa debe contener todas las funciones geométricas, funciones máquina y funciones tecnológicas del mecanizado. De tal modo, un bloque de programa consta de varias instrucciones. El comienzo del control numérico ha estado caracterizado por un desarrollo caótico de los códigos de programación pues cada constructor utilizaba el suyo particular. Posteriormente, se vio la necesidad de normalizar los códigos de programación como condición

indispensable para que un mismo programa pudiera servir para diversas máquinas con tal de que fuesen del mismo tipo. Los caracteres más usados comúnmente, regidos bajo la norma alemana DIN 66024 y 66025 son, entre otros.

- **Programación automática**

En este caso, los cálculos los realiza un computador, a partir de datos suministrados por el programador dando como resultado el programa de la pieza en un lenguaje de intercambio llamado APT que posteriormente será traducido mediante un post-procesador al lenguaje máquina adecuado para cada control por Computadora. En realidad, se deberían estandarizar los lenguajes de programación debido a que sería más útil poder desarrollar al máximo las potencialidades de los C.N.C.

Partes generales del pantógrafo

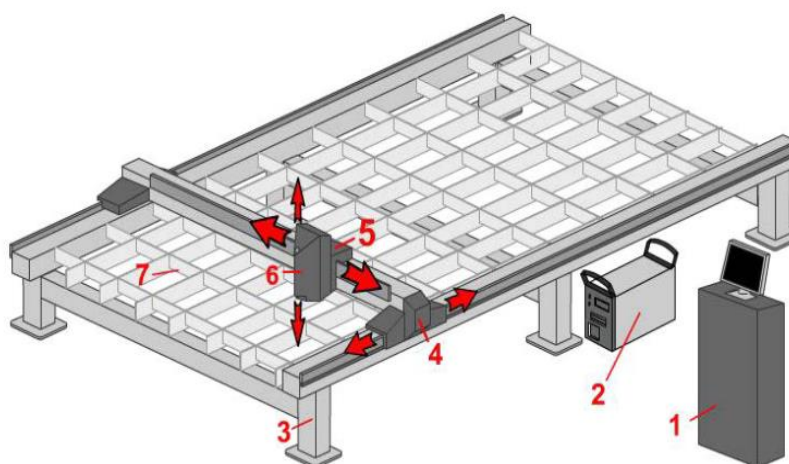


Figura 3.12: Partes de un pantógrafo.

Fuente: Internet.

1. Gabinete PLC, Centro Programación Lógico, Centro de control maestro de la máquina.
2. Planta de corte; Revisar manual de proveedor de la firma.
3. Bastidor estructural; estructura principal de motorización.
4. Carro de movimiento Eje X; movimiento principal de brazo a lo largo de la máquina.
5. Carro de movimiento Eje Y; movimiento carro lateral de movimiento de la máquina.
6. Carro de movimiento Z; control de altura de la antorcha de corte.
7. Parrilla de carga para material a cortar.

3.2 EQUIPOS DE SOLDADURA

3.2.1 PROCESO DE SOLDADURA STICK O SMAW

El proceso de soldadura por arco es uno de los más usados y abarca diversas técnicas. Una de esas técnicas es la soldadura por arco con electrodo metálico revestido (SMAW, por sus siglas en inglés), también conocida como soldadura por arco con electrodo recubierto, soldadura de varilla o soldadura manual de arco metálico.

Se trata de una técnica en la cual el calor de soldadura es generado por un arco eléctrico entre la pieza de trabajo (metal base) y un electrodo metálico consumible (metal de aporte) recubierto con materiales químicos en una

composición adecuada (fundente). Podemos visualizar el proceso en la siguiente figura:

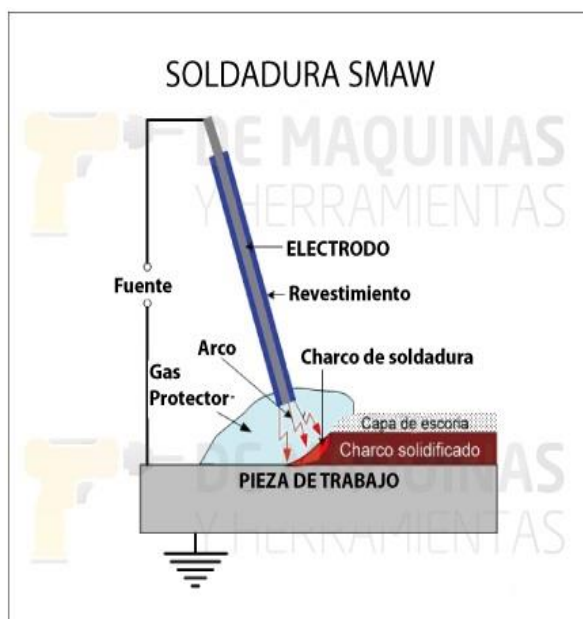


Figura 3.13: Soldadura Stick.

Fuente: <https://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/soldadura>

SMAW que es y procedimiento

Todos los elementos que participan en la soldadura SMAW cumplen una función importante. Veamos por qué:

El arco: el comienzo de todo proceso de soldadura por arco es precisamente la formación del arco. Una vez que éste se establece, el metal de aporte y el fundente que lo recubre empiezan a consumirse. La fuerza del arco proporciona la acción de excavar el metal base para lograr la penetración deseada. Este

proceso continúa a medida que la soldadura se ensancha y el electrodo avanza a lo largo de la pieza de trabajo.

El metal de aporte: al derretirse, forma gotas que se depositan sobre la pieza de trabajo dando lugar al charco de soldadura, que llena el espacio de soldadura y une las piezas en lo que se denomina una junta de soldadura.

El fundente: se derrite junto con el metal de aporte formando un gas y una capa de escoria, que protegen el arco y el charco de soldadura. El fundente limpia la superficie metálica, suministra algunos elementos de aleación a la soldadura, protege el metal fundido contra la oxidación y estabiliza el arco. La escoria se retira después de la solidificación.

3.2.1.1 EQUIPO DE SOLDADURA SMAW

Conocido por su simplicidad y facilidad de uso, el equipo para efectuar soldaduras SMAW es el que se muestra en la figura de abajo.

Este equipo consta de:

Fuente de alimentación: dependiendo del tipo de electrodo y del tipo y la posición de la pieza de trabajo, la fuente puede ser de corriente continua o corriente alterna. Si es de corriente continua, y nuevamente en función del tipo de electrodo y la naturaleza de la soldadura que se desea obtener, la conexión del electrodo a la fuente se puede efectuar de dos maneras:

- Conexión al terminal negativo: en este caso se habla de un *electrodo negativo* o *polaridad directa* (DCEN, por sus siglas en inglés). Se utiliza cuando se desean lograr altas tasas de deposición y una baja penetración.
- Conexión al terminal positivo: en este caso se habla de un *electrodo positivo* o *polaridad inversa* (DCEP, por sus siglas en inglés). Se utiliza cuando se desea lograr una penetración profunda.

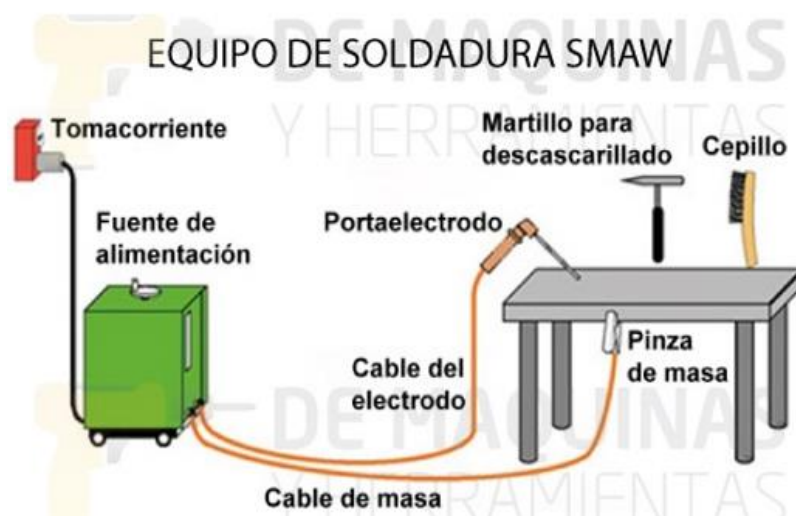


Figura 3.14: Componentes soldadura SMAW.

Fuente: <https://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/soldadura>

SMAW que es y procedimiento

Portaelectrodo: se conecta al cable de soldadura y conduce la corriente de soldadura hasta el electrodo. El mango aislado se utiliza para guiar el electrodo sobre la junta de soldadura y alimentar electrodo en el charco a medida que se consume. Los portaelectrodos están disponibles en diversos tamaños y se clasifican según su capacidad para transportar la corriente.

Cable del electrodo y cable de masa: ambos son una parte importante del circuito de soldadura. Deben ser sumamente flexibles y tener un aislamiento resistente al calor. Las conexiones al portaelectrodo, la pinza de masa y los terminales de la fuente de alimentación deben estar soldadas o perfectamente efectuadas para garantizar una baja resistencia eléctrica. El área de la sección transversal de estos cables debe ser de tamaño suficiente para transportar la corriente de soldadura con un mínimo de caída de voltaje. Cuanto mayor sea la longitud del cable, mayor debe ser su diámetro, a fin de reducir la resistencia y la caída de voltaje.

Pinza de masa: se utiliza para conectar el cable de masa a la pieza de trabajo. Se puede conectar directamente a la pieza, a la mesa o al portapieza. Como parte del circuito de soldadura, la pinza de masa debe ser capaz de transportar la corriente de soldadura sin riesgo de sobrecalentamiento debido a la resistencia eléctrica.

3.2.1.2 APLICACIONES Y UTILIDADES DE LA SOLDADURA SMAW

Por razones de mayor productividad, calidad y rentabilidad, el proceso SMAW se ha ido reemplazando gradualmente. Sin embargo, la capacidad del proceso SMAW para lograr soldaduras en zonas de acceso restringido significa que todavía encuentra un uso considerable en ciertas situaciones y aplicaciones.



Figura 3.15: Soldadora tecnología SMAW.

Fuente: <https://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/soldadura>

SMAW que es y procedimiento

La construcción pesada, tal como en la industria naval, y la soldadura “en campo” se basan en gran medida en el proceso SMAW. Y aunque dicho proceso encuentra una amplia aplicación para soldar prácticamente todos los aceros y muchas de las aleaciones no ferrosas, se utiliza principalmente para unir aceros, tales como aceros suaves de bajo carbono, aceros de baja aleación, aceros de alta resistencia, aceros templados y revenidos, aceros de alta aleación, aceros inoxidables y diversas fundiciones. El proceso SMAW también se utiliza para unir el níquel y sus aleaciones y, en menor grado, el cobre y sus aleaciones, aunque rara vez se utiliza para soldar aluminio.

Ventajas

- Equipo simple, portátil y de bajo costo.
- Aplicable a una amplia variedad de metales, posiciones de soldadura y electrodos.
- Posee tasas de deposición del metal relativamente altas.
- Adecuada para aplicaciones en exteriores.

Desventajas:

- El proceso es discontinuo debido a la longitud limitada de los electrodos.
- Por tratarse de una soldadura manual, requiere gran pericia por parte del soldador.
- La soldadura puede contener inclusiones de escoria.
- Los humos dificultan el control del proceso.

3.2.1.3 EQUIPOS INVERSORES



Figura 3.16: Equipo inversor.

Fuente: [https://www.clasf.co/equipos de soldadura inversor de 130 amp barranquilla en barranquilla 3604036/](https://www.clasf.co/equipos-de-soldadura-inversor-de-130-amp-barranquilla-en-barranquilla-3604036/)

El soldador inverter es relativamente nuevo e innovador, es la clase de soldador que tiene más ventajas cuando es comparado con un soldador convencional. Los soldadores inverter son de una tecnología sofisticada en comparación con los transformadores de aluminio de los soldadores tradicionales.

No se puede negar que los soldadores inverter fueron los primeros en ser introducidos, los soldadores inverter han creado muchas formas de solución de problemas, con la nueva tecnología, sin embargo, la tecnología inverter se ha convertido en la más confiable, el costo de efectividad tiene sus méritos.

La ventaja primordial es su tamaño ya que es pequeño, compacto y de una u otra forma el peso es ligero y portátil. Además, consumen menos energía y pueden operar normalmente con corriente local, bajo poder de consumo significa que puede funcionar a 110 V.

El soldador inverter puede ser conectado a 110 V en cualquier corriente local, al mismo tiempo la corriente de alto voltaje elimina la necesidad de usar un generador industrial, bajo poder de consumo significa que se ahorra el consumo total de energía. Adicionalmente, puede ser mejor aceptado en trabajos que necesiten una rapidez inmediata.

Lo más justo es pagar por las características extras de portabilidad y uso de corriente normal de la casa y mantener los problemas fuera de la unidad, comprar un soldador inverter, los soldadores inverter no dan posibles soluciones a los

problemas de soldador pero honestamente es un hito en el avance de tecnología inverter.

3.2.1.4 EQUIPOS RECTIFICADORES



Figura 3.17: Rectificador.

Fuente: Internet.

Los equipos rectificadores constan de un transformador (y/o un arreglo eléctrico) para convertir el voltaje de la línea, disminuyéndolo a los valores de trabajo (el transformador es usado también como aislación eléctrica del circuito de entrada respecto al de salida). El equipo complementa el transformador con un arreglo de diodos (semiconductores que dejan pasar la corriente eléctrica en un solo sentido). Esto implica convertir la corriente alterna de la red, con el voltaje reducido, en continua.

En general, los rectificadores se conectan en redes que proporcionan entradas trifásicas, a las tensiones usuales de 220/380 V. Sólo en el caso

de rectificadores de poca potencia se los conecta a una red monofásica de 220 V.

El transformador, acompañado de un correcto diseño, asegurará gran parte de la estabilidad del arco a la hora de soldar.

3.2.1.5 EQUIPOS GENERADORES



Figura 3.18: Generador.

Fuente: Catálogo de productos Infrasal sección generadores

Estos equipos producen corriente continua de baja tensión utilizada para soldar. Están compuestas por un motor, con el cuál es posible obtener energía mecánica bajo la forma de energía cinética. El movimiento es transmitido mediante un eje común al generador, lo cual permite obtener en éste la corriente adecuada para la soldadura.

Existen dos tipos comunes de máquina de soldar rotatorias, y están caracterizadas por su sistema de propulsión.

El motor que impulsa el generador puede ser eléctrico o de combustión interna. El generador puede ser de corriente continua (también llamando dinamo) o de corriente alterna. Cualquiera de las cuatro combinaciones es posible. Normalmente al conjunto motor eléctrico-dinamo se le denomina convertidor, y al conjunto motor de combustión interna-generador de corriente alterna se denomina grupo electrógeno de corriente alterna, siendo el conjunto motor de combustión interna-dinamo un grupo electrógeno de corriente continua. Los grupos electrógenos se utilizan cuando no existe energía eléctrica disponible. Tanto los convertidores como los grupos electrógenos se denominan equipos giratorios o dinámicos por tener un motor. Cada tipo de equipo tiene regulaciones mecánicas y/o eléctricas que dan las características propias de una fuente de soldadura estable.

Los electrodos normalmente utilizados son de tungsteno con Torio.

3.3 EQUIPOS PARA MONTAJE DE ESTRUCTURA METÁLICA

3.3.1 GRÚAS TORRE

3.3.1.1 GRÚAS AUTO MONTANTE

Su principal característica es la facilidad para su montaje. A diferencia de las grúas torre, el contrapeso está situado en la base ya que el giro se efectúa desde ésta. La altura y el radio de alcance son inferiores a los de la grúa torre.

La gama de grúas automontables existentes en el mercado es muy extensa. Las tres características principales son la altura útil bajo el gancho, la longitud de la

pluma y la capacidad de carga. De entre los líderes mundiales de fabricación de grúas automontables como Potain o Liebherr estos valores varían entre 16m y 34m; 20m y 50m; 600kg y 1.400kg respectivamente.



Figura 3.19: Grúa automontante.

Fuente: <http://www.tecnodealer.com.ar/gruas-torre/alquiler.html>

Constructivamente son dos tipos de estructura los que predominan. Por un lado existen las grúas con un mástil de viga-cajón. En este caso las grúas son de un tamaño muy reducido y el montaje se realiza mediante un pistón hidráulico que eleva el mástil y la pluma. Las más comunes y que permiten alturas mayores tienen el mástil fabricado con una celosía y la elevación del mismo se realiza con un sistema de cables y poleas.

Descripción general de los conjuntos de la grúa: La grúa automontable es un tipo de aparato de elevación cuya característica principal es la facilidad para su montaje. Para ello se compone de distintas conjuntos comunes a todos los tipos de grúas automontables. Estos conjuntos, son:

- Zócalo y estabilizador: Es la estructura de la grúa en contacto con el suelo. Sirve de base para el resto de conjuntos de la grúa.
- Chasis: Estructura apoyada en el zócalo mediante un gran rodamiento. Aquí van montados los principales elementos de la grúa, tales como los contrapesos, motoredutores o los tambores de enrollamiento. El mástil se coloca en un extremo del chasis mediante dos pasadores.
- Mástil exterior: Estructura en celosía de sección cuadrada, que adopta una posición vertical una vez montada la grúa. Es la parte inferior del mástil completo.
- Mástil interior: Es la parte superior del mástil que se aloja en el interior del mástil exterior cuando la grúa está desmontada. Por ellos sus dimensiones externas son las adecuadas para tener un mástil "telescópico".
- Puentes: Estructura montada sobre el mástil superior para "conducir" los esfuerzos de la pluma hasta el chasis de la grúa.
- Pluma trasera: Estructura en celosía de sección triangular, que adopta una posición horizontal. Es la parte de la pluma más próxima al mástil.
- Pluma delantera: Parte extrema de la pluma, de idénticas dimensiones a la pluma trasera. Va unida a ella mediante un pasador.
- Carro: Elemento que permite desplazar la carga a lo largo de la pluma, con un sistema de poleas para que la altura del gancho permanezca constante.
- Gancho: Elemento que permite, mediante una polea, elevar y descender la carga.

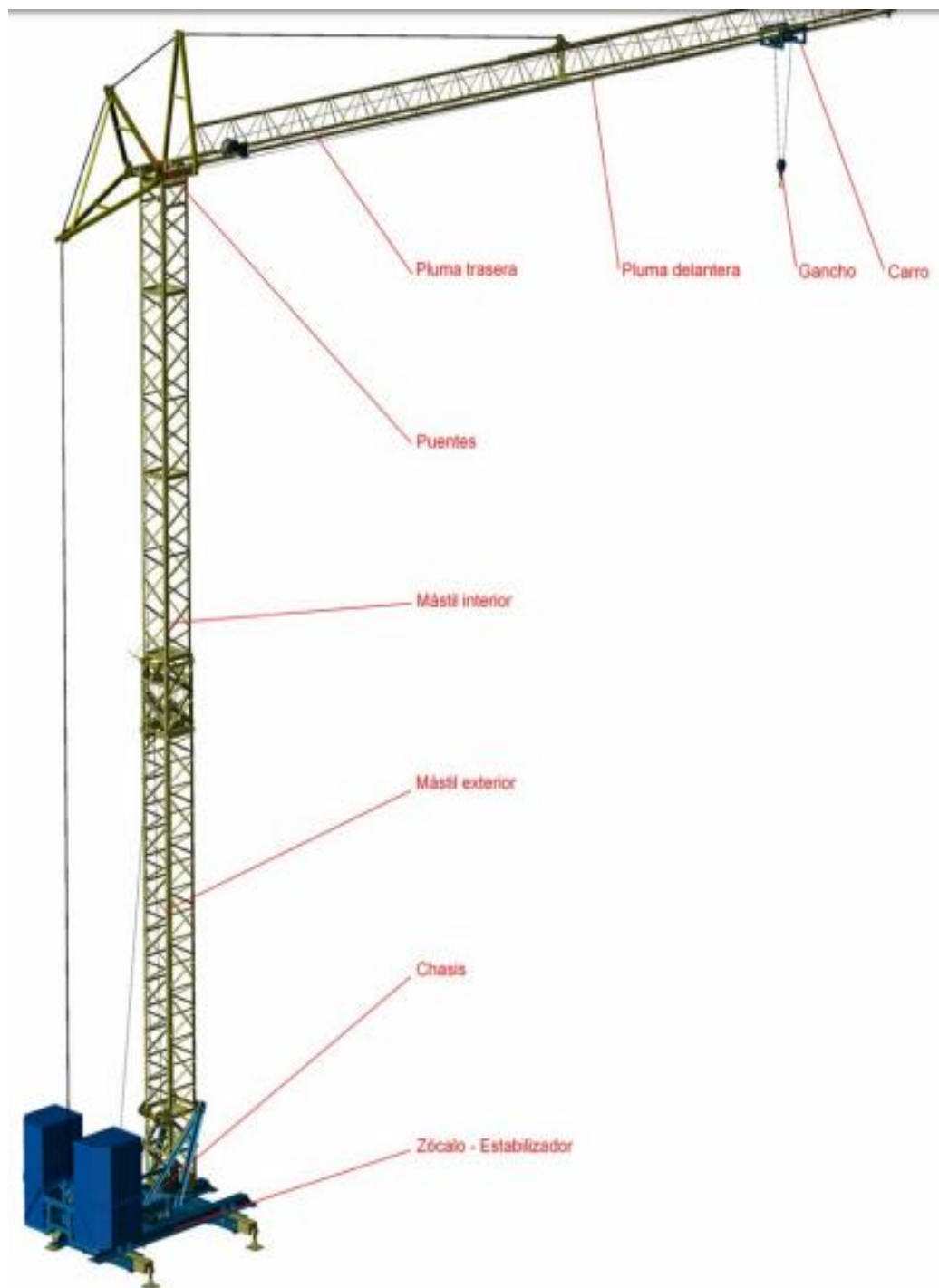


Figura 3.20: Partes de una torre automontante.

Fuente: <http://www.alquilerceao.es/ficha/658/Grua-Automontante.html>

3.3.1.2 GRÚAS TORRE MONTAJE ORDINARIO

Características:

La viga horizontal de celosía se le llama pluma y el pilar vertical se llama torre.

La grúa torre es una grúa moderna de balance. Ésta queda unida al suelo (o a alguna estructura anexa). Debido al alcance y a la altura que pueden desarrollar se utilizan mucho en la construcción de estructuras altas.

- La grúa tiene una base que está unida a la parte inferior de dicha torre.
- Cargas y descargas realizadas con gran frecuencia
- Efectúa muchos traslados entre emplazamientos varios.
- Donde más se utiliza la grúa torre es en obras de construcción,
- Tienen la capacidad para llegar a grandes alturas.

Grúa pluma

Las grúas de tipo pluma se caracterizan por tener la capacidad de elevarse en sí mismas, extendiéndose a lo largo o a lo ancho a través de diferentes tramos o secciones que se van engarzando una con otra a través de sistemas hidráulicos y/o mecánicos.

En estos tipos de grúa hay diferentes tipos de dispositivos en los cuales se basa el funcionamiento de la misma. El más frecuentemente usado es el dispositivo

que se aplica para el replegado de la pluma sobre una grúa pluma que realiza la distribución en forma horizontal y es de montaje rápido.

Este tipo de grúa se monta sobre un pie de pluma y una punta de pluma, articulados, entre sí, y atravesados por un sistema de cableado desde el mando del carro de la pluma distribuidora, hasta el sistema de poleas, que le permiten circular por encima de la pluma, articulando con los sistemas de poleas de la punta de la pluma que permite la articulación para el ascenso y descenso de las cargas, movimientos, etc.

Las grúas más características son las grúas torres, que alcanzan medidas de hasta 50 metros, que pueden movilizar entre 3 y 12 toneladas, alcanzan una movilidad de giro de hasta 20 metros. Cuentan con sistemas de ganchos, con bases auto estable, trasladable sobre rieles. Se mueve en tres tipos de velocidades de elevación y tres velocidades de giro, comandable con joysticks desde cabina, alimentación en 220/380 V-50 Hz-70 Kw

Partes de una grúa torre

La grúa torre está compuesta por varias partes que son fundamentales para realizar los trabajos en la construcción de una obra, estas partes son:

MASTIL: Es una estructura de celosía metálica de sección normalmente cuadrada, cuya principal misión es dotar a la grúa torre de altura suficiente.

Normalmente está formada por módulos de celosía que facilitan el transporte de la grúa. Para el montaje se unirán estos módulos, mediante tornillos, llegando todos unidos a la altura proyectada. Su forma y dimensión varía según las características necesarias de peso y altura.

En la parte superior del mástil se sitúa la zona giratoria que aporta a la grúa un movimiento de 360° horizontales. También según el modelo puede disponer de una cabina para su manejo por parte de un operario.

FLECHA: Es una estructura de celosía metálica de sección normalmente triangular, cuya principal misión es dotar a la grúa del radio o alcance necesario. También se le suele llamar pluma. Al igual que el mástil suele tener una estructura modular para facilitar su transporte.

Para desplazarse el personal especializado durante los trabajos de montaje, revisión y mantenimiento a lo largo de la flecha dispondrá de un elemento longitudinal, cable fiador, al que se pueda sujetar el mosquetón del cinturón de seguridad.

CARRO DE LA FLECHA: Consiste en un carro que se mueve a lo largo de la flecha a través de unos carriles. Este movimiento da la maniobrabilidad necesaria en la grúa torre. Es metálico de forma que soporte el peso a levantar.



Figura 3.21: Grúa torre.

Fuente: <https://www.gruasyaparejos.com/grua-torre/>

Grúa torre partes

En esta sección vemos la base de la grúa torre, los contrapesos, cables, ganchos y aparejos de carga y traslado.

CONTRAPESO: Son estructuras de hormigón prefabricado que se colocan para estabilizar el peso y la inercia que se produce en la flecha de la grúa. Deben

estabilizar la grúa tanto en reposo como en funcionamiento. Tanto estos bloques como los que forman el lastre deben de llevar identificado su peso de forma legible e indeleble.

CONTRAFLECHA: La longitud de la contra flecha oscila entre el 30 y el 35 % de la longitud de la pluma. Al final de la contra flecha se colocan los contrapesos. Está unido al mástil en la zona opuesta a la unión con la flecha.

Consta de una base robusta, formada por varios perfiles metálicos, encima de ellos se tiene una especie de pasarela para facilitar el paso del personal desde el mástil hasta los contrapesos. Las secciones de los perfiles dependerán de los contrapesos que se van a colocar.

LASTRE: Puede estar formada por una zapata enterrada o bien por varias piezas de hormigón prefabricado en la base de la grúa. Su misión es estabilizar la grúa frente al peso propio, al peso que pueda trasladar y a las condiciones ambientales adversas

CABLES Y GANCHO: El cable de elevación es una de las partes más delicadas de la grúa y, para que dé un rendimiento adecuado, es preciso que sea usado y mantenido correctamente.

Debe estar perfectamente tensado y se hará un seguimiento periódico para que, durante su enrollamiento en el tambor no se entrecruce, ya que daría lugar a aplastamientos.



Figura 3.22: Pluma torre grúa.

Fuente: <https://www.gruasyaparejos.com/grua-torre/>

La grúa torre más genérica está formada por cuatro motores eléctricos:

- Motor de elevación: Permite el movimiento vertical de la carga.
- Máquina de distribución: Da el movimiento del carro a lo largo de la pluma.
- Máquina de orientación: Permite el giro de 360°, en el plano horizontal, de la estructura superior de la grúa.
- Motor de translación: Desplazamiento de la grúa, en su conjunto, sobre carriles. Para realizar este movimiento es necesario que la grúa este en reposo.

La torre de la grúa puede empotrarse en el suelo, inmóvilizada sin ruedas o bien desplazable sobre vías rectas o curvas. Las operaciones de montaje deben ser realizadas por personal especializado.

Asimismo, las operaciones de mantenimiento y conservación se realizarán de acuerdo con las normas dadas por el fabricante.

3.3.2 GRÚAS CAMIÓN

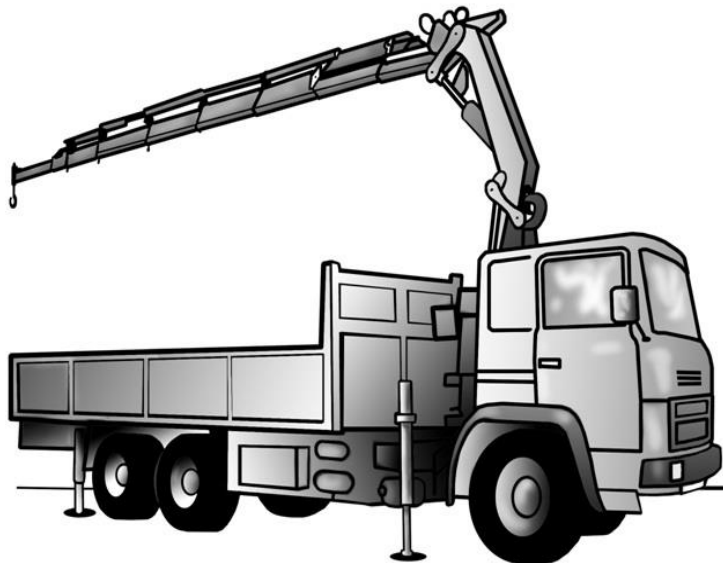


Figura 3.23: Grúa camión.

Fuente:

https://www.yapo.cl/biobio/negocios_maquinaria_construccion/busco_grua_camion_pluma_60807385.htm

Un camión grúa es aquel que, además del chasis, dispone de una grúa para facilitar las carga y descarga. Hablar de un camión grúa es hablar de un

vehículo indispensable en el sector de la construcción. Por su parte, el camión grúa pluma añade una herramienta diseñada para la elevación, carga y descarga de todo tipo de piezas y materiales hacia y desde el propio vehículo. La peculiaridad que aporta la pluma a un camión grúa es aumentar la capacidad de carga y elevación de los materiales.

Especial mención merecen los estabilizadores y su enclavamiento, que son los que confieren estabilidad al conjunto, y el riesgo que representa la posible presencia de líneas eléctricas aéreas dentro del radio de acción del brazo elevador.

Los camiones grúa deberán disponer de:

1. Protección de las manetas.
2. Manetas.
3. Gancho con pestillo.
4. Enclavamiento.
5. Estabilizadores
6. Latiguillos.
7. Cilindro hidráulico.
8. Brazo de elevación.
9. Vehículo portador.

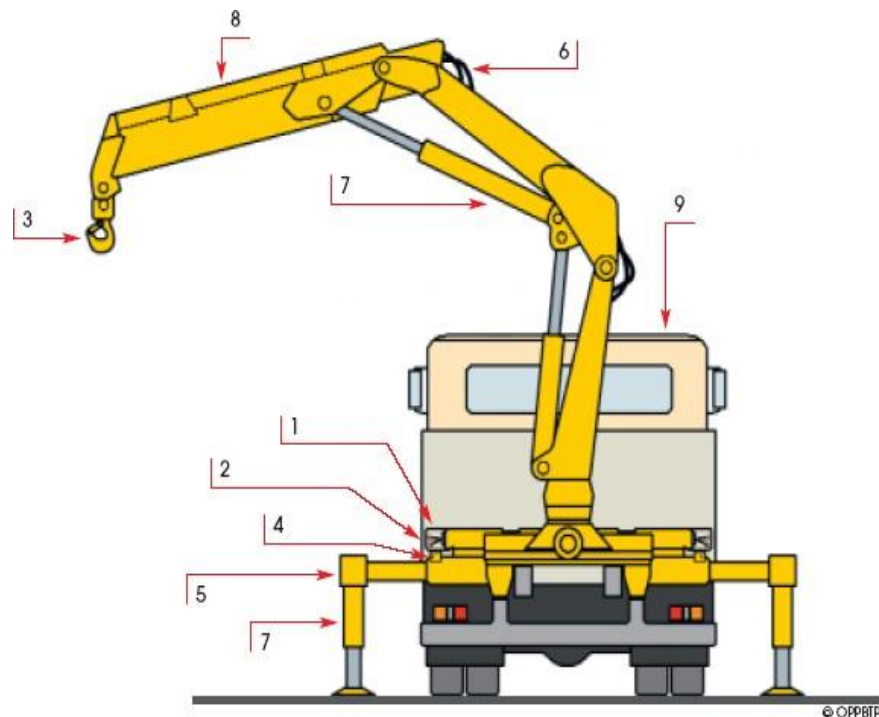


Figura 3.24: Partes camión grúa.

Fuente: <https://www.euroinnova.edu.es/Curso-Carnet-Operador-Camion-Pluma-Online>

3.3.2.1 CARACTERÍSTICAS CAMIÓN GRÚA PLUMA

- La pluma del camión ha sido diseñada para elevar, transportar, cargar y descargar todo tipo de cargas de forma sencilla y segura.
- Puede instalarse en la propia cabina o en la parte trasera del camión.
- Existen camiones grúa pluma de diferentes tamaños y capacidades de carga.

La característica que destaca del camión pluma frente a otros camiones grúa es que, además de poder cargar piezas y maquinaria de alto tonelaje, también es

capaz de elevarlas hasta grandes alturas para facilitar las tareas de construcción y reconstrucción de edificios de varias alturas.

3.3.2.2 CAMIÓN GRÚA PLUMA: USOS MÁS COMUNES

Según las necesidades que queramos cubrir, nos encontraremos con una variedad de camiones grúa con pluma, cada uno con sus características y peculiaridades, entre los que elegir y que será interesante considerar. Entre los usos más comunes del camión grúa con pluma encontramos:

- Camión grúa pluma en la construcción. Se emplea para elevar importantes cargas a gran altura, maquinaria o piezas de alto tonelaje desde el suelo hasta los distintos niveles de un edificio en construcción.
- Camión grúa pluma en la logística. Puede emplearse para transportar o elevar, por ejemplo, contenedores industriales de gran tamaño y peso.
- Camión grúa pluma para el rescate de personas o vehículos.

Dependiendo del uso que vaya a darse, se podrá escoger un camión grúa pluma con unas u otras características. Las diferencias radicarán en la capacidad de carga, la resistencia, el volumen del vehículo, el tonelaje que soporte... Sea cual sea el uso que le quieras dar al camión pluma, lo que está claro es que hablamos de un vehículo con el que vas a poder disfrutar de toda la potencia de un camión

con las mayores posibilidades de las grúas, todo ello integrado en un único vehículo.

3.3.3 GRÚAS TODOTERRENO



Figura 3.25: Grúa todoterreno.

Fuente: <https://www.obrasurbanas.es/grove-grua-taxi-gmk4090/>

Las grúas todo terreno se pueden considerar un híbrido entre la grúa sobre camión y una grúa RT (terreno rudo o rustico). Otra ventaja de esta grúa es su capacidad de múltiples funciones para viajar en cualquier clase de terreno; fuera de carretera como también para viajar en carreteras a altas velocidades.

Típicamente accionadas por uno o dos motores con los mandos operados hidráulicamente, las grúas todo terreno tiene la característica de una pluma telescópica con múltiples secciones extendidas y una impulsión automotora, de tracción a las ruedas.

Las Grúas Todo Terreno se mueven con facilidad por los terrenos más severos, pueden hacer frente a las condiciones más duras en el lugar de trabajo,

cumpliendo siempre con sus necesidades de elevación., cada aspecto está diseñado para elevar la carga y para proporcionar el máximo rendimiento y seguridad a su inversión.

Una gran característica de estas grúas es su versatilidad, por ser una unidad compacta y maniobrable en espacios reducidos debido a que cuenta con dirección independiente en cada eje y tener la misma capacidad girando los 360°, además de poder rodar con cargas suspendidas.

3.3.4 OTROS (TECLES, CABLES, ESLINGAS, ETC)

Cables de Acero

Se entiende por cable de acero al elemento fabricado con alambres de acero, trenzados ordenadamente con el objeto de desempeñar un trabajo determinado. También, el cable de acero se define como una combinación de partes que operan en conjunto para desempeñar un trabajo. Estos elementos, indispensables en toda operación industrial, se consideran “Componentes Crítico”, por cuanto su carencia o ruptura (falla), además de paralizar una operación, puede afectar la producción y productividad a causa de incidentes con daños a las personas, equipos, materiales y a las instalaciones de la empresa y, como consecuencia, producir pérdidas operacionales. La función principal de los cables es transmitir movimiento y/o soportar carga, siendo sus principales operaciones el levante y arrastre de cargas, ya sea en grúas, tecles, palas electromecánicas, huinches, plumas o pescantes, montacargas, ascensores,

equipos de remoción de tierra, etc. Se utilizan también en servicios estacionarios como vientos, tirantes o tensores, troles, soportes de puentes colgantes, etc. Debido a la diversidad de trabajos a que son destinados los cables, como a las condiciones ambientales a que están sometidos, existen cables con características físicas y mecánicas distintas en los materiales que lo forman y construcciones específicas que se adecúen a los esfuerzos a que se someterán.

Eslingas

La eslinga o cincha es una herramienta de elevación. Es el elemento intermedio que permite enganchar una carga a un gancho de izado o de tracción. Consiste en una cinta con un ancho o largo específico (varían según su resistencia, los modelos y los fabricantes) cuyos extremos terminan en un lazo (ojo).

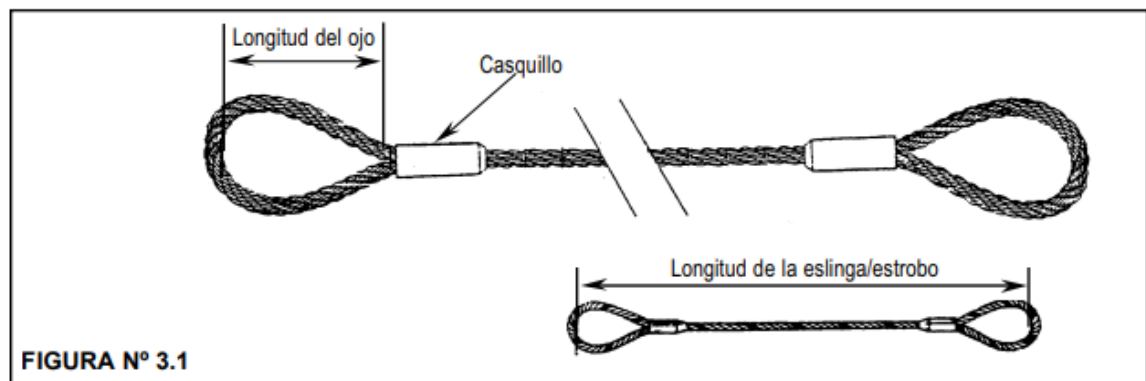


Figura 3.26 : Eslingas.

Fuente: <https://www.grainger.com.mx/producto/DAYTON-Eslinga-c-Cda-d->

Alambre%2C10L-pies%2CAcero/p/1DNE9

El material del que está hecha la eslinga puede ser material sintético (poliéster generalmente) o acero.

Las eslingas de acero pueden ser formadas por cables de acero o por cadenas.

Las eslingas son trozos cortos de cable de acero, con gazas u ojales en ambos extremos utilizados principalmente en la manipulación de cargas, materiales y equipos en general. Las gazas u ojales permiten la instalación de accesorios terminales para el manejo de materiales, afianzamientos estructurales de montaje, tracción de equipos y múltiples aplicaciones.

La resistencia de la eslinga, cuando son utilizadas como herramienta de elevación, depende del ángulo que tiene la eslinga con la vertical. Cuanto menor es el ángulo, es decir el tiro es más vertical, la eslinga aguantará más.

Tecles

Los tecles vienen a ser equipos de izaje o levante que agilizan las actividades del área de almacén y las labores de montaje. Existen tecles de cadena manuales, eléctricos o neumáticos, tecles de cable, entre otros.

3.3.4.1 TIPOS DE TECLES MÁS USADOS:

En el mercado actual existe una buena diversidad de configuraciones de tecles, que varían según el tipo de izaje, el sistema de montura y las fuentes de energía. Su uso y elección dependerá mucho de las necesidades del trabajo. A continuación, vamos a conocer los más usados por las empresas.

3.3.4.2 TECLES MANUALES DE CADENA

Estos tipos de tecles son perfectos para ayudar en el traslado de cargas extremadamente pesadas. Como su mismo nombre indica, usa cadenas como medio de izaje y son especiales para la elevación. La cadena es jalada mediante piñones, que luego es depositada en un contenedor especial.

Una de las características de los tecles de cadena es que no necesitan de mucho mantenimiento y son más económicos, en comparación a los tecles de cable de acero.

Estos equipos de levante son fundamentales en los trabajos de montaje y perfectos para trasladar grandes cargas gracias a la ayuda de las cadenas.



Figura 3.27: Teclé de cadena.

Fuente: <https://csbeaver.com/blog/tecles-de-cable-tecles-de-cadena/>

3.3.4.3 TECLES MANUALES DE CABLE

Este tipo de tecle está conformado principalmente por un cable de acero, que va unido a un tambor donde se enrolla con el fin de levantar la carga. Igualmente, tienen la particularidad de tener una alta resistencia y se puede izar materiales de varias toneladas de peso. Son muy usados para trabajos extremos de carga pesada en minerías, logística, etc.

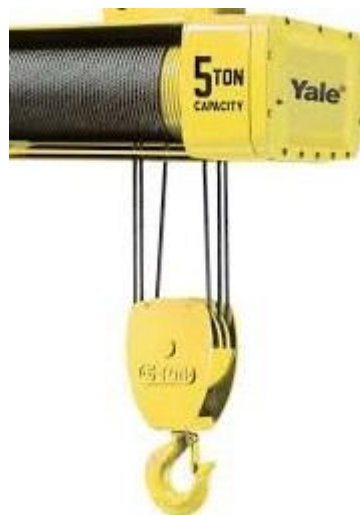


Figura 3.28: Tecele de cable.

Fuente: <https://csbeaver.com/blog/tecles-de-cable-tecles-de-cadena/>

3.3.4.4 ANDAMIOS

Armazón desmontable constituido por tablas o planchas metálicas y tubos que se levanta provisionalmente para subir a lugares altos y poder trabajar, para realizar el montaje de estructuras metálicas de edificios, es necesario utilizar

andamios ya que los trabajos que se realizan por lo general son en alturas, en especial para el proceso de soldadura y pintura.



Figura 3.29: Andamios.

Fuente: https://es.123rf.com/photo_76786662_sitio-de-construcci%C3%B3n-residencial-con-andamios-y-gr%C3%BAa.html

3.3.4.5 PLATAFORMAS ELEVADORES

Una plataforma elevadora es un dispositivo mecánico diseñado para permitir realizar trabajos en diferentes alturas.

La plataforma elevadora móvil de personal (PEMP) es una máquina móvil destinada a desplazar personas y pequeñas herramientas hasta una posición de trabajo, con una definida posición de entrada y salida de la plataforma; está constituida como mínimo por una plataforma de trabajo con órganos de servicio, una estructura extensible y un chasis.

Generalmente se utilizan para trabajos industriales a altura, y que precisen de libertad de movimiento. Disponen de una cesta donde el operario maneja la máquina gracias a un panel de control, controlando parámetros como altura, ángulo, posición o velocidad.

3.3.4.5.1 PARTES DE UNA PLATAFORMA ELEVADORA.

- Plataforma de trabajo: formada por una bandeja rodeada por una barandilla de al menos un metro de altura y con rodapiés para evitar la caída de pequeños materiales a tercero.
- Estructura extensible, estructura unida al chasis sobre la que está instalada la plataforma de trabajo, permitiendo moverla hasta la situación deseada.
- Chasis, es la base de la plataforma elevadora. Puede ser autopropulsado, empujado o remolcado; puede estar situado sobre el suelo, ruedas, cadenas, orugas o bases especiales; montado sobre remolque, semi-remolque, camión o furgón; y fijado con estabilizadores, ejes exteriores, gatos u otros sistemas que aseguren su estabilidad.

- Existen Plataformas elevadoras de tipo tijera, principalmente usadas para manejo de materiales, ayudan en la industria a los obreros a tener mejor ergonomía en los procesos productivos.

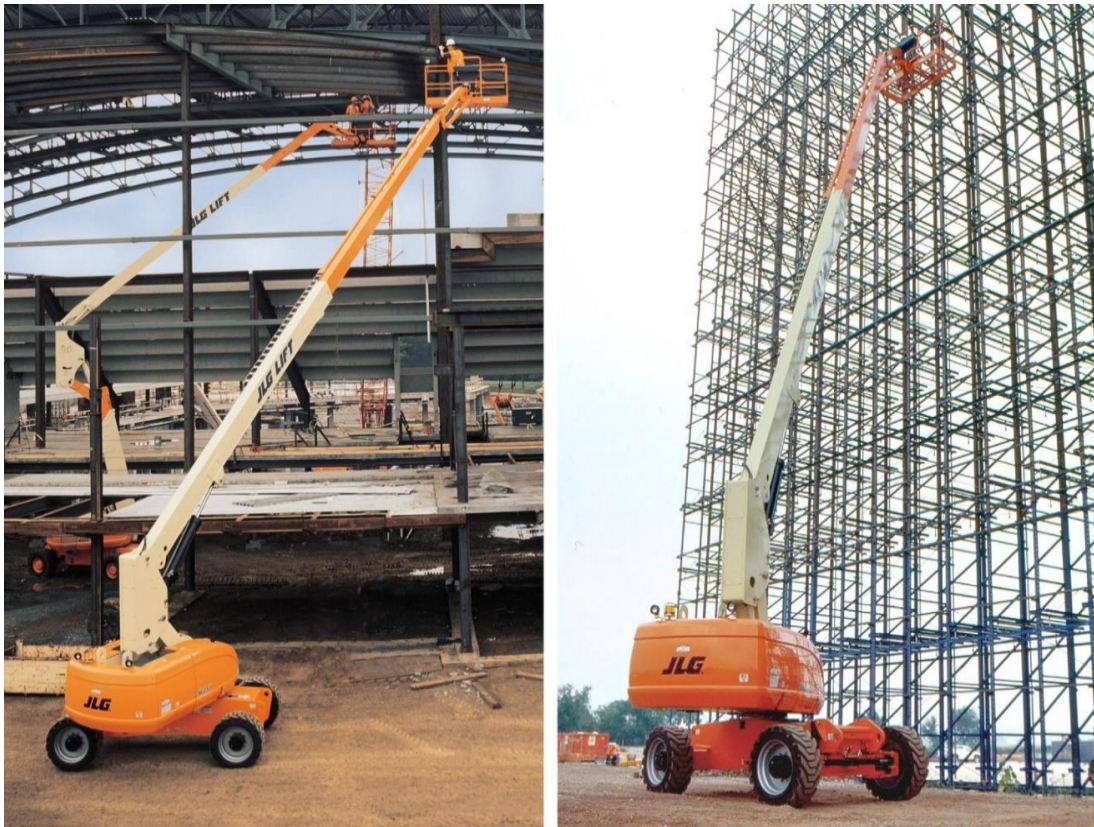


Figura 3.30: Plataforma elevadora.

Fuente: <https://autoescuela-barcelona.com/es/maquinaria/plataforma-elevadora/>

CAPÍTULO

4

4.0 MONTAJE DE ESTRUCTURA METÁLICA

4.1 TRANSPORTE

La gestión en cuanto al transporte debe ir en función de suplir las necesidades del espacio asignado para la obra. El transporte y almacenamiento de todos los materiales son responsabilidad exclusiva del contratista de obra y los realizará de tal forma que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra.

El transporte de láminas, perfiles y todo lo que implica la fabricación del edificio se debe realizar de manera que estos no sufran ningún daño causado por el inadecuado embalaje de los mismos. Para evitar daños físicos, se acondicionan en cunas que imposibilitan el movimiento y contacto entre el material a utilizar.

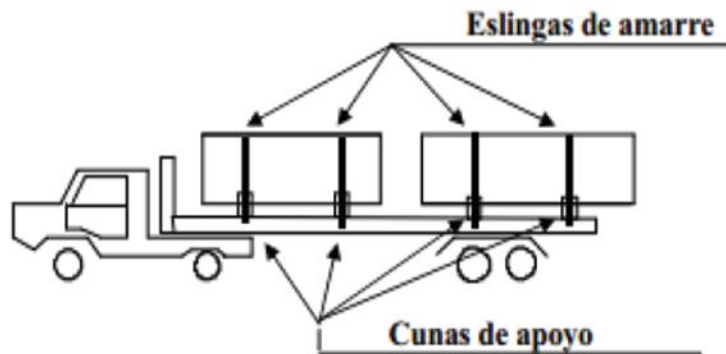


Figura 4.1: Maniobras de transporte de Estructuras Metálicas.

Fuente: Elaboración de procedimientos de fabricación y montaje de Estructuras de Acero.

Cuando el transporte se realice en camiones sin techo, es necesario utilizar un protector plástico para evitar corrosión.

Para obtener los precios más bajos de transporte, la carga no debe sobresalir del ancho (2.50 mts) ni del largo (12.20 mts) de las plataformas de los trailers. La altura máxima de la carga es de 4.50 mts, pero no hay que confiarse de estos datos porque hay muchos pasos a desnivel que no llegan a esta altura.

La decisión de la altura a que se cargan los camiones es generalmente del fabricante, pero el ancho y el largo de las piezas es cuestión de su diseño. Se busca generalmente que las columnas de las edificaciones alcancen cuatro o más niveles de entresijos. Si éstos son de más de 3.00 mts, entonces la longitud de la pieza resulta mayor que los 12.20 mts mencionados.

No hay que preocuparse por esto si las piezas sobresalen del camión hasta metro y medio, pero si sobresalen más de esto entonces se aplica una cuota adicional al flete. Pueden transportarse en estas condiciones piezas de 20.00 mts o más de largo y la decisión que tiene que tomarse, generalmente por el diseñador junto con el fabricante, es si es más conveniente hacerle a la pieza una conexión o pagar el flete adicional; muchas veces ésta es la solución más económica.

Por lo que respecta al ancho, generalmente puede sobresalir de los lados de la plataforma hasta 30 cms sin encarecer el flete, pero a medida que aumenta el ancho de las piezas el costo del flete se dispara, siendo a veces en el caso de piezas muy anchas, que cuesta más el flete que la estructura.

Hoy en día puede decirse que en nuestro país es posible transportar piezas casi de cualquier tamaño y de cualquier peso, claro está que, a mayor tamaño y peso,

mayor será también el costo de transporte, pero el trabajo en campo disminuirá si las piezas se ensamblan en taller, donde se tiene la ventaja de contar con mejores medios de manejo, con más equipo y con personal especializado.

Por parte de la logística encargada de la obra, se debe de adecuar el acceso apto para permitir la entrada de camiones tipo tráiler. Se debe limitar el acceso a camiones de acceso estrechos o con limitaciones de peso, además la pendiente máxima que admiten este tipo de camiones es del 6%. Los tráileres utilizados como medio de transporte deben cumplir con las leyes de tránsito vigentes. La descarga de los elementos constituyentes en la obra se realizará con la ayuda de grúas o elementos adecuados al peso.

Al recibir el material, deberá hacerse la selección cuidadosa de este, seleccionándolo de acuerdo con las longitudes y secciones requeridas, con objeto de evitar pérdidas de operación del material en el taller.

4.2 ALMACENAMIENTO

El almacenamiento de piezas en obra se efectúa de manera ordenada y sistemática. Teniendo en cuenta el orden de montaje, se disponen las piezas con su correspondiente identificación a la vista, ya marcada con anterioridad en el taller.

La manipulación de piezas requiere de mucho cuidado, deben protegerse cada uno de los elementos en todas las zonas donde se coloquen cadenas, ganchos,

estrobos o cualquier accesorio que se emplee para elevación y manipulación de las piezas de la estructura.

4.3 PLANOS DE TALLER

El fabricante de la estructura, basándose en los planos de Proyecto asignados para la fabricación de la estructura, realizará los planos de taller para definir completamente todos los elementos de la estructura metálica, debiendo comprobar en obra las cotas de proyecto y la compatibilidad con el resto de la construcción.

Los planos de taller contendrán en forma completa:

- Las dimensiones necesarias para definir claramente todos los elementos de la estructura, las cuales generalmente están dadas en mm (milímetros).
- La disposición o arreglo de las uniones, incluso las provisionales.
- El diámetro de los agujeros de los tornillos, con la clara indicación de la forma o método como deben de realizarse (cizalla, taladro u otro método), se deberá indicar también la clase y diámetro de los tornillos.
- La forma y dimensiones de las uniones soldadas, preparación de bordes, procedimientos y posición de la soldadura, las características del material de aportación y orden de ejecución si es éste necesario.

Los planos de taller se prepararán antes de iniciar la fabricación de la estructura detallando la pieza a elaborar con plantas, cortes, detalles de fabricación de la

estructura y anotaciones para su manufactura (tipo de perfil, electrodos, tipo de soldadura).

Tanto en los planos de fabricación y de montaje como en los dibujos y esquemas de las memorias de cálculo deben indicarse las soldaduras por medio de símbolos que representen claramente, y sin ambigüedades, su posición, dimensiones y características, preparaciones en el metal base. En todos los casos deben indicarse, con toda claridad, los remaches, tornillos o soldaduras que se colocarán en el taller y aquellos que deben instalarse en la obra. En los planos de anclas se indicarán todos los elementos que deben quedar ahogados en la cimentación o en la estructura de concreto en la que se apoye la estructura metálica, y que son necesarios para transmitir las acciones que cada una de ellas ejerce sobre la otra.

Las soldaduras requieren información más explícita, puesto que su localización no es tan obvia como la de los orificios para los pernos. Los símbolos de ranura o biseles para soldaduras a tope se pueden ver a continuación.

R A N U R A							
Cuadrada	Inclinada o de empalme	V	Bisel	U	J	Abocinado en V	Abocinado en bisel

Figura 4.2: Símbolos para soldadura de taller y de campo.

Fuente: "Manual del Soldador INFRA".

En los planos de taller deben dejarse tolerancias para el empleo de calzas, que se implantaran cuando sea necesario para el alineamiento con otras estructuras, así también colocar claves de identificación en cada plano de taller de manera que los lotes de embarque de las estructuras metálicas puedan ser identificados con las listas de embarque y con los planos de montaje en la obra. Los dibujos de taller se harán siguiendo la práctica más moderna y en su elaboración se tendrán en cuenta los factores de rapidez y economía en fabricación y montaje que sean significativos en cada caso.

Soldadura todo alrededor	Soldadura de campo	Penetración completa	Inserto consumible (plano)	Respaldo o separador (rectangular)	Contorno		
					A ras o plano	Convexo	Cóncavo

Figura 4.3: Símbolos para soldadura de taller y de campo.

Fuente: "Manual del Soldador INFRA".

4.4 CORTES

El corte de los elementos estructurales debe realizarse teniendo en cuenta las siguientes indicaciones:

- Si el corte es recto se controla mediante topes, en el caso de cortes con forma,
- Los bordes del corte deben estar libres de rebabas, filos o irregularidades.

- Los cortes realizados deben regirse a los planos de taller, los cuales son la guía para la realización de cortes, perforación de agujeros y realización del tipo de soldadura.

Los cortes pueden hacerse, plasma o soplete oxiacetileno. Los cortes con soplete requieren un acabado correcto, libre de rebabas. Se admiten muescas o depresiones ocasionales de no más de 5 mm de profundidad, pero todas las que tengan profundidades mayores deben eliminarse con esmeril o repararse con soldadura. Si se requiere un contorno específico, se indicará en los planos de fabricación.

Las preparaciones de los bordes de piezas en los que se vaya a depositar soldadura pueden efectuarse con soplete.

Los extremos de piezas que transmiten compresión por contacto directo tienen que prepararse adecuadamente por medio de cortes muy cuidadosos, cepillado u otros medios que proporcionen un acabado semejante.



Figura 4.4: Realización de corte con soplete.

Fuente: "METALTICA S.A DE C.V.".

4.5 LIMPIEZA Y CEPILLADO

Todos los perfiles estructurales que deben pintarse se limpiarán con solventes para eliminar los depósitos de aceite, grasa, polvo u otros compuestos químicos que impidan la aplicación de la pintura. En el caso de que aparezcan zonas oxidadas después de haber preparado la superficie, éstas deberán ser nuevamente limpiadas.

Las superficies en que se vaya a depositar la soldadura se limpiarán cepillándolas vigorosamente, a mano, con cepillo de alambre, o con chorro de arena, para eliminar escamas de laminado, óxido, escoria de soldadura, basura, debiendo quedar tersas, uniformes y libres de rebabas, y no presentar desgarraduras, grietas u otros defectos que puedan disminuir la eficiencia de la junta soldada. Se permite que haya costras de laminado que resistan un cepillado vigoroso con cepillo de alambre. Siempre que sea posible, la preparación de bordes por medio de soplete oxiacetilénico se efectuará con sopletes guiados mecánicamente.



Figura 4.5: Limpieza y cepillado de Estructuras Metálicas.

Fuente: "METALTICA S.A DE C.V."

4.6 APLICACIÓN DE PINTURA

Las pinturas y disolventes deberán ser almacenados en lugares con buena ventilación y alejados del calor, del fuego, de las chipas y de los rayos solares. El mezclado de los componentes de la pintura se realizará de acuerdo con las instrucciones del fabricante el mismo que indicará el periodo de caducidad de los productos mezclados.

El objeto de la pintura de taller es proteger el acero durante un periodo de tiempo corto y puede servir como base para la pintura final, que se efectuará en obra. A menos que se especifique otra cosa, las piezas de acero que vayan a quedar cubiertas por acabados interiores del edificio no necesitan pintarse y las que vayan a quedar ahogadas en concreto no deben pintarse.

Todas las superficies que se encuentren a no más de 5 cm de distancia de las zonas en que se depositaran soldaduras de taller o de campo deben estar libres de pintura para obtener soldaduras sanas o que no produzcan humos perjudiciales, así también no se aplicará pintura sobre las superficies en las conexiones de deslizamiento crítico. Las superficies que sean inaccesibles después del armado de las piezas deben pintarse antes.

Todo el material restante recibirá en el taller una mano de pintura anticorrosiva, aplicada cuidadosa y uniformemente sobre superficies secas y limpias por medio de brocha, pistola de aire, rodillo o por inmersión.

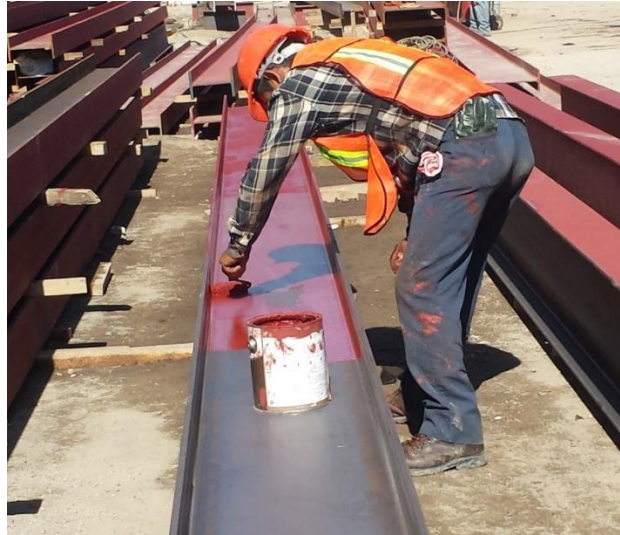


Figura 4.6: Aplicación de pintura en Estructuras Metálicas.

Fuente: “METALTICA S.A DE C.V.”

4.7 ANCLAJE

Los anclajes son armaduras metálicas que se utilizan para dar estabilidad a la estructura durante el montaje de los demás elementos, lo cual permite que durante este proceso se pueda seguir instalando los elementos, los cuales una vez que se han montado se fijan mediante pernos, que son los encargados de dar estabilidad a toda la estructura.

Antes de iniciar el montaje de la estructura se revisará la posición de las anclas, que deben ser colocadas previamente y en caso de que haya discrepancias, en planta o en elevación, con respecto a las posiciones mostradas en planos, se tomarán las precauciones necesarias para corregirlas o compensarlas.



Figura 4.7: Anclaje de Estructuras Metálicas.

Fuente: "METALTICA S.A DE C.V."

4.8 CONEXIONES PROVISIONALES

Durante el montaje, los diversos elementos que constituyen la estructura metálica deben sostenerse individualmente o ligarse entre sí por medio de tornillos, pernos o soldaduras provisionales que proporcionen la resistencia requerida, bajo la acción de cargas muertas, esfuerzos de montaje, viento o sismo, así mismo, deben tenerse en cuenta los efectos de cargas producidas por materiales y equipo de montaje cuando se esté trabajando en niveles superiores y haya cuadrillas trabajando en los niveles inferiores.

Cuando sea necesario, se colocará en la estructura el contraventeo provisional requerido para resistir los efectos mencionados.

4.9 SECUENCIA EN EL MONTAJE

El orden en el cual el acero debe ser fabricado y despachado al sitio será planeado con anticipación de tal manera que no entre en conflicto con el programa de construcción del montador, si el acero va ser montado con grúas, las localizaciones aproximadas en las cuales se van a colocar las grúas determinarán las partes o secciones de la estructura que se tendrán que transportar en el embarque.

Previamente al montaje de la estructura metálica, estará ejecutada la cimentación correspondiente, respetando todas las cotas de proyecto y provista ésta de sus correspondientes elementos de unión con la estructura (anclas) debiendo coincidir con los planos de taller y montaje.

La práctica inicial es levantar y colocar primero todas las columnas en cada piso, después las vigas exteriores para crear los confinamientos de los muros y subsecuentemente las vigas interiores con las vigas secundarias.



Figura 4.8: Secuencia de montaje.

Fuente: "METALTICA S.A DE C.V."

Existe una secuencia establecida para llevar a cabo las conexiones, la cuadrilla encargada del levantamiento conecta los miembros entre sí con pernos temporales de fijación o soldadura provisional cuidando que las piezas queden alineadas, la cantidad de pernos debe ser mínima, suficiente para llevar la junta hasta su ajuste y soportar la acción de carga muerta, el viento y los esfuerzos de montaje.

Las conexiones permanentes se hacen tan pronto el alineamiento esté dentro de los límites de tolerancia ya que, por lo común, la sujeción permanente de los pernos o soldaduras se hace a continuación con la cuadrilla de levantamiento. Algunas veces esta última cuadrilla se desplaza más rápido que la cuadrilla que hace las conexiones permanentes, en cuyo caso puede ser prudente saltar a un piso de por medio obteniendo conexiones permanentes tan próximas como sean posibles a la grúa.

Algunos montadores prefieren utilizar pernos de alta resistencia de manera permanente para la fijación temporal. Porque estos pernos no se aprietan a la tensión mínima especificada, pueden dejarse en su lugar y después apretarlos de la manera exigida para la instalación permanente.

4.10 TOLERANCIAS PARA EL ALINEADO Y NIVELADO

Las variaciones en las dimensiones en el campo a menudo son una consecuencia de las variaciones admisibles en el laminado del acero y en la fabricación en el taller.

Es una práctica estándar compensar en los detalles de taller para ciertas variaciones en la planta de fabricación. Los ajustes se hacen en la obra, usualmente con espacios libres y calzas.

Las tolerancias de montaje están especificadas en Código Estándar para la Construcción de Edificios de Acero y Puentes AISC-303, algunas de sus observaciones son las siguientes:

4.10.1 ALINEAMIENTOS VERTICALES O PLOMOS

La verticalidad de las estructuras debe encontrarse dentro de las tolerancias establecidas en el código, sin embargo se deben comparar con las tolerancias de otros elementos adyacentes a ellas, tal es el caso de las paredes, fascias, etc. Con el objetivo de poder dejar la coherencia entre los elementos estructurales y arquitectónicos y poder darle la mejor vistosidad planificada por el arquitecto, a la obra.

Definiciones a tomar en cuenta dentro del establecimiento de las tolerancias:

Puntos de trabajo: son puntos normales a la línea establecida de columnas, adyacentes a la base de las mismas, y deben estar a más o menos $\frac{1}{4}$ de pulgada de dicha línea, tal como se muestra en la siguiente figura.

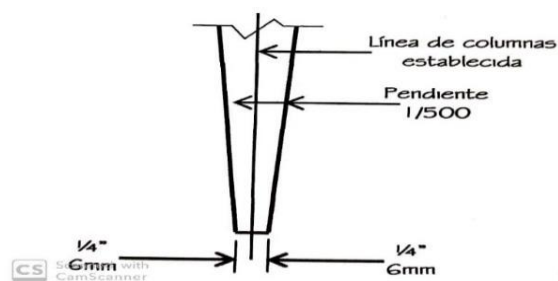


Figura 4.9: Ubicación de puntos de trabajo en la base de columnas.

Línea de trabajo: es la línea que une dos puntos de trabajo. Dichos puntos deben estar en proyección vertical uno sobre el otro (o alineados horizontalmente uno con otro) de ser posible, sin embargo pueden estar desalineados verticalmente uno del otro dentro de la tolerancia de más o menos $\frac{1}{4}$ de pulgada, uno del otro.

Desplome: es la pérdida de verticalidad a la medida se avanza en altura, en cualquier elemento. Para un perfil rolado, utilizado como columna, el desplome debe estar dentro de la desviación de $1/500$ entre dos puntos de trabajo, bajo las limitaciones siguientes:

- a)** Para una columna individual adyacente a un elevador: el desplazamiento del eje de columnas adyacentes a él, medido con respecto al eje teórico, no es mayor de 25 mm en ningún punto en los primeros 20 pisos. Arriba de este nivel, el desplazamiento puede aumentar 1 mm por cada piso adicional, hasta un máximo de 50 mm.
- b)** Para una columna individual exterior: el desplazamiento respecto a la línea de trabajo debe ser máximo de 1 pulgada (25 mm) y de 2 pulgadas (50 mm) en los primeros 20 niveles respecto a la línea del edificio. Arriba de este nivel se permite un incremento de $1/16$ pulgadas (2 mm) por cada nivel adicional hasta obtener un máximo de 2 pulgadas respecto a la línea de trabajo y de 3 pulgadas (75 mm) respecto a la línea del edificio

4.10.2 ALINEAMIENTOS HORIZONTALES

Debido a las condiciones de trabajo en el lugar del desarrollo del proyecto, condiciones de equipo, mano de obra, errores de fabricación de los perfiles (dentro de sus propias tolerancias), etc. Puede que los elementos no queden alineados unos respecto de otros, tal como se define en el diseño estructural, sin embargo el AISC, establece valores de tolerancia permisibles para el desalineamiento horizontal de los mismos, así:

- a) Para elementos horizontales empalmados en campo: el desalineamiento no debe exceder la pendiente de 1/500 a partir de los puntos de soporte, o sea, a partir de los apoyos o nudos.
- b) Para elementos verticales: el código establece una tolerancia máxima de 1 ½ pulgada (38 mm) por cada 300 pies de longitud (90,000 mm) agregándole ½ pulgada (13 mm) por cada 100 pies (30,000 mm) adicionales de longitud, pero hasta un máximo de 3 pulgadas (75 mm) en toda la longitud del edificio.

4.10.3 TOLERANCIAS DIMENSIONALES

Los elementos estructurales deberán ajustarse a las tolerancias dimensionales de fabricación expuestas a continuación, en caso de utilizar tolerancias diferentes, estas deben ser registradas en el plano correspondiente del elemento estructural. Tomando L como la distancia desde el punto que comienza la desviación especificada hasta el punto de apoyo más cercana en mm, la

tolerancia para esa desviación se calcula como $L/800$. L debe ser igual o inferior a la mitad de la distancia. En el pliego de especificaciones del proyecto deberán estar registradas las tolerancias utilizadas a lo largo de la fabricación y montaje de la estructura.

Todo elemento estructural fabricado en el taller cumplirá con las siguientes tolerancias dimensionales:

- Para miembros con extremos de apoyo por contacto aislados una variación de 1 mm en la longitud total es aceptable.

- Los miembros con extremos para apoyo por contacto sin aislar que deberán ser ensamblados podrán tener una variación en la longitud de no más de 2 mm para miembros de 10 mts de longitud, y no más de 3 mm para miembros con longitud mayor a 10 mts.

- La tolerancia en la desviación de la rectitud de miembros en compresión es $1/1000$ de la distancia entre soportes laterales.

- Los miembros estructurales terminados deben estar libres de torceduras, dobleces, juntas abiertas o deformaciones del material, de existir serán causa de rechazo del elemento.

- Si los miembros estructurales requieren de contra flechado, la tolerancia de taller permitida está especificada en el rango desde cero a 13 mm para miembros de 15 metros de longitud o menor, para miembros de mayor longitud en el rango desde cero a 3.2 mm por cada 3 metros de longitud.

- Las tolerancias longitudinales, se definen en la siguiente tabla:

Tolerancias dimensionales	
Longitud en mm	Tolerancias en mm
Hasta 1000	± 2
De 1001 a 3000	± 3
De 3001 a 6000	± 4
De 6001 a 10000	± 5
De 10001 a 15000	± 6
De 15001 a 25000	± 8
De 25001 o mayor	± 10

Tabla 4.1: Tolerancias dimensionales.

4.11 ARMADO DE ESTRUCTURAS SOLDADAS

Se consideran los procedimientos de soldadura en campo, las técnicas, los materiales, equipos, las tolerancias, la apariencia y calidad de las soldaduras, ya que resulta imposible trasportar grandes piezas conectadas del taller a la obra, por lo cual la mayor parte de las conexiones se soldan en campo.

Procedimiento a desarrollar:

1. Preparación del material.

Las superficies en que se vayan a depositar soldadura deberán estar tersas, uniformes, libres de rebabas y no presentar desgarraduras, grietas u otros defectos que pueden disminuir la eficiencia de la junta soldada; se permite que haya costras de laminado, un recubrimiento anticorrosivo delgado, o un compuesto para evitar las salpicaduras de soldadura.

2. Pre calentamiento.

Las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas, mencionan que en el orden en que se va ir ejecutando el procedimiento de soldadura en campo inicia con el pre calentamiento del material antes de depositar la soldadura, las superficies de los perfiles estructurales deben pre calentarse a una temperatura capaz de no provocar la formación de grietas. Esa temperatura debe conservarse durante la colocación de la soldadura, en una distancia cuando menos igual al espesor de la parte soldada más gruesa, pero no menor de 75 mm, en todas las direcciones, alrededor del punto en el que se está depositando el metal de aportación.

3. Procedimientos de armado y soldadura de campo.

Las partes por soldar se mantendrán en su posición correcta hasta terminar el proceso de soldadura, mediante puntos provisionales de soldadura. Los puntos de soldadura provisionales deben cumplir los mismos requisitos de las soldaduras finales; si se incorporan en éstas, se harán con los mismos electrodos que ellas, y se limpiarán cuidadosamente; en caso contrario, se removerán con un esmeril hasta emparejar la superficie del metal base.

La función principal de la secuencia de soldadura es controlar la deformación del perfil debida principalmente a los efectos del calor de la soldadura. La aplicación de calor en un tiempo corto tiende a producir mayor distorsión.

Por lo tanto, se debe soldar por etapas para las uniones grandes, con suficiente tiempo entre cada etapa para asegurar una completa dispersión del calor requerido durante el precalentamiento.

Si se solda sobre el patín de una columna metálica, esta tiende a curvarse hacia el lado en que se enfría el lado soldado, debido a los esfuerzos de contracción. Para evitar ese fenómeno se tendrá que soldar simultáneamente ambos lados, de esta manera se evita la contracción de los patines y la columna permanece nivelada.

Cuando no es factible la soldadura simultánea, entonces el procedimiento es soldar por etapas. Primero se aplicará soldadura en un 60% de la longitud total de la conexión de la primera viga.

Posteriormente la junta sobre el patín opuesto puede ser soldado en su totalidad, finalmente soldar lo que falta de la primera viga.



Figura 4.10: Tipos de soldaduras.

Fuente: "manual del soldador INFRA".

Las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas, mencionan que las piezas entre las que se van a colocar soldadura de filete deben ponerse en contacto; cuando ésto no sea posible, su separación no excederá de 3 mm. Si la separación es de 1.5 mm, o mayor, el tamaño de la soldadura de filete se aumentará en una cantidad igual a la separación.

Las partes que se vayan a conectar con soldadura de ranura deben alinearse cuidadosamente, corrigiendo faltas en el alineamiento mayores $1/10$ del grueso de la parte más delgada, y también las mayores de 3 mm.

La experiencia ha mostrado que es una buena práctica comenzar la soldadura en o cerca del centro de un edificio y trabajar hacia afuera. Las columnas deben de verificarse con frecuencia para el alineamiento vertical, porque la contracción en las columnas tiende a acortar la distancia entre las columnas.

Algunas veces la contracción de las columnas provoca que se acorten sus longitudes, para corregir este fenómeno, se agregan placas de relleno o reconstruyendo con metal de soldadura para poder continuar con las conexiones de columna-viga.

4.12 ARMADO DE ESTRUCTURAS EMPERNADAS

Las conexiones emperradas presentan ciertas características que las hacen más o menos apropiadas dependiendo de la aplicación. Las principales ventajas de las conexiones emperradas están en la rapidez de ejecución, el bajo nivel de calificación requerido para construir las, la facilidad de inspección y reemplazo de

partes dañadas y la mayor calidad que se obtiene al hacerlas en obra comparadas con conexiones soldadas.

El uso de pernos de alta resistencia sustituyó la aplicación de remaches a las estructuras metálicas. Esta revolución en el uso de otros materiales se logró porque los pernos pueden ser cargados a tensión, cortante o combinación de tensión y cortante además que su colocación es más sencilla y práctica que la de los remaches. El empleo de pernos de alta resistencia se hará de acuerdo con la última versión de las Especificaciones para Uniones Estructurales con pernos ASTM A325 ó A490 de origen estadounidense.

1. Perforaciones para construcción empernadas.

Las piezas terminadas en taller son trasladadas a otra sección de la manufactura para ser barrenadas con respecto a los planos.

Existen dos formas de realizar los agujeros, punzonándose o taladrándose la estructura metálica.

El taladrado es el principal método para fabricación de agujeros u orificios, por su alta productividad y bajo costo por orificio.

a) Perforaciones estándar (STD).

Las perforaciones estándar son aquellas en las que se aumenta en 1/16 de pulgada el diámetro nominal del perno, esto con el fin de brindar una holgura en lo referente a los montajes estructurales. Los agujeros STD son recomendados

a utilizar por AISC (Instituto Americano de Construcción en Acero, por sus siglas en ingles) para la mayoría de las aplicaciones.

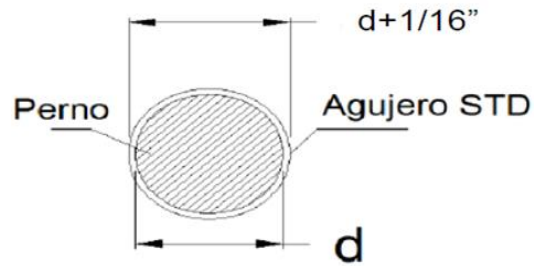


Figura 4.11: Agujero estándar (STD).

Fuente: "American Institute of Steel Construction (AISC)".

b) Perforaciones Sobredimensionadas (OVS).

Proporcionan una mayor holgura para alojar los pernos de alta resistencia, se aumentan $3/16$ de pulgada al diámetro nominal del perno a alojar. Los orificios sobredimensionados se permiten solo en las conexiones de deslizamiento crítico (desarrolla resistencia a la fricción).

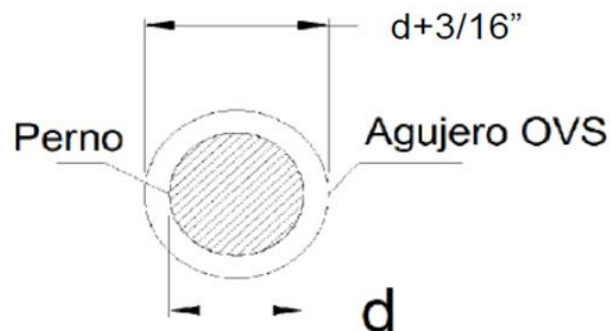


Figura 4.12: Agujero sobredimensionado (OVS).

Fuente: "American Institute of Steel Construction (AISC)".

c) Perforaciones de ranura (SSL, LSL).

Los agujeros de ranura corta y larga son aquellos en los que se brinda un ajuste en una sola dirección y dependiendo de la dirección de la carga la ranura puede ser vertical u horizontal.

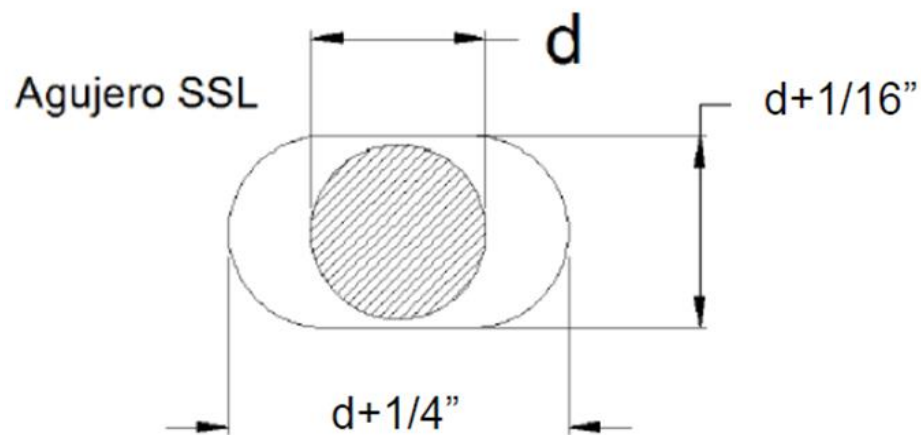


Figura 4.13: Agujero alargado corto (SSL).

Fuente: "American Institute of Steel Construction (AISC)".

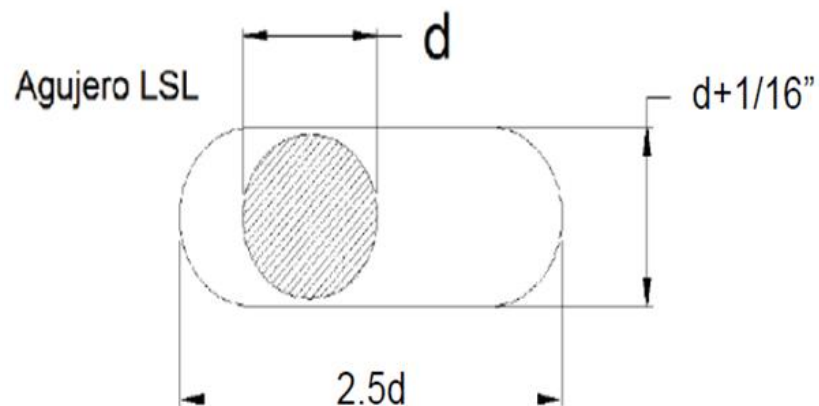


Figura 4.14: Agujero alargado corto (LSL).

Fuente: "American Institute of Steel Construction (AISC)".

. Los tipos de agujeros estarán en función de las dimensiones del orificio (diámetro y largo). En las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas, son reconocidos los tipos de agujeros estándar, los sobredimensionados, los alargados cortos y los alargados largos. Las dimensiones nominales de los agujeros de cada tipo se indican en la tabla Siguiente:

Dimensiones de los Agujeros									
Diámetro nominal del tornillo		Estándar (Diámetro)		Sobredimensionados (Diámetro)		Alargados Cortos (Ancho x Longitud)		Alargados Largos (Ancho x Longitud)	
mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg
12.7	1/2	14.30	9/16	15.90	5/8	14.3 X 17.5	9/16 X 11/16	14.3 X 31.8	9/16 x 1 1/4
15.9	5/8	17.50	11/16	20.60	13/16	17.5 X 22.2	11/16 X 7/8	17.5 X 39.7	11/16 x 1 9/16
19.1	3/4	20.60	13/16	23.80	15/16	20.6 X 25.4	13/16 X 1	20.6 X 47.6	13/16 x 1 7/8
22.2	7/8	23.80	15/16	27.00	1 1/16	23.8 X 28.6	1 5/16 X 1 1/8	23.8 X 55.6	15/16 x 2 3/16
25.4	1	27.00	1 1/16	31.80	1 1/4	27. X 33.3	1 1/16 X 1 5/16	27 X 63.5	1 1/16 x 2 1/2
≥ 28.6	≥ 1 1/8	d+1.5	d +1/16	d+7.9	d+ 5/16	(d+1.5)×(d+9.5)	(d+1/16)×(d+3/8)	(d+1.5)×(2.5d)	(d+1/16)×(2.5d)

Tabla 4.2: Tamaños máximos de agujeros para remaches.

Fuente: “American Institute of Steel Construction (AISC)”

2. Tolerancias en las dimensiones.

a) Distancias al borde.

Las Especificaciones de Acero Estructural para Edificaciones del AISC (Instituto Americano de la Construcción en Acero, por sus siglas en inglés) recomiendan

para el diseño por esfuerzo admisible y diseño por factor de carga y resistencia unas distancias mínimas al borde, del centro del orificio al borde de las partes conectadas.

Diámetros del sujetador, pulg	A los bordes cortos	A los bordes laminados de placas, perfiles o barras o bordes cortados a gas
1/2	7/8	3/4
5/8	1 1/8	7/8
3/4	1 1/4	1
7/8	1 1/2	1 1/8
1	1 3/4	1 1/4
1 1/8	2	1 1/2
1 1/4	2 1/4	1 5/8
1 1/4		1 5/8
Más de 1 1/4	1 3/4 x diámetro	1 1/4 x diámetro

Tabla 4.3: Tamaños máximos de agujeros para pernos.

Fuente: "American Institute of Steel Construction (AISC)"

b) Espaciamiento mínimo.

La especificación del AISC también exige que la distancia mínima entre el centro de los orificios de los pernos sea por lo menos $2 \frac{2}{3}$ veces el diámetro del perno, pero es aconsejable por lo menos tres diámetros. En ningún caso la distancia entre orificios debe ser menor que el diámetro del sujetador.

3. Tipo de conexiones.

El tipo de conexión depende de la fuerza que se aplique a los pernos estas son: corte; tensión; y la combinación de tensión y corte.

Estas combinaciones dieron origen a dos tipos de conexiones que son:

a) Conexión de Deslizamiento Crítico

Son conexiones hechas con pernos de alta resistencia en las cuales el material es unido y forzado por la tensión inducida en los pernos al apretarlos. La transferencia de carga en condiciones de servicio, se lleva a cabo vía fricción entre las placas y no existe aplastamiento de los tornillos contra el agujero.

b) Conexión de Tipo Aplastamiento.

Este tipo de conexión se caracteriza porque se restringe el movimiento del material unido básicamente por el vástago del perno provocando un deslizamiento supuesto. Esta junta se diseña para transferir carga cuando los elementos conectados se deslicen contra el cuerpo del tornillo.

4. Armado de Estructuras Atornilladas.

La instalación de pernos de alta resistencia es de vital importancia en el montaje estructural de un determinado proyecto por lo que antes de colocar los tornillos se revisará la posición, alineamiento y diámetro de los agujeros. Todas las superficies de las juntas deberán estar libres de costras de laminado, exceptuando las que resistan un cepillado vigoroso con cepillo de alambre.

Posteriormente se colocará el perno en el orificio y se apretará el tornillo con pistola neumática de golpe. Cuando se comienza apretar el perno, se genera un alargamiento en el mismo que a su vez hace que se presente una pretensión hacia el perno y una compresión en la junta. A medida que se incrementa la

elongación en el perno empieza aparecer la fuerza de fricción entre las placas unidas y la fuerza de compresión entre las mismas.

Para la aplicación o revisión de torque definitivo se usa un torquimetro, el cual es un instrumento que mide el momento que hay que aplicar a un perno para que siga girando, es decir mide la fuerza por unidad de distancia que se necesita para que el perno siga aplicando presión a la junta.

Existen varios tipos de torquímetros los cuales se mencionan en el siguiente capítulo, los cuales se utilizan para controlar la calidad y correcto ajuste de las conexiones empernadas.

CAPÍTULO

5

5.0 CONTROL DE CALIDAD

5.1 CONTROL DE CALIDAD DE SOLDADURA

5.1.1 INSPECCIÓN VISUAL

El Inspección visual revela defectos superficiales y es una indicación valiosa de la calidad de la soldadura. Es un método de inspección simple, accesible y económico, pero requiere un inspector capacitado. Además, puede ser una excelente herramienta de control del proceso, útil para evitar problemas subsiguientes de construcción y evaluar la mano de obra.

Este método de inspección se basa en la norma AWS B1.11 “Guide for the Visual Examination of Welds”.

La inspección visual es una secuencia de operaciones que se realizan a lo largo de todo el proceso de trabajo con soldadura y que tiene como fin asegurar la calidad de las uniones soldadas. Se inicia con la recepción de los materiales en el almacén, continúa durante todo el proceso de soldadura y finaliza cuando el inspector examina la soldadura terminada.

5.1.1.1 INSPECCIÓN ANTES DE LA SOLDADURA

Antes de la soldadura, algunos elementos típicos que requieren atención del inspector visual deberán incluir los siguientes:

a) Revisar los planos y las especificaciones.

El inspector deberá tener copias de los planos y especificaciones o tener acceso a ellos para poder revisarlos periódicamente. La información que es posible obtener incluye: detalles de las soldaduras, requisitos de materiales, requisitos de inspección, dimensiones y requisitos de calificación.

b) Comprobar las calificaciones de los procedimientos y del desempeño.

El inspector deberá revisar los registros de calificación de los procedimientos de soldadura y de los soldadores para garantizar que dichas calificaciones reúnan los requisitos de la especificación del trabajo.

c) Establecer puntos de detención, si fuera necesario.

Se deberá dar importancia a establecer puntos de detención o de comprobación en los cuales realizar un examen antes de continuar con la construcción. Se deberán establecer puntos de detención para la inspección de aquellos trabajos a los que no se podrá acceder porque se cubrirán con el trabajo subsiguiente.

d) Establecer un plan de documentación.

Puede ser necesario registrar algunos de los resultados de las inspecciones. Esta documentación proporcionará datos para la aceptación final.

e) Revisar la documentación del material.

El inspector deberá comprobar que, durante la construcción, se haya ordenado, recibido y utilizado el material correcto.

f) Examinar el material base.

Antes de la soldadura, se deberá examinar el material base en búsqueda de discontinuidades inaceptables como laminaciones, costuras, solapes y grietas.

g) Examinar el acoplamiento y la alineación de las juntas.

El acoplamiento y la alineación de las juntas son críticos para la producción de soldaduras sólidas. Los elementos que pueden considerarse antes de la soldadura incluyen:

- 1) Ángulo de ranura.
- 2) Abertura de la raíz.
- 3) Alineación de la junta.
- 4) Respaldo.
- 5) Inserto consumible.
- 6) Limpieza de la junta.
- 7) Soldadura de punteado.
- 8) Precalentamiento (si fuera necesario).

h) Revisar el almacenamiento de los consumibles de soldadura

Los consumibles de soldadura deberán almacenarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, los códigos correspondientes y los requisitos contractuales.

5.1.1.2 INSPECCIÓN DURANTE LA SOLDADURA

Durante la soldadura, algunos elementos típicos que requieren la atención de aquellos responsables de la calidad de la soldadura deberán incluir los siguientes:

a) Comprobar la temperatura de precalentamiento y entre pasadas

Cuando así lo requieran el código de referencia, los documentos contractuales o la especificación del procedimiento de soldadura, el inspector deberá comprobar la temperatura de precalentamiento y entre pasadas.

b) Comprobar el cumplimiento de la especificación del procedimiento de soldadura.

Comprobar si la operación de soldadura cumple con la especificación del procedimiento de soldadura. Se deberán comprobar las variables tales como los consumibles, la velocidad de alimentación del alambre, el diseño de la junta, las características eléctricas y la técnica, etc.

c) Examinar la pasada de raíz de la soldadura

Muchos defectos que se descubren en una soldadura están asociados con el cordón de raíz de la soldadura. Un buen examen visual después de la

aplicación del cordón de raíz de la soldadura deberá exponer los problemas a corregir.

d) Examinar las capas de soldadura

Para evaluar la soldadura a medida que avanza el trabajo, es prudente examinar cada una de las capas. Esto también permite comprobar si se realiza una limpieza adecuada entre pasadas. Puede ayudar a reducir la incidencia de inclusiones de escoria en la soldadura final.

e) Examinar el otro lado antes de la soldadura

En el otro lado de una junta doble soldada pueden existir condiciones críticas de la raíz de la junta. Esta área se deberá examinar después de eliminar la escoria y otras irregularidades. Esto permite garantizar que se hayan eliminado todas las discontinuidades y que el contorno de la excavación proporcione acceso a la soldadura subsiguiente.

5.1.1.3 INSPECCIÓN DESPUÉS DE LA SOLDADURA

Después de la soldadura, algunos elementos típicos que requieren atención del inspector visual deberán incluir los siguientes:

a) Examinar la calidad de la superficie de la soldadura.

Examine visualmente la superficie de la soldadura y compruebe si la concavidad y convexidad de su contorno cumplen los criterios de aceptación de los documentos contractuales. Las normas de acabado pueden indicar elementos tales como rugosidad de la superficie,

salpicaduras y golpes de arco. La mayoría de los códigos y especificaciones describen el tipo y el tamaño de las discontinuidades aceptables. Muchas de estas discontinuidades pueden descubrirse mediante el examen visual de la soldadura terminada. Las siguientes son discontinuidades típicas que pueden existir en la superficie de las soldaduras:

- 1) Porosidad
- 2) Fusión incompleta
- 3) Penetración incompleta de la junta
- 4) Socavación
- 5) Falta de llenado
- 6) Traslape
- 7) Grietas
- 8) Inclusiones metálicas y no metálicas
- 9) Refuerzo excesivo

b) Comprobar las dimensiones de la soldadura.

Para determinar si se ha logrado el cumplimiento, el inspector deberá comprobar si todas las soldaduras cumplen con los requisitos de los planos en cuanto a tamaño, longitud y ubicación. Deberá rellenarse toda la sección transversal de la junta de las soldaduras de ranura, o según se especifique; el refuerzo de la soldadura no deberá ser excesivo.

c) Comprobar la precisión de las dimensiones.

La inspección final del conjunto soldado construido deberá comprobar si las dimensiones están de acuerdo con el plano.

d) Revisar los requisitos subsiguientes.

Revisar la especificación para determinar si se requieren procedimientos adicionales. Dichos procedimientos pueden incluir tratamiento térmico posterior a la soldadura, ensayos no destructivos, ensayos de prueba y otros.

5.1.2 RADIOGRAFÍAS

La radiografía es un método de inspección no destructiva que se basa en la propiedad de los rayos X o Gamma de atravesar materiales opacos a la luz sin reflejarse ni refractarse, produciendo una impresión fotográfica de la energía radiante transmitida. Dichas radiaciones X o Gamma inciden sobre la pieza a inspeccionar, que absorberá una cantidad de energía radiante que depende de la densidad, la estructura y la composición del material. Estas variaciones de absorción son detectadas y registradas como se menciona anteriormente en una película radiográfica obteniéndose una imagen de la estructura interna de una pieza.

Este método de inspección esta normado por ASTM E1032 "Standard Practice for Radiographic Examination of Weldments Using Industrial X-Ray Film".

Las radiaciones electromagnéticas de los rayos X se propagan a la velocidad de la luz (300.000 km/s), aunque tienen menor longitud de onda, mayor energía y más penetración no sufren desviación alguna por efecto de campos magnéticos o eléctricos ya que no son partículas cargadas, ni sus espines están orientados por lo cual se propagan por tanto en línea recta y excitan la fosforescencia e impresionan una placa fotográfica.

Gracias a este tipo de ensayo no destructivo, los defectos de los materiales absorben las radiaciones en distinta proporción que el material base, de forma que estas diferencias generan detalles de contraste claro-oscuro. Esto es lo que permite identificar defectos en la inspección de una soldadura por radiografía. Para facilitar la labor se usan colecciones de radiografías patrón, en las cuales los defectos están claramente identificados para unas condiciones dadas de tipo de material y tipo de soldadura.

Para realizar el ensayo radiográfico se pueden utilizar fundamentalmente dos tipos de fuentes. La primera mediante generadores de rayos X que constan de un cilindro de alimentación donde se ha hecho el vacío previamente y que presentan un cátodo que al calentarse emite electrones. Estos electrones se aceleran por medio de un campo eléctrico hacia el ánodo sobre el que inciden con una alta energía. Solamente el 1% de esta energía se transforma en rayos X, transformación que tiene lugar en el foco térmico. También se pueden obtener los rayos X mediante fuentes isotópicas las cuales están constituidas

fundamentalmente por una fuente radiactiva, un dispositivo para exponer dicha fuente y un blindaje. La fuente radiactiva consta de una determinada cantidad de isótopo radiactivo que se descompone de forma natural dando lugar a la radiación gamma.

5.1.2.1 FUNDAMENTOS DE LAS RADIOGRAFÍAS

Al incidir los rayos-X sobre un material bajo inspección, una parte de ellos son absorbidos dentro del mismo material y el resto lo atraviesa, pudiéndose registrar la energía que lo atravesó en una película sensible a este tipo de energía.

Este registro consiste en la proyección de una sombra de la imagen del material, que aparece en la película sensible después de revelada, de una densidad o ennegrecimiento determinado, proporcional a la cantidad de rayos X que llegó el negativo.

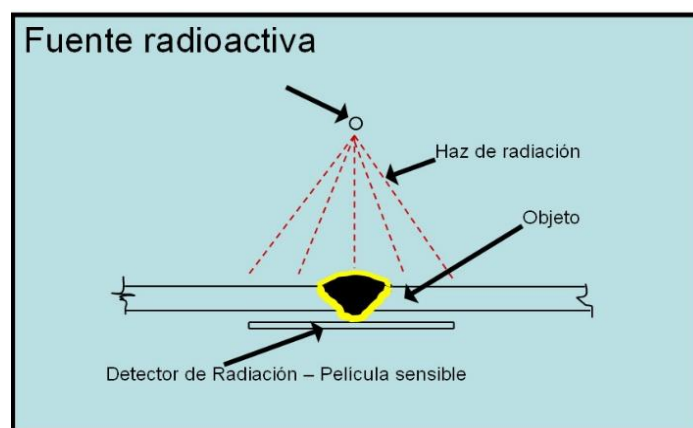


Figura 5.1: Esquema rayos X.

Fuente: Endicsa, Radiografía Industrial.

Si una discontinuidad de menor densidad que la del material bajo inspección existe dentro de éste, reducirá el espesor en el área que ocupe y consecuentemente a través de esa área pasará mayor cantidad de radiación, la que ocasionará que en el negativo se forme una zona de mayor densidad o ennegrecimiento, precisamente de la forma del contorno de la discontinuidad, vista desde un plano perpendicular a la incidencia de la radiación. En las imágenes siguiente se ilustra lo anterior.

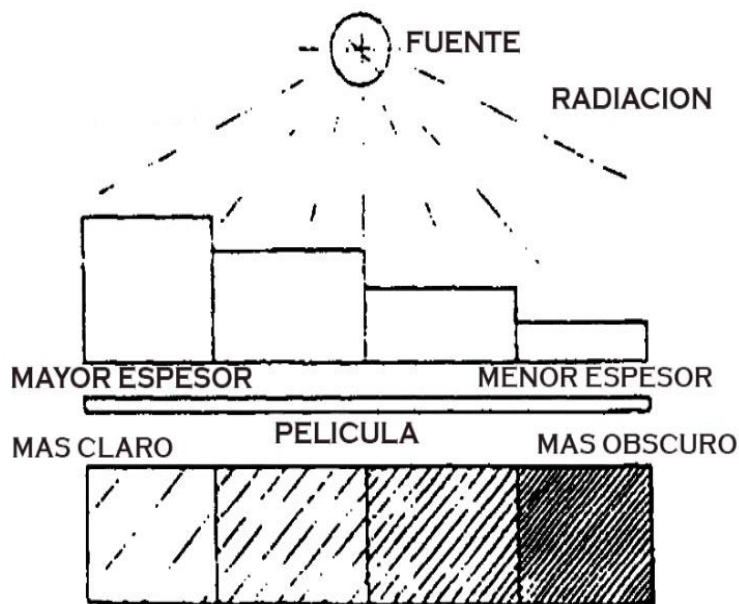


Figura 5.2: Variación de radiación en película radiográfica según espesor.

Fuente: Curso de Inspector de Soldadura, Centro de Desarrollo Profesional.

Se puede observar que la parte más ennegrecida de la película corresponde al menor espesor. (Pasa menos radiación mientras mayor sea el espesor del material).

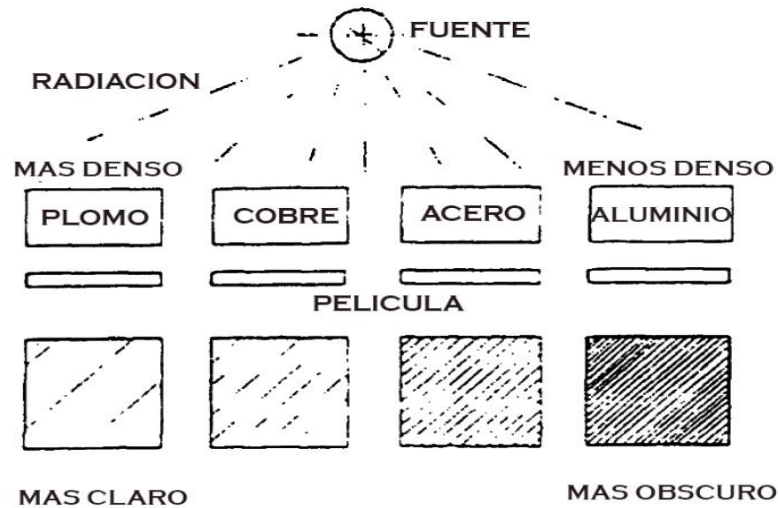


Figura 5.3: Variación de radiación en película radiográfica según densidad.

Fuente: Curso de Inspector de Soldadura, Centro de Desarrollo Profesional.

5.1.2.2 DEFECTOS DETECTABLES POR MEDIO DE RADIOGRAFÍAS

a) Cavidades, porosidades o sopladuras:

Este tipo de defecto, al tener menor densidad que el metal, se dejan atravesar más fácilmente por la radiación, formando unas impresiones oscuras redondeadas. Se observa que a veces se unen varios poros formando rosarios.

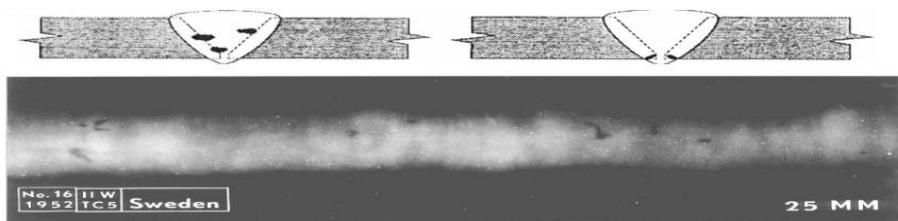


Figura 5.4: Radiografía soldadura con porosidad.

Fuente: Fundamentos de Ciencias de los Materiales, Ensayos no Destructivos.

b) Inclusiones sólidas de escorias:

Estos defectos debido a su baja permeabilidad, debilitan enérgicamente los rayos X, dando unas impresiones inciertas, irregulares y desdibujadas. En algunos casos aparecen alineadas. La importancia del defecto depende del tamaño de la inclusión y la distancia que existe entre ellas, ya que, si están próximas, la resistencia del material se reduce mucho. Dado que las escorias provienen del revestimiento y no tienen las propiedades mecánicas del metal base.

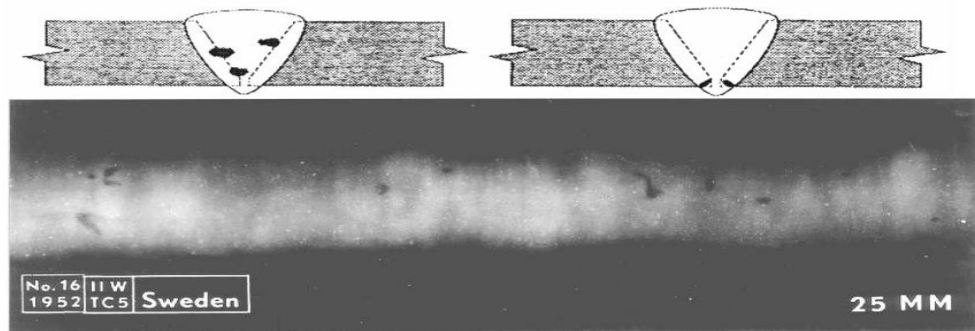


Figura 5.5: Radiografía soldadura con inclusiones sólidas de escorias.

Fuente: Fundamentos de Ciencias de los Materiales, Ensayos no Destructivos.

c) Fisuras o microgrietas:

Pueden ocurrir longitudinalmente o transversalmente. Aparecen en la placa como líneas oscuras, onduladas, de grueso variable y ramificadas. Las grietas más peligrosas son las superficiales y orientadas en la dirección perpendicular a la de máxima sollicitación del material. Este defecto inhabilita la soldadura.

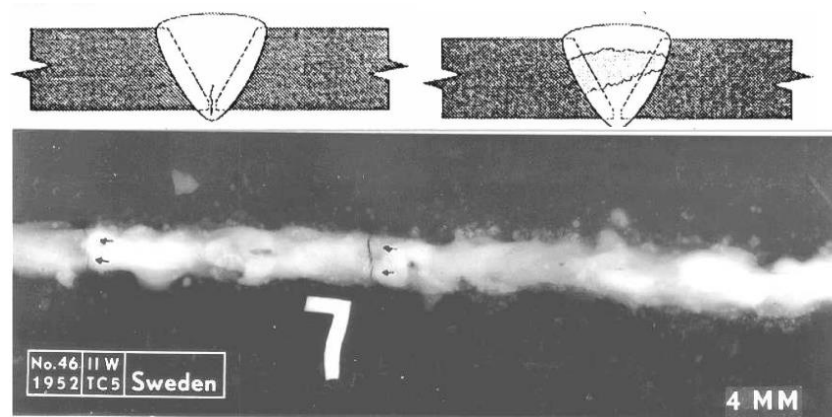


Figura 5.6: Radiografía soldadura con fisuras.

Fuente: Fundamentos de Ciencias de los Materiales, Ensayos no Destructivos.

d) Falta de penetración:

Forma impresiones longitudinales en el centro y a lo largo de la soldadura. El espacio interno no ocupado por el metal de aportación, es origen de fuertes tensiones, además de resultar un lugar idóneo para que se inicien procesos de corrosión localizada.

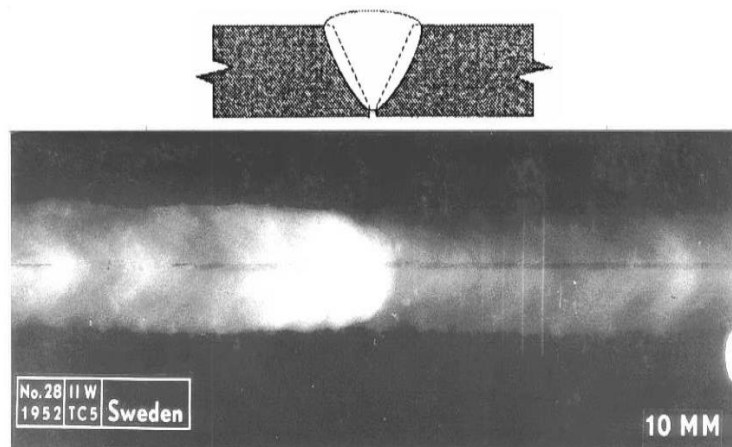


Figura 5.7: Radiografía soldadura con falta de penetración.

Fuente: Fundamentos de Ciencias de los Materiales, Ensayos no Destructivos.

e) Falta de fusión o despegó:

Resulta parecida a las inclusiones de escorias, pero alineadas que aparecen como imágenes oscuras de trazo rectilíneo y forma uniforme. La causa física de este tipo de defectos es que no se alcanza la temperatura adecuada para la fusión del metal de aporte con el metal base y por tanto no se consigue el proceso metalúrgico de soldar, quedando afectada la unión.

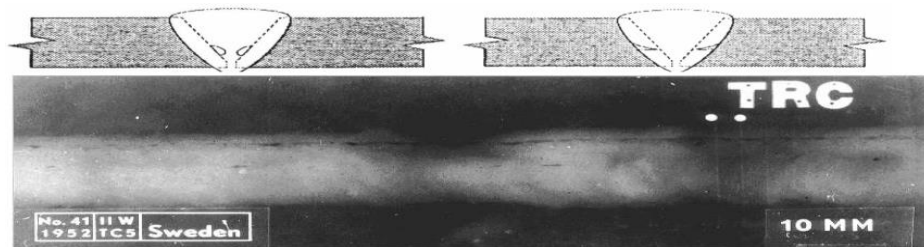


Figura 5.8: Radiografía soldadura con falta de fusión.

Fuente: Fundamentos de Ciencias de los Materiales, Ensayos no Destructivos.

f) Mordeduras:

Forman sobre la placa sombras oscuras a los lados de la costura de trazo rectilíneo y ancho uniforme. Este defecto produce una entalla física que puede dar origen a roturas.

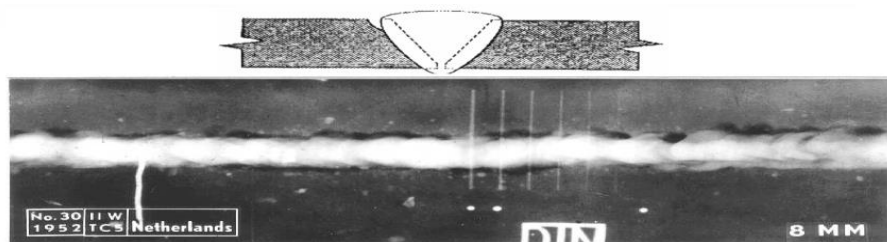


Figura 5.9: Radiografía soldadura con mordeduras.

Fuente: Fundamentos de Ciencias de los Materiales, Ensayos no Destructivos.

g) Exceso de penetración:

Forma sobre la placa sombras más blancas longitudinalmente y centradas en la costura. Es el defecto contrario a la falta de penetración. Ocurre por separación del borde excesiva, intensidad demasiado elevada al depositar el cordón de raíz, velocidad muy pequeña de avance del electrodo o mal diseño de la junta.

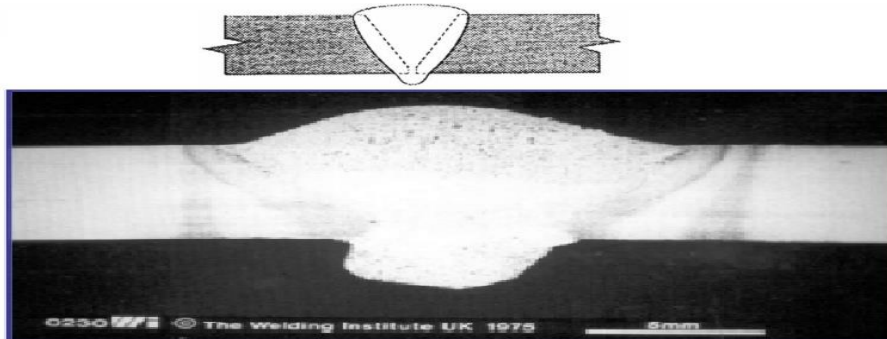


Figura 5.10: Radiografía soldadura con exceso de penetración.

Fuente: Fundamentos de Ciencias de los Materiales, Ensayos no Destructivos.

5.1.3 LÍQUIDOS PENETRANTES

En términos generales, esta prueba consiste en aplicar un líquido de color o fluorescente a la superficie a examinar, el cual penetra en las discontinuidades del material debido al fenómeno de capilaridad. Después de cierto tiempo, se remueve el exceso de penetrante y se aplica un revelador, que absorbe el líquido que ha penetrado en las discontinuidades y sobre la capa de revelador se delinea el contorno de éstas.

Este método de inspección se basa en la norma ASTM E165 "Standard Practice for Liquid Penetrant Testing for General Industry".

Existen dos tipos de líquidos penetrantes, los fluorescentes y los no fluorescentes, aunque los más utilizados son los no fluorescentes. La característica distintiva principal entre los dos tipos es:

- a) Los líquidos penetrantes fluorescentes contienen un colorante que fluoresce bajo la luz negra o ultravioleta.
- b) Los líquidos penetrantes no fluorescentes contienen un colorante de alto contraste bajo luz blanca.

5.1.3.1 REQUISITOS DE LA INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES.

Antes de iniciar las pruebas de Líquidos Penetrantes, es conveniente tener en cuenta la siguiente información:

- a) La temperatura de los materiales penetrantes y se recomienda que la superficie de la pieza a ser procesada este entre 40 y 125 F (4 y 52°C).
- b) Es muy importante definir las características de las discontinuidades y el nivel de sensibilidad con que se las quiere detectar, ya que, si son relativamente grandes o se quiere una sensibilidad entre baja y normal, se recomienda emplear penetrantes no fluorescentes; pero si la discontinuidad es muy fina y delgada o se requiere de una alta o muy alta sensibilidad, es preferible emplear los penetrantes fluorescentes.
- c) Otro aspecto importante es que nunca se deberán mezclar productos; como, por ejemplo, emplear el revelador del proveedor A con un penetrante del proveedor B o un penetrante de una sensibilidad con un

revelador de otra sensibilidad, aunque ambos sean fabricados por el mismo proveedor.

5.1.3.2 SECUENCIA DE LA INSPECCIÓN

Las inspecciones por líquidos penetrantes constan de las siguientes fases:

1) Limpieza previa.

En toda pieza o componente que se inspeccione por este método, se deben eliminar de la superficie todos los contaminantes, sean éstos óxidos, grasas, aceite, pintura, etc., pues impiden al penetrante introducirse en las discontinuidades. Normalmente la limpieza previa se realiza en dos pasos; el primero es propiamente una pre-limpieza en la que se pueden emplear medios químicos o mecánicos (como un cepillo de alambre) para remover los contaminantes de la superficie; y el segundo, que consiste en la limpieza con un solvente (removedor) que sea afín con el penetrante que se empleará en la inspección. Todo esto con el fin de que las posibles indicaciones queden limpias y permitan la fácil entrada del penetrante.

2) Secado después de la limpieza.

Es esencial que las superficies de las piezas se encuentren completamente secas después de la limpieza, ya que cualquier residuo líquido obstaculizará la entrada del penetrante. El secado puede ser efectuado por calentamiento de las piezas en hornos de secado, con

lámparas infrarrojas, aire forzado caliente o expuestos a temperatura ambiente.

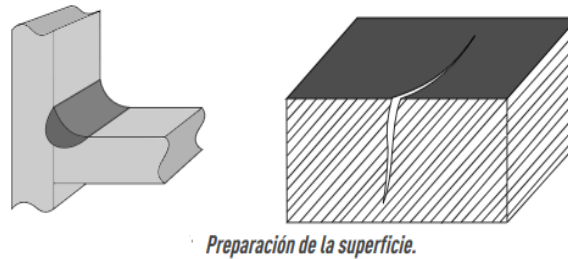


Figura 5.11: Secado de la pieza.

Fuente: Mipsa, Inspección por líquidos penetrantes.

3) Aplicación del líquido penetrante.

El líquido penetrante se puede aplicar de tres maneras distintas, como pueden ser por inmersión en un baño, con spray y extendiéndolo sobre la pieza con una brocha, usándose normalmente un líquido de color rojo.

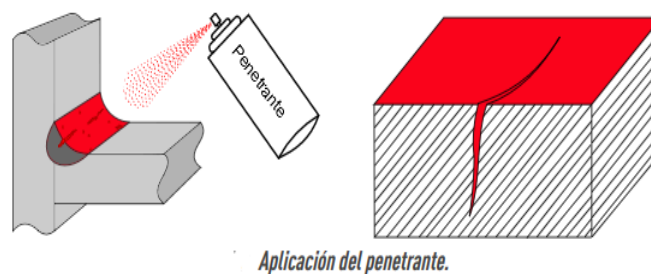


Figura 5.12: Aplicación de penetrante.

Fuente: Mipsa, Inspección por líquidos penetrantes.

4) Medida del tiempo de penetración.

Se recomienda que el período de tiempo que el penetrante debe permanecer en la pieza para permitir una penetración apropiada sea la

recomendada por el fabricante del penetrante. La siguiente tabla, sin embargo, provee una guía para seleccionar los tiempos de penetración de una variedad de materiales, formas, y tipos de discontinuidades. A menos que, se especifique, los tiempos de penetración no excederán el máximo recomendado por el fabricante.

Material	Forma	Tipo de Discontinuidad	Tiempo de Penetración (minutos)	
			Penetrante	Revelador
Aluminio, Magnesio, Acero, Latón y Bronce, Ti y Aleac Alta Temp.	Fundición y soldaduras	Gotas frías, porosidad, falta de fusión, fisuras (todas las formas)	5	10
	Materiales forjados-extrusión	Traslape, fisuras (todas las formas)	10	10
Herramientas Carburos	Forja, planchas	Falta de fusión, porosidad, fisuras	5	10
Plásticos	Todas las formas	Fisuras	5	10
Vidrio	Todas las formas	Fisuras	5	10
Cerámicos	Todas las formas	Fisuras, porosidad	5	10

^A Para el rango de Temperaturas de 50 a 100F (10 a 38 C) para los penetrantes fluorescentes y 50 a 125 F (10 a 52 C) para penetrantes visibles

^B El máximo tiempo de penetración de acuerdo con 8.5.2

^C El tiempo de revelado empieza tan pronto como la capa de revelado húmedo ha secado en la superficie de las piezas (mínimo recomendado). Tiempos máximos de revelado de acuerdo con 8.8.6

Tabla 5.1: Tiempos de penetración recomendados.

Fuente: Norma ASTM E165-02. Tabla 2. Pág. 7.

5) Eliminación del líquido sobrante.

Consiste en la eliminación del exceso de penetrante que no se introdujo en las discontinuidades. Esta etapa reviste gran importancia pues de ella depende en gran parte la sensibilidad del método.

La limpieza de la pieza para eliminar el líquido sobrante se realiza por rociado a la soldadura con un líquido limpiador.

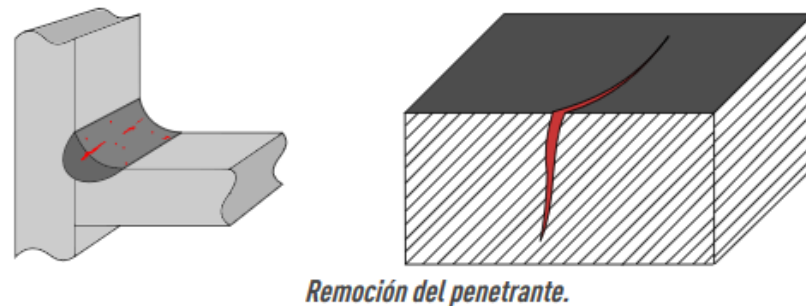


Figura 5.13: Remoción de penetrante sobrante.

Fuente: Mipsa, Inspección por líquidos penetrantes.

6) Aplicación del líquido revelador.

La función del revelador es absorber o extraer el penetrante atrapado en las discontinuidades, aumentando o provocando la visibilidad de las indicaciones.

El líquido revelador que es normalmente blanco, es aplicado por rociado, con mucho cuidado ya que son líquido muy volátiles. Una vez aplicado las zonas de la pieza que contengan restos de líquido penetrante, resaltarán a simple vista, siendo muy fácil su observación.

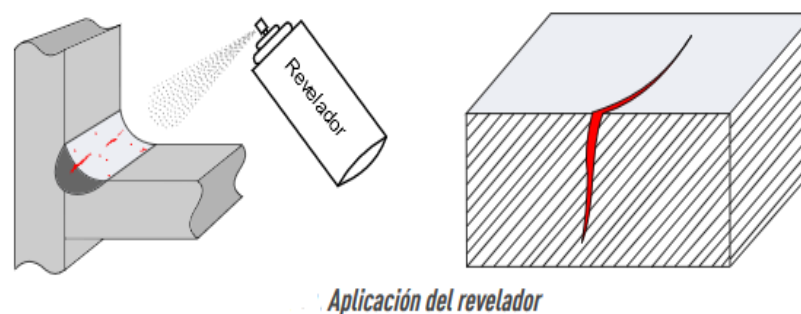


Figura 5.14: Aplicación de líquido revelador.

Fuente: Mipsa, Inspección por líquidos penetrantes.

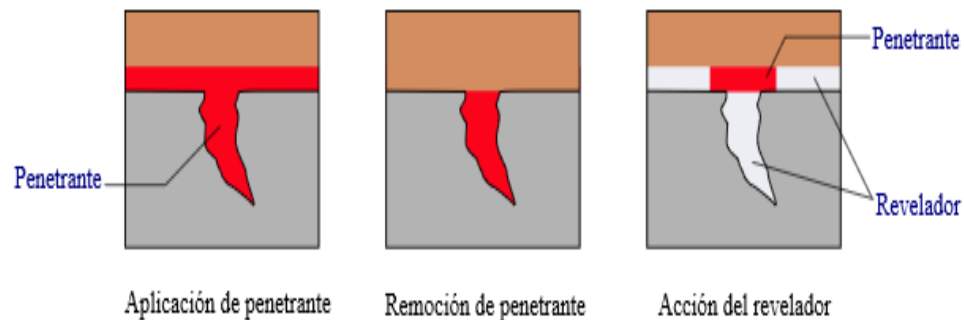


Figura 5.15: Esquema líquido penetrante absorbido por revelador.

Fuente: Mipsa, Inspección por líquidos penetrantes.

7) Tiempo de revelado

Se recomienda que el período de tiempo en que el revelador permanece en la pieza previo al examen no sea menor a 10 minutos.

8) Examen de la pieza

Las imperfecciones aparecen marcadas de forma clara y exacta a lo largo de la pieza a examinar, apareciendo puntos rojos en las zonas con imperfecciones.



Figura 5.16: Imperfecciones detectadas por líquidos penetrantes.

Fuente: Inspección y control de calidad, en la aplicación de soldadura de elementos estructurales.

9) Limpieza final de la pieza

La limpieza final es necesaria en aquellos casos donde el penetrante o revelador residual podría interferir con subsecuentes procesos o con los requerimientos de servicio. Es particularmente importante donde los materiales del penetrante residual del examen pueda combinarse con otros factores en servicio y producir corrosión.

5.1.4 ULTRASONIDO

Este método se emplea para detectar discontinuidades superficiales e internas por medio de vibraciones mecánicas que se propagan en forma de ondas a través de las partículas de un material; sus propiedades son similares a las del sonido audible para el ser humano, pero tienen mayor frecuencia y es por esto que reciben el nombre de ultrasonidos.

Este método de ensayo esta normado por ASTM E164 "Standard Practice for Ultrasonic Contact Examination of Weldments".

La detección, localización y evaluación de las discontinuidades es posible debido a dos hechos: la velocidad del sonido a través de un metal es casi constante, por lo que pueden medirse las distancias recorridas; la amplitud de los pulsos de sonidos reflejados es más o menos proporcional al tamaño del reflector. El grado de reflexión y refracción que sufre un haz ultrasónico cuando pasa de un medio a otro depende de la diferencia entre las resistencias que cada medio ofrece a su paso (impedancia acústica).

5.1.4.1 GENERACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ULTRASONIDO

El ultrasonido es generado por materiales llamados transductores, mismos que transforman la energía eléctrica en energía mecánica y viceversa (efecto piezoeléctrico).

Un transductor es un cristal polarizado que aumenta sus dimensiones cuando se le aplica un pulso eléctrico, y cuando se le deja de aplicar, el cristal recupera sus dimensiones originales. Cuando el transductor es conectado a un generador de pulsos de alta frecuencia, las dimensiones del cristal aumentan y disminuyen simultáneamente con los pulsos eléctricos, esto es, el cristal vibra a alta frecuencia generando ultrasonido. Esto se conoce como efecto piezoeléctrico inverso. También se produce este efecto en sentido opuesto (efecto piezoeléctrico directo): las vibraciones de alta frecuencia (energía mecánica) recibidas por el transductor son transformadas en pulsos eléctricos.

Para propósitos de inspección, los transductores se alojan, junto con un material amortiguante, en una carcasa y las conexiones necesarias. A este conjunto se les denomina palpador.

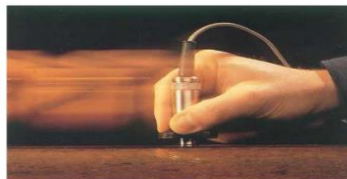


Figura 5.17: Palpador.

Fuente: Inspección y control de calidad, en la aplicación de soldadura de elementos estructurales.

Las características principales del ultrasonido son las siguientes:

- ✓ Viaja a gran velocidad (en relación al desplazamiento del sonido en el aire) a través de materiales sólidos,
- ✓ Se transmite a través de los sólidos en línea recta.
- ✓ Se atenúa ligeramente al desplazarse a través de los sólidos aproximadamente en línea recta.
- ✓ Se atenúa ligeramente al desplazarse a través de los sólidos (su atenuación varía proporcionalmente con su frecuencia) y se atenúa considerablemente en el aire.

5.1.4.2 ACOPLANTE

Debido a que el ultrasonido se atenúa severamente en el aire, y éste tiene una impedancia acústica muy alta comparada con la de los materiales a inspeccionar (acero, por ejemplo), si se aplica un transductor a la superficie a inspeccionar, el ultrasonido no se transmitirá al sólido, sino que será reflejado completamente. Para evitar este efecto, se aplica un líquido (normalmente aceite o glicerina) entre el transductor y la superficie del material a inspeccionar, eliminando la barrera de aire y permitiendo la propagación del sonido a través del sólido. Este líquido recibe el nombre de acoplante.

El acoplante debe reunir las siguientes características para emplearlo con confianza: ser inerte al material en inspección; de fácil remoción después de

terminar la inspección; debe formar una capa homogénea en la superficie de contacto; además, su costo será bajo y fácil la adquisición.

5.1.4.3 INSPECCIONES POR MEDIO DE ULTRASONIDO

El método más comúnmente usado para la inspección de soldaduras por ultrasonido es el de pulso-eco, mismo que se describe a continuación.

Una vez que el transductor se acopla a la superficie del material a ensayar. El sonido viaja a través de éste hasta que encuentra un obstáculo, que puede ser la superficie de la pared posterior de la pieza en inspección. El sonido se refleja y regresa al transductor, mismo que produce pulsos de voltaje cuando recibe la energía del sonido. El impulso del voltaje es retroalimentado al sistema del equipo y la señal correspondiente se muestra en un tubo de rayos catódicos.

En la pantalla del equipo de prueba (tubo de rayos catódicos) aparecen dos picos, uno a la izquierda que se conoce como eco principal y corresponde a la reflexión del ultrasonido al pasar del transductor a la pieza. El pico de la derecha o eco de fondo corresponde a la superficie posterior de la pieza inspeccionada, misma que refleja el haz de ultrasonido incidente. Este pico es menor debido a la atenuación.

Si existe una discontinuidad en la pieza en inspección. habrá una reflexión intermedia. misma que se detecta como otro pico entre los ecos principal y de fondo. La anchura y amplitud de este pico depende del tamaño y orientación de la discontinuidad (superficie reflejante).

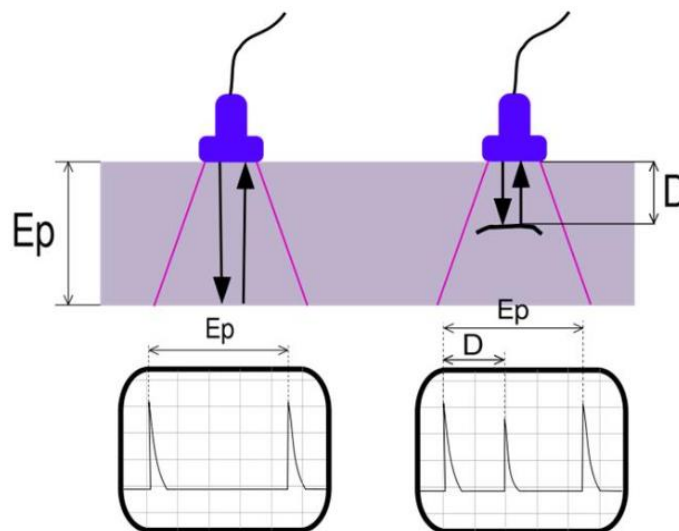


Figura 5.18: Registro de ondas de ultrasonido.

Fuente: Revista digital para profesionales de la enseñanza, Ensayos no destructivos en soldadura.

En cuanto más libre de defectos este el material, la señal será constante en cuanto a su intensidad y posición; pero si hay un cambio en las propiedades acústicas del material o una discontinuidad que refleje, atenúe o disperse el haz de ultrasonido, la señal se modificará y se podrá observar una disminución en la amplitud de la señal de la pared posterior o la aparición de indicaciones antes de lo esperado.

La interpretación de estos cambios en las señales debe ser realizada por personal que ha sido capacitado, calificado y que cuente con la experiencia necesaria en la inspección a realizar, ya que de ello depende que los resultados sean confiables, reproducibles y repetitivos.

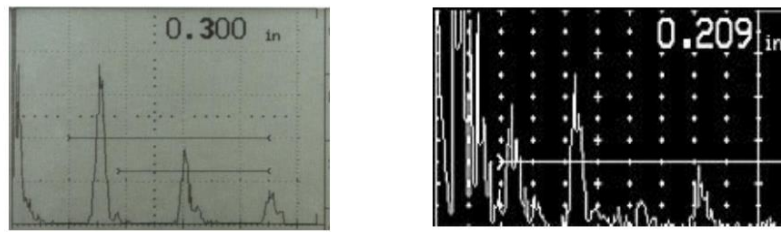


Figura 5.19: Comparación de material homogéneo con uno no homogéneo.

Fuente: Inspección y control de calidad, en la aplicación de soldadura de elementos estructurales.

5.2 CONTROL DE CALIDAD DE JUNTAS EMPERNADAS

5.2.1 TORQUÍMETRO

¿Qué es un torquímetro?

Un torquímetro o también conocido como llave dinamométrica o llave de torsión es un instrumento que se utiliza para medir la tensión o torque aplicado a elementos que tienen una rosca, ya sea a tornillos, tuercas, birlos, etc. Son útiles en donde los accesorios de sujeción necesitan de una tensión específica, como por ejemplo en los motores de combustión interna, en puentes y estructuras de un gran tamaño.



Figura 5.20: Torquímetro.

Fuente Catalogo Truper 2018.

Partes de un torquímetro:

Al ser un tipo de llave no está compuesta por gran cantidad de partes, las partes principales son:

- **Trinquete:** este puede ser de 1/4", 3/8", 1/2", 3/4", cada una de estas entradas aplicara una fuerza distinta para los distintos tamaños de piezas.
- **Selector de giro:** Permite cambiar el giro del torquímetro, ya sea a horario o anti horario
- **Brazo de fuerza:** Solo es una extensión para poder hacer ejercer más fuerza.
- **Escalas:** Existen distintos tipos de escalas, ya sea in-lb k-m lb-ft.
- **Tambor moleteado:** Este sirve para elegir el torque deseado, al tener un moleteado se tiene más agarre para que no se resbale el instrumento.
- **Seguro:** Con este seguro evitaras que el tambor gire y se cambie la medida deseada.



Figura 5.21: Partes de un torquímetro.

Fuente: Manual West Arco sobre soldaduras.

5.2.2 COMO UTILIZAR UN TORQUÍMETRO

Utilizar un torquímetro es bastante sencillo solo tenemos que seleccionar el torque con el que se trabajará, para éso, tenemos una escala fija que es la principal y un tambor móvil que representa las unidades más pequeñas, una vez seleccionado el torque deseado se tiene que elegir el lado de giro del trinquete para que este apriete el tornillo o elemento deseado, cuando se escuche un ligero click o la herramienta ya no apriete mas es porque se ha llegado al torque deseado.

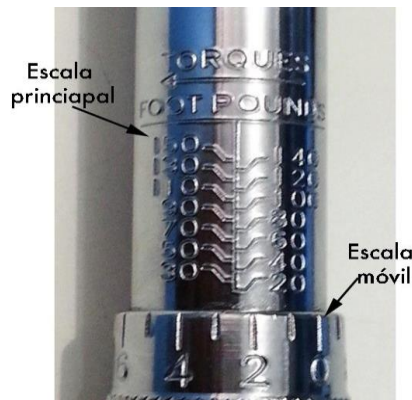


Figura 5.22: Escalas de torquímetro.

Fuente: Manual del soldador.

5.2.3 TIPOS DE TORQUÍMETROS

Existen básicamente cuatro tipos principales de torquímetro:

Torquímetro tipo aguja: mide la magnitud específica de flexión en un brazo metálico elástico. Inventado a comienzos del siglo XX, tiene un diseño muy simple, pero no es fácil de leer y, para los estándares actuales de precisión, no

se considera una herramienta precisa. Por eso, aunque es el torquímetro más económico, muchos usuarios no lo prefieren e incluso los grandes fabricantes han discontinuado su producción.



Figura 5.23: Torquímetro tipo aguja.

Fuente: Manual del soldador.

Torquímetro tipo trueno: también conocido como torquímetro de “clic”, de disparo o de zafe, es el de mayor uso en todo el mundo. Utiliza un embrague calibrado para permitir zafar cuando se alcanza un cierto nivel de torque. Su mecanismo puede incluir un resorte helicoidal (torquímetros micrométricos) o dos brazos internos (torquímetros tipo “split-beam”) con menor número de piezas móviles, lo que minimiza la fricción y el desgaste.



Figura 5.24: Torquímetro tipo trueno.

Fuente: West Arco manual de soldaduras.

Torquímetro tipo carátula: también conocido como torquímetro de dial o de reloj, posee una carátula circular graduada, generalmente en libras-pie o N-m, y dos agujas, una de las cuales indica el torque a aplicar y la otra es una aguja de memoria. Puede ser mecánico o digital.



Figura 5.25: Torquímetro tipo carátula.

Fuente: West Arco Manual de soldaduras.

Torquímetro tipo electrónico: es el más costoso, pero el más preciso. Utiliza un extensómetro electrónico para medir el torque aplicado y reúne funcionalidades y ventajas que no tienen los demás torquímetros. A veces recibe el nombre de computador porque puede conectarse a una computadora y crear gráficos por medio del software apropiado.



Figura 5.26: Torquímetro electrónico.

Fuente: Manual del soldador.

5.3 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN

5.3.1 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN SOLDADURA

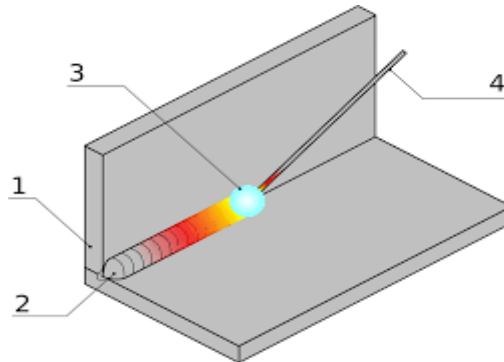


Figura 5.27.

Fuente: Normas AWS.

Para una calificación aceptable, las soldaduras deberán cumplir con los siguientes requerimientos:

De acuerdo al código AWS D1.5 todas las soldaduras serán consideradas aceptables mediante inspección visual si cumple con los siguientes requerimientos:

1. La soldadura no debe tener fracturas ni presentar fisuras (falta de penetración). Debe existir fusión completa entre el metal de soldadura y el metal base.
2. Todos los cráteres deben ser limpiados en toda la sección transversal de la soldadura, excepto para los finales de las soldaduras intermitentes que estén fuera de su longitud efectiva.

3. La sobremonta debe ser la adecuada (1.6 mm) para espesores menores o iguales a 8 mm. Sobremonta de 3 mm. máximo para espesores mayores de 8mm hasta 25 mm.
4. La inspección visual de soldaduras en todos los aceros debe realizarse inmediatamente después de completada la soldadura y enfriada a temperatura ambiente.
5. Para el caso de juntas a tope ranuradas, la suma de las porosidades tubulares visibles hasta de 1mm no debe ser mayor a 10 mm en 25 mm de longitud lineal de soldadura.
6. La frecuencia de porosidad tubular en soldaduras a filete no debe exceder de una en cada 100 mm de longitud de soldadura y el diámetro máximo no debe exceder de 2 mm.
7. Todos los cráteres deberán llenarse en todo el corte transversal de la soldadura.
8. La cara de la soldadura deberá quedar rasante con la superficie del metal base, y la soldadura deberá unirse suavemente (en forma pareja) con el metal base. El socavamiento no deberá exceder 1/32 pulgada [1 mm]. El refuerzo de la soldadura no deberá exceder 1/8 pulgada [3 mm].

Los criterios de aceptación y rechazo para las inspecciones por Ultrasonido, Partículas Magnéticas y Líquidos Penetrantes se fundamentan en el código AWS D1.5 y la empresa encargada de realizar los ensayos es la encargada de evaluar los resultados dentro de los criterios establecidos en el código.

5.3.2 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DE JUNTAS EMPERNADAS



Figura 5.28: Juntas empernadas.

Fuente propia.

Debe revisarse el apriete de los pernos, debiendo ser el indicado por el diseño estructural de cada elemento. Para realizar la inspección se usa un torquímetro en cada perno que se deseé verificar.

CAPÍTULO

6

6.0 SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL

6.1 TRABAJOS EN ALTURA

Entendemos por trabajos en altura aquellos trabajos que son realizados a una altura superior a 1.50 metros. Dentro de éstos podemos citar entre otros: trabajos en andamios, escaleras, cubiertas, postes, plataformas, vehículos, etc., así como trabajos en profundidad, excavaciones, pozos, etc. Son numerosas las actuaciones que requieren la realización de trabajos en altura tales como tareas de mantenimiento, reparación, construcción, restauración de edificios u obras de arte, montaje de estructuras, limpiezas especiales, etc.

La realización de estos trabajos con las condiciones de seguridad apropiadas incluye tanto la utilización de equipos de trabajo seguros, como una información y formación teórico-práctica específica de los trabajadores.

Se deberán observar las siguientes fases previas al trabajo en altura:

- Identificar el riesgo de caída
- Control del riesgo:
 - Siempre que sea posible se debe eliminar el riesgo de caída evitando el trabajo en altura, por ejemplo, mediante el diseño de los edificios o máquinas que permita realizar los trabajos de mantenimiento desde el nivel del suelo o plataformas permanentes de trabajo.
 - Cuando no pueda eliminarse el riesgo, las medidas a tomar deben ir encaminadas a reducir el riesgo de caída, adoptando medidas de

protección colectiva, mediante el uso de andamios, plataformas elevadoras, instalación de barandillas, etc.

- El uso de sistema anticaídas se limitará a aquellas situaciones en las que las medidas indicadas anteriormente no sean posibles o como complemento de las mismas.

La elección del tipo más conveniente de medio de acceso a los puestos de trabajo temporal en altura deberá efectuarse en función:

- Frecuencia de circulación
- Altura a la que se deba subir
- Duración de la utilización

La elección efectuada deberá permitir la evacuación en caso de peligro inminente.

Se debe garantizar y mantener unas condiciones de trabajo seguras, dando prioridad a las medidas de protección colectiva frente a las medidas de protección individual. La elección de las medidas a adoptar no podrá subordinarse a criterios económicos.

Cuando exista un riesgo de caída de altura de más de dos metros, los equipos de trabajo deberán disponer de barandillas o de cualquier otro sistema de protección colectiva que proporcione una seguridad equivalente. Las barandillas deberán ser resistentes, de una altura mínima de 90 centímetros y cuando sea necesario para impedir el paso o deslizamiento de los trabajadores o para evitar la caída de objetos, dispondrán, respectivamente, de una protección intermedia.

Cuando sea necesario retirar de forma temporal algún dispositivo de protección colectiva contra caídas, deben preverse medidas alternativas que no disminuyan el nivel de seguridad. Dichas medidas deberán especificarse en la planificación preventiva.

El paso en ambas direcciones entre el medio de acceso y las plataformas, tableros o pasarelas no deberá aumentar el riesgo de caída.

Los trabajos temporales en altura sólo podrán efectuarse cuando las condiciones meteorológicas no pongan en peligro la salud y la seguridad de los trabajadores.

6.1.1 ESCALERAS DE MANO

Riesgos:

- Caídas a distinto nivel
- Golpes por caída de objetos
- Atrapamiento
- Contactos eléctricos

Medidas preventivas

Limitaciones:

La elección de este medio como puesto de trabajo en altura deberá limitarse a los supuestos donde la utilización de otros equipos de trabajo más seguros no esté justificada por el bajo nivel de riesgo y por las características de los emplazamientos que el empresario no pueda modificar.

6.1.1.1 CONSIDERACIONES PREVIAS:

- Asegúrese que se encuentra en condiciones adecuadas para utilizar una escalera. Determinadas condiciones médicas (vértigo, etc.) o el uso de determinados medicamentos, alcohol o drogas, hacen el uso de una escalera inseguro.

- Revisiones previas:

- Correcto ensamblaje y buen estado de peldaños y largueros
- Zapatas antideslizantes de apoyo en buen estado
- Cuando proceda, estado de:
 - a) elementos superiores de sujeción
 - b) correcto ensamblaje de los herrajes de las cabezas en escaleras transformables
 - c) topes en la parte superior de las escaleras de tijera y cadenas o dispositivos de unión que limitan su apertura

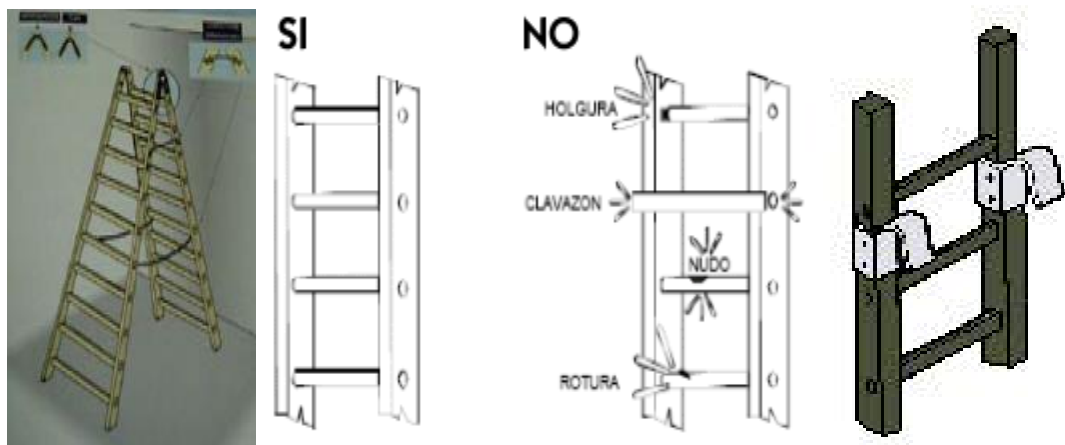


Figura 6.1: Revisiones escaleras.

Fuente: Manual de seguridad de trabajos en altura.

- Comprobar que la escalera es adecuada para la tarea:
 - a) Longitud necesaria
 - b) Material (no se deben utilizar escaleras conductoras para trabajos con riesgo eléctrico)
- Ausencia de materiales deslizantes (barro, aceite, etc.) en peldaños o largueros.

6.1.1.2 COLOCACIÓN:

Los puntos de apoyo de las escaleras se asentarán sólidamente sobre un soporte (suelo, paredes, etc.) estable, de dimensiones adecuadas, resistente e inmóvil, que asegure su estabilidad durante la utilización, de forma que no puedan resbalar ni bascular.

Los peldaños deben quedar en posición horizontal.



Figura 6.2 : Apoyos de escaleras.

Fuente: Manual de seguridad de trabajos en altura.

Las escaleras de mano simples se colocarán, en la medida de lo posible, formando un ángulo aproximado de 75 grados con la horizontal. Respetando la proporción 1:4.

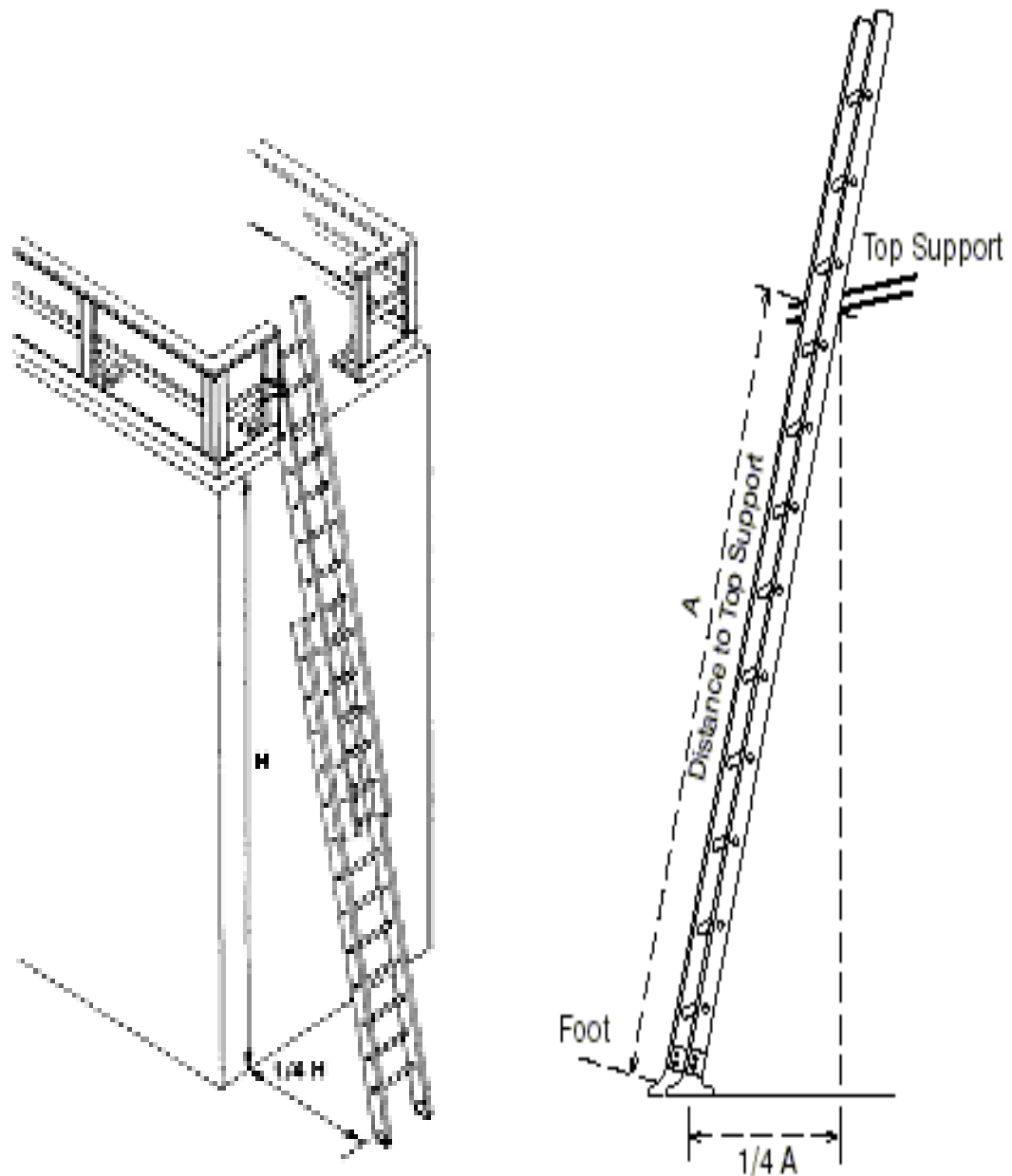


Figura 6.3: Ángulo de inclinación de escaleras.

Fuente: Manual de seguridad de trabajos en altura.

Las escaleras de tijera deberán abrirse completamente.



Figura 6.4: Escaleras tipo tijera.

Fuente: Trabajos en vertical Ministerio de Trabajo.

Las escaleras compuestas de varios elementos adaptables o extensibles deberán utilizarse de forma que la inmovilización recíproca de los distintos elementos esté asegurada. Antes de su uso los dispositivos de bloqueo deben quedar completamente asegurados.



Figura 6.5: Formas de inmovilización de escaleras.

Fuente: Manual de seguridad laboral Ministerio de Trabajo.

Las escaleras con ruedas deberán haberse inmovilizado antes de acceder a ellas.

Las escaleras de mano para fines de acceso deberán tener la longitud necesaria para sobresalir al menos un metro del plano de trabajo al que se accede.



Figura 6.6: Longitud de escaleras.

Fuente: Seguridad laboral MAPFRE.

Las escaleras suspendidas se fijarán de forma segura y, excepto las de cuerda, de manera que no puedan desplazarse y se eviten los movimientos de balanceo.



Figura 6.7: Fijación de escaleras.

Fuente: Sistema anticaídas MAPFRE.

Se impedirá el deslizamiento de los pies de las escaleras de mano durante su utilización ya sea mediante la fijación de la parte superior o inferior de los largueros, ya sea mediante cualquier dispositivo antideslizante o cualquier otra solución de eficacia equivalente.



Figura 6.8: Fijación de escaleras.

Fuente: Sistema anticaídas MAPFRE.

Delimitar y señalizar la zona para no permitir el paso de vehículos o personas

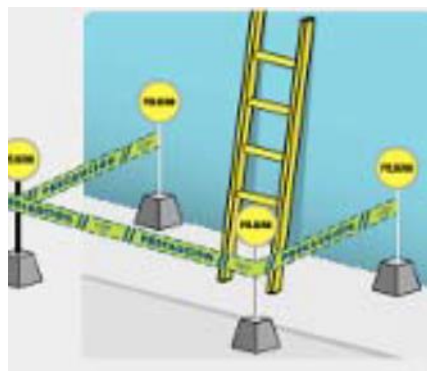


Figura 6.9: Delimitación área.

Fuente: Sistema anticaídas MAPFRE.

Comprobar que el suelo se encuentra libre de material y sustancias resbaladizas (agua, grasa, etc.)

Tener en cuenta la existencia de obstáculos o elementos eléctricos (líneas eléctricas, etc.).

6.1.1.3 UTILIZACIÓN:

El ascenso, el descenso y los trabajos desde escaleras se efectuarán de frente a éstas.

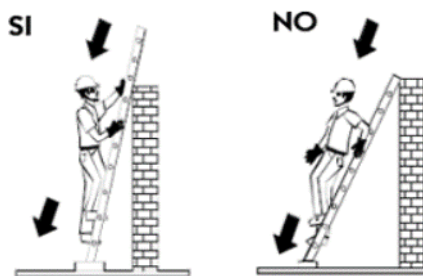


Figura 6.10: Uso escaleras.

Fuente: Sistema anticaídas MAPFRE.

Mantener en todo momento 3 puntos de apoyo con la escalera

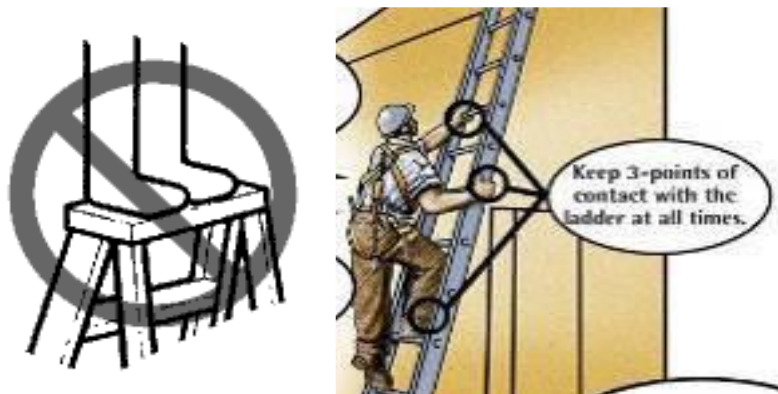


Figura 6.11: Puntos de fijación.

Fuente: Sistema anticaídas MAPFRE.

Las escaleras de mano deberán utilizarse de forma que los trabajadores puedan tener en todo momento un punto de apoyo y de sujeción seguros.

Los trabajos a más de 3,5 metros de altura, desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, sólo se efectuarán si se utiliza un equipo de protección individual anticaídas o se adoptan otras medidas de protección alternativas.



Figura 6.12: Uso escaleras.

Fuente: Sistema anticaídas MAPFRE.

Las herramientas y materiales deberán llevarse en cinturones portaherramientas o bolsas adecuadas. No lleve herramientas ni materiales en la mano cuando suba la escalera.

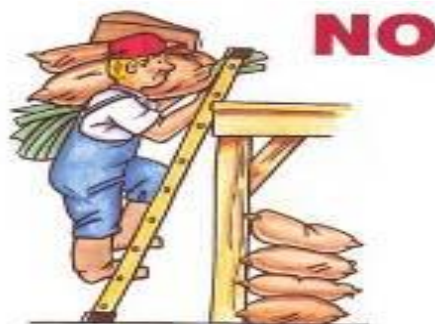


Figura 6.13: Uso de escaleras.

Fuente: Sistema anticaídas MAPFRE.

Cuando sea necesario el izado y descenso de materiales se realizará mediante cuerdas u otros elementos seguros.

Las escaleras de mano no se utilizarán por dos o más personas simultáneamente

No se emplearán escaleras de mano y, en particular, escaleras de más de cinco metros de longitud, sobre cuya resistencia no se tengan garantías.

No sobrecargar la escalera. El trabajador y la carga no deben exceder la carga máxima indicada por el fabricante.

Usar calzado adecuado con las suelas limpias de grasa, aceite, u otras sustancias deslizantes.

Mantener el área alrededor de la escalera libre de materiales y sustancias resbaladizas

Queda prohibido el uso de escaleras de mano de construcción improvisada. No utilizar escaleras en el exterior en condiciones ambientales adversas, (lluvia, fuerte viento, nieve, etc.) Se prohíbe la utilización de escaleras de madera pintadas, por la dificultad que ello supone para la detección de sus posibles defectos.

6.1.2 ANDAMIOS

Riesgos generales:

- Caídas a distinto nivel
- Derrumbe de la estructura
- Golpes por caída de objetos

- Caídas al mismo nivel
- Contactos eléctricos directos o indirectos

6.1.2.1 MEDIDAS PREVENTIVAS

Los andamios deberán proyectarse, montarse y mantenerse convenientemente de manera que se evite que se desplomen o se desplacen accidentalmente.

Las plataformas de trabajo, las pasarelas y las escaleras de los andamios deberán construirse, dimensionarse, protegerse y utilizarse de forma que se evite que las personas caigan o estén expuestas a caídas de objetos. A tal efecto, sus medidas se ajustarán al número de trabajadores que vayan a utilizarlos.

- Cuando no se disponga de la nota de cálculo del andamio elegido, o cuando las configuraciones estructurales previstas no estén contempladas en ella, deberá efectuarse un cálculo de resistencia y estabilidad, a menos que el andamio esté montado según una configuración tipo generalmente reconocida.
- En función de la complejidad del andamio elegido, deberá elaborarse un plan de montaje, de utilización y de desmontaje. Este plan y el cálculo a que se refiere el apartado anterior deberán ser realizados por una persona con una formación universitaria que lo habilite para la realización de estas actividades. Este plan podrá adoptar la forma de un plan de aplicación

generalizada, completado con elementos correspondientes a los detalles específicos del andamio de que se trate.

A los efectos de lo dispuesto en el párrafo anterior, el plan de montaje, de utilización y de desmontaje será obligatorio en los siguientes tipos de andamios:

- Plataformas suspendidas de nivel variable (de accionamiento manual o motorizadas), instaladas temporalmente sobre un edificio o una estructura para tareas específicas, y plataformas elevadoras sobre mástil.
- Andamios constituidos con elementos prefabricados apoyados sobre terreno natural, soleras de hormigón, forjados, voladizos u otros elementos cuya altura, desde el nivel inferior de apoyo hasta la coronación de la andamiada, exceda de seis metros o dispongan de elementos horizontales que salven vuelos y distancias superiores entre apoyos de más de ocho metros. Se exceptúan los andamios de caballetes o borriquetas.
- Andamios instalados en el exterior, sobre azoteas, cúpulas, tejados o estructuras superiores cuya distancia entre el nivel de apoyo y el nivel del terreno o del suelo exceda de 24 metros de altura.
- Torres de acceso y torres de trabajo móviles en los que los trabajos se efectúen a más de seis metros de altura desde el punto de operación hasta el suelo.

Sin embargo, cuando se trate de andamios que, a pesar de estar incluidos entre los anteriormente citados, dispongan del marcado “CE”, por serles de aplicación una normativa específica en materia de comercialización, el citado plan podrá ser sustituido por las instrucciones específicas del fabricante, proveedor o suministrador, sobre el montaje, la utilización y el desmontaje de los equipos, salvo que estas operaciones se realicen de forma o en condiciones o circunstancias no previstas en dichas instrucciones.

- Los elementos de apoyo de un andamio deberán estar protegidos contra el riesgo de deslizamiento, ya sea mediante sujeción en la superficie de apoyo, ya sea mediante un dispositivo antideslizante, o bien mediante cualquier otra solución de eficacia equivalente, y la superficie portante deberá tener una capacidad suficiente. Se deberá garantizar la estabilidad del andamio. Deberá impedirse mediante dispositivos adecuados el desplazamiento inesperado de los andamios móviles durante los trabajos en altura.
- Las dimensiones, la forma y la disposición de las plataformas de un andamio deberán ser apropiadas para el tipo de trabajo que se va a realizar, ser adecuadas a las cargas que hayan de soportar y permitir que se trabaje y circule en ellas con seguridad. Las plataformas de los andamios se montarán de tal forma que sus componentes no se desplacen en una utilización normal de ellos. No deberá existir ningún vacío peligroso entre los componentes de

las plataformas y los dispositivos verticales de protección colectiva contra caídas.

- Cuando algunas partes de un andamio no estén listas para su utilización, en particular durante el montaje, el desmontaje o las transformaciones, dichas partes deberán contar con señales de advertencia de peligro general y delimitadas convenientemente mediante elementos físicos que impidan el acceso a la zona de peligro.

- Los andamios sólo podrán ser montados, desmontados o modificados sustancialmente bajo la dirección de una persona con una formación universitaria o profesional que lo habilite para ello, y por trabajadores que hayan recibido una formación adecuada y específica para las operaciones previstas, que les permita enfrentarse a riesgos específicos de conformidad con las disposiciones del artículo 5, destinada en particular a: La comprensión del plan de montaje, desmontaje o transformación del andamio de que se trate. La seguridad durante el montaje, el desmontaje o la transformación del andamio de que se trate. Las medidas de prevención de riesgos de caída de personas o de objetos.

- Las medidas de seguridad en caso de cambio de las condiciones meteorológicas que pudiesen afectar negativamente a la seguridad del andamio de que se trate.
- Las condiciones de carga admisible.

- Cualquier otro riesgo que entrañen las mencionadas operaciones de montaje, desmontaje y transformación.

Tanto los trabajadores afectados como la persona que supervise dispondrán del plan de montaje y desmontaje mencionado, incluyendo cualquier instrucción que pudiera contener.

Cuando, no sea necesaria la elaboración de un plan de montaje, utilización y desmontaje, las operaciones previstas en este apartado podrán también ser dirigidas por una persona que disponga de una experiencia certificada por el empresario en esta materia de más de dos años y cuente con la formación preventiva correspondiente.

- Los andamios deberán ser inspeccionados por una persona con una formación universitaria o profesional que lo habilite para ello:
 - Antes de su puesta en servicio.
 - Periódicamente después de su puesta en servicio.
 - Tras cualquier modificación, período de no utilización, exposición a la intemperie, sacudidas sísmicas, o cualquier otra circunstancia que hubiera podido afectar a su resistencia o a su estabilidad.

Cuando no sea necesaria la elaboración de un plan de montaje, utilización y desmontaje, las operaciones previstas en este apartado podrán también ser dirigidas por una persona que disponga de una experiencia certificada por el

empresario en esta materia de más de dos años y cuente con la formación preventiva correspondiente, como mínimo, a las funciones de nivel básico.

6.1.2.2 ANDAMIOS CON RUEDAS

- Para garantizar la estabilidad de las torres de acceso y de las torres de trabajo móviles su altura (desde el suelo a la última plataforma) no podrá exceder de 4 metros por cada metro del lado menor. En su caso, y no obstante lo anterior, deberán seguirse las instrucciones del fabricante (utilizar estabilizadores, aumentar el lado menor, etc.).
- Las ruedas de las torres de trabajo móviles deberán disponer de un dispositivo de bloqueo de la rotación y de la traslación. Así mismo, deberá verificarse el correcto funcionamiento de los frenos. Estas torres sólo deben moverse manualmente sobre suelo firme, sólido, nivelado y libre de obstáculos.
- Para evitar su basculamiento está prohibido desplazarlas con personal o materiales y herramientas sobre las mismas.
- No está autorizado instalar poleas u otros dispositivos de elevación sobre estos tipos de andamio, a menos que los mismos hayan sido proyectados expresamente por el fabricante para dicha finalidad.
- Estos tipos de andamios no deben apoyarse, en ningún caso, sobre material ligero o de baja resistencia o estabilidad.

- El acceso a las plataformas de este tipo de andamios deberá realizarse por el interior con escaleras o escalas de peldaños integradas para tal fin, debiendo estar asegurado contra un desprendimiento accidental.
- Debe estar protegida en los cuatro lados perimetrales por una barandilla de altura mínima 90 cm, aunque sería recomendable de 1 m \pm 50 mm, una barra intermedia a 0,45 m de altura como mínimo y un rodapié a una altura mínima de 0,15 m.
- El acceso no debe descansar sobre el suelo. La distancia desde el suelo hasta el primer peldaño será de 400 mm como máximo, 600 mm cuando el primer escalón sea una plataforma)
- Está prohibido saltar sobre los pisos de trabajo y establecer puentes entre una torre de trabajo móvil y cualquier elemento fijo de la obra o edificio.
- Cada uno de los componentes debe ir marcado con un símbolo o letras que identifiquen el sistema de acceso de torre móvil y el fabricante, y el año de fabricación.
- En todas las torres de acceso y de trabajo móvil debe aparecer de forma visible desde el nivel del suelo una placa del fabricante que indique: la marca del fabricante, la designación, las instrucciones de montaje y utilización que se deben seguir detenidamente.
- El fabricante deberá facilitar el manual de instrucciones para su utilización en el lugar de trabajo.



Figura 6.14: Andamios con ruedas.

Fuente: Seguridad laboral Ministerio de Trabajo.

6.1.2.3 RIESGOS

- Caídas a distinto nivel
- Golpes por caída de objetos
- Contactos eléctricos

6.1.2.4 MEDIDAS PREVENTIVAS

La utilización de las técnicas de acceso y de posicionamiento mediante cuerdas se limitará a circunstancias en las que la evaluación del riesgo indique que el trabajo puede ejecutarse de manera segura y en las que, además, la utilización de otro equipo de trabajo más seguro no esté justificada.

Teniendo en cuenta la evaluación del riesgo y, especialmente, en función de la duración del trabajo y de las exigencias de carácter ergonómico, deberá facilitarse un asiento provisto de los accesorios apropiados.

- La utilización de las técnicas de acceso y de posicionamiento mediante cuerdas cumplirá las siguientes condiciones:

- El sistema constará como mínimo de dos cuerdas con sujeción independiente, una como medio de acceso, de descenso y de apoyo (cuerda de trabajo) y la otra como medio de emergencia (cuerda de seguridad).
- Se facilitará a los trabajadores unos arneses adecuados, que deberán utilizar y conectar a la cuerda de seguridad.
- La cuerda de trabajo estará equipada con un mecanismo seguro de ascenso y descenso y dispondrá de un sistema de bloqueo automático con el fin de impedir la caída en caso de que el usuario pierda el control de su movimiento. La cuerda de seguridad estará equipada con un dispositivo móvil contra caídas que siga los desplazamientos del trabajador.
- Las herramientas y demás accesorios que deba utilizar el trabajador deberán estar sujetos al arnés o al asiento del trabajador o sujetos por otros medios adecuados.

- El trabajo deberá planificarse y supervisarse correctamente, de manera que, en caso de emergencia, se pueda socorrer inmediatamente al trabajador.
- Se impartirá a los trabajadores afectados una formación adecuada y específica para las operaciones previstas, destinada, en particular, a:
 - a. Las técnicas para la progresión mediante cuerdas y sobre estructuras.
 - b. Los sistemas de sujeción.
 - c. Los sistemas anticaídas.
 - d. Las normas sobre el cuidado, mantenimiento y verificación del equipo de trabajo y de seguridad.
 - e. Las técnicas de salvamento de personas accidentadas en suspensión.
 - f. Las medidas de seguridad ante condiciones meteorológicas que puedan afectar a la seguridad.
 - g. Las técnicas seguras de manipulación de cargas en altura.
- En circunstancias excepcionales en las que, habida cuenta de la evaluación del riesgo, la utilización de una segunda cuerda haga más peligroso el trabajo, podrá admitirse la utilización de una sola cuerda, siempre

que se justifiquen las razones técnicas que lo motiven y se tomen las medidas adecuadas para garantizar la seguridad.

6.1.3 SISTEMA ANTICAÍDAS

Un sistema anticaída es un sistema individual contra caídas de altura, compuesto de un arnés anticaídas y de un subsistema de conexión, y previsto para detener las caídas.

El objetivo del sistema anticaídas es conseguir la parada segura del trabajador que cae, es decir:

- conseguir que la distancia vertical recorrida por el cuerpo a consecuencia de la caída sea la mínima posible
- que el frenado se produzca en las condiciones menos perjudiciales para el trabajador
- garantizar su mantenimiento en suspensión y sin daño hasta la llegada del auxilio

A la hora de elegir un sistema anticaída adecuado al trabajo a realizar, es necesario tener presente los siguientes aspectos:

- Existe una amplia variedad de clases con una amplia gama de tipos dentro de cada clase, cada uno diseñado para proporcionar unas determinadas prestaciones y con unas limitaciones de uso.

- Los equipos utilizados deben ser compatibles entre sí.
- Se debe tener en cuenta la presencia de obstáculos en las proximidades, la situación del punto de anclaje, el trabajo a realizar, el comportamiento del equipo en caso de caída, etc.

6.1.3.1 DISPOSITIVO DE ANCLAJE

Dispositivo de anclaje elemento o serie de elementos o componentes que incorporan uno o varios puntos de anclaje.

- Clase A
 - Clase A1: anclajes estructurales para ser fijados a superficies verticales, horizontales e inclinadas (paredes, columnas, dinteles).



Figura 6.15: Dispositivos de anclaje tipo A1.

Clase A2: anclajes estructurales para ser fijados sobre techados inclinados



Figura 6.16: Dispositivos de anclaje tipo A2.

- Clase B: dispositivos de anclaje provisionales transportables



Figura 6.17: Dispositivos de anclaje tipo B.

- Clase C: dispositivos de anclaje equipados con líneas de anclaje flexibles horizontales



Figura 6.18: Dispositivos de anclaje tipo C.

- Clase D: dispositivos de anclaje equipados con rieles de anclaje rígidos horizontales



Figura 6.19: Dispositivos de anclaje tipo D.

- Clase E: anclajes de peso muerto para ser utilizados sobre superficies horizontales



Figura 6.20: Dispositivos de anclaje tipo E.

6.1.3.2 ARNÉS ANTICAÍDA

El arnés anticaída es un dispositivo de presión del cuerpo destinado a detener las caídas. El arnés anticaída puede estar constituido por bandas, ajustadores, hebillas y otros elementos, dispuestos de forma adecuada sobre el cuerpo de una persona para sostenerla durante una caída y después de la detención de ésta.

Las bandas textiles están situadas sobre los hombros y en la región pelviana de forma que permitan la sujeción durante la caída y después de la misma. Las bandas textiles están dispuestas de forma que los esfuerzos generados durante la parada de la caída se apliquen sobre las zonas del cuerpo que presentan resistencia suficiente y que, una vez que la caída ha sido parada, el cuerpo quede con la cabeza hacia arriba y un ángulo de inclinación máximo de 50° respecto de la vertical.

Las bandas textiles pueden estar fabricadas de poliamida, poliéster o cualquier otro material adecuado para el uso previsto. La unión de las bandas textiles entre sí o con otros elementos constituyentes del arnés anticaídas se efectúa mediante costuras cuyos hilos tienen un color o tono que contrasta con el de las bandas textiles. Esta cualidad de los hilos de las costuras facilita la revisión visual de su estado.

En las partes anterior y posterior del arnés anticaídas pueden encontrarse elementos de enganche que, durante el uso del equipo, deben quedar situados por encima del centro de gravedad del cuerpo. El elemento de enganche dorsal está constituido por una argolla metálica en D. El elemento de enganche pectoral puede consistir en dos gazas textiles o dos argollas metálicas que han de utilizarse conjuntamente con un conector. Ante la posibilidad de que el arnés anticaída disponga de varios elementos de enganche debe conocerse con precisión el uso para el que está previsto cada uno de ellos y la forma correcta en la que debe hacerse la conexión con otros equipos. Dicho de otra forma, el usuario debe distinguir con claridad los elementos de enganche previstos para formar parte de un sistema anticaídas de aquéllos que están diseñados para otros usos.

El arnés anticaída debe colocarse, fijarse y ajustarse correctamente sobre el cuerpo. Su colocación requiere que el usuario sea previamente adiestrado. Su fijación se consigue mediante unos elementos de ajuste y cierre diseñados de

forma que las bandas del arnés no se aflojen por sí solas. Para su ajuste correcto, las bandas no deben quedar ni demasiado sueltas ni demasiado apretadas.



Figura 6.21: Arnés.

Fuente: Trabajos en altura Ministerio de Trabajo.

6.1.3.2.1 SISTEMA DE CONEXIÓN

El subsistema de conexión permite enganchar el arnés anticaída al dispositivo de anclaje situado en la estructura soporte. Está formado por un dispositivo de parada y los conectores adecuados situados en cada extremo del subsistema. Como dispositivo de parada se puede emplear un dispositivo anticaída o un elemento de amarre con absorbedor de energía. Los dispositivos anticaídas pueden ser, a su vez, deslizantes (sobre línea de anclaje rígida o flexible) o retráctiles.

- El dispositivo anticaída deslizante es un elemento que dispone de una función de bloqueo automático y de un mecanismo de guía. Dicho dispositivo anticaídas se desplaza a lo largo de su línea de anclaje, acompañando al usuario sin requerir su intervención manual, durante los cambios de posición hacia arriba o hacia abajo y se bloquea

automáticamente sobre la línea de anclaje cuando se produce una caída dando lugar a la correspondiente disipación de energía. Esta disipación se produce por la acción conjunta del dispositivo anticaídas deslizante y la línea de anclaje, o bien, mediante ciertos elementos incorporados en la línea de anclaje o en el elemento de amarre.

Los dispositivos anticaídas deslizantes pueden estar dotados de un mecanismo para su apertura que además cumple la condición de que sólo puede abrirse o cerrarse mediante dos acciones manuales consecutivas y voluntarias.

Estos dispositivos anticaídas pueden estar diseñados para engancharse directamente al arnés anticaídas utilizando un conector que puede estar unido de modo permanente o ser separable del dispositivo anticaídas. En otros casos la conexión con el arnés anticaídas se efectúa mediante un elemento de amarre solidario por uno de sus extremos con el dispositivo anticaídas mientras que el otro extremo se engancha al arnés anticaídas mediante un conector solidario o separable. El elemento de amarre puede estar fabricado con cuerda o banda de fibras sintéticas, cable metálico o cadena.

La línea de anclaje rígida puede estar constituida por un riel o por un cable metálico y está prevista para ser fijada a una estructura de forma que sus movimientos laterales estén limitados. Si la línea de anclaje rígida está formada por un cable, debe estar firmemente asegurada y tensa sobre una estructura.

La línea de anclaje flexible puede estar constituida por una cuerda de fibras sintéticas o por un cable metálico. En su caso, el extremo superior de la línea de anclaje está provisto de una terminación adecuada (por ejemplo, una gaza injerida o anudada en el caso de cuerdas o un casquillo embutido en el caso de cables) para que dicha línea pueda ser fijada a un dispositivo de anclaje situado en la estructura soporte. El extremo inferior de la línea de anclaje flexible puede llevar un lastre para mantener tensa la línea.

El dispositivo anticaída deslizante sólo puede ser empleado en la línea de anclaje rígida o flexible para la que ha sido previsto.



Figura 6.22: Dispositivo anticaída.

Fuente: Equipo vertical 3M.

- El dispositivo anticaída retráctil es un dispositivo anticaída que dispone de una función de bloqueo automático y de un mecanismo automático de tensión y retroceso del elemento de amarre de forma que se consigue un elemento de amarre retráctil. El propio dispositivo puede integrar un medio

de disipación de energía o bien incorporar un elemento de absorción de energía en el elemento de amarre retráctil.

Está constituido por un tambor sobre el que se enrolla y desenrolla un elemento de amarre y está provisto de un mecanismo capaz de mantener tenso dicho elemento. Como consecuencia de la caída, la velocidad de desenrollamiento alcanzará un valor umbral para el cual entra en acción un mecanismo de frenado que se opone a dicho desenrollamiento. Estos dispositivos permiten al usuario efectuar desplazamientos laterales, siempre que el ángulo de alejamiento, medido respecto de la vertical que pasa por el punto de anclaje del dispositivo, no supere el valor máximo de diseño para el cual está asegurado el correcto funcionamiento de sus mecanismos. El elemento de amarre puede ser un cable metálico, una banda o una cuerda de fibras sintéticas y presentar diferentes longitudes. En su extremo libre está situado un conector pivotante para su enganche al arnés anticaídas.



Figura 6.23: Dispositivo anticaída retráctil.

Fuente: Equipo vertical 3M.

- Absorbedor de energía con elemento de amarre incorporado. Es un equipo constituido por un elemento de amarre que lleva incorporado un elemento de absorción de energía (en el caso más general se trata de dos cintas textiles imbricadas o cosidas constituyendo una única pieza que se presenta plegada sobre sí misma y enfundada en un material plástico). La disipación de energía se consigue mediante la rotura de los hilos.

La longitud total del referido conjunto no es superior a dos metros, incluyendo los conectores situados en cada extremo. El elemento de amarre puede ser un cable metálico, una banda o una cuerda de fibras sintéticas y su longitud puede ser fija o regulable. Es posible además disponer de absorbedores de energía con dos elementos de amarre incorporados. La conexión con el dispositivo de anclaje y con el arnés anticaídas se efectúa mediante los correspondientes conectores, que pueden ser separables o solidarios.



Figura 6.24: Conectores.

Fuente: Equipo vertical 3M.

Un arnés anticaída y un elemento de amarre sin absorbedor de energía no deben emplearse como sistemas anticaídas.

- Conector. Es un equipo metálico provisto de apertura que se utiliza para enganchar entre sí los diferentes componentes del sistema anticaídas y para su conexión al dispositivo de anclaje situado en la estructura soporte. Es posible disponer de conectores con diferentes aberturas para que pueda realizarse una conexión segura a la estructura soporte. Un conector puede adquirirse como componente independiente o suministrarse integrado en el dispositivo de parada.

Los conectores pueden ser de cierre automático o de cierre de rosca. Un cierre es automático cuando es capaz de volver por sí mismo a la posición de conector cerrado cuando el usuario lo libera desde cualquier posición de apertura. Por el contrario, un cierre de rosca requiere la acción manual del usuario para desplazar la tuerca a su posición de conector cerrado (en esta posición las roscas no son visibles). Los conectores con bloqueo manual sólo son apropiados cuando el usuario no tenga que conectar y retirar el gancho repetidas veces durante la jornada de trabajo, es decir, conexiones permanentes o de larga duración. Los conectores de cierre automático disponen de un mecanismo para el bloqueo del cierre que puede actuar automáticamente o mediante la acción manual del usuario. Para realizar una conexión segura es imprescindible que una vez cerrado el conector se proceda a su bloqueo. Para abrir los conectores de cierre

automático el usuario debe efectuar dos acciones manuales deliberadas y diferentes, como mínimo.

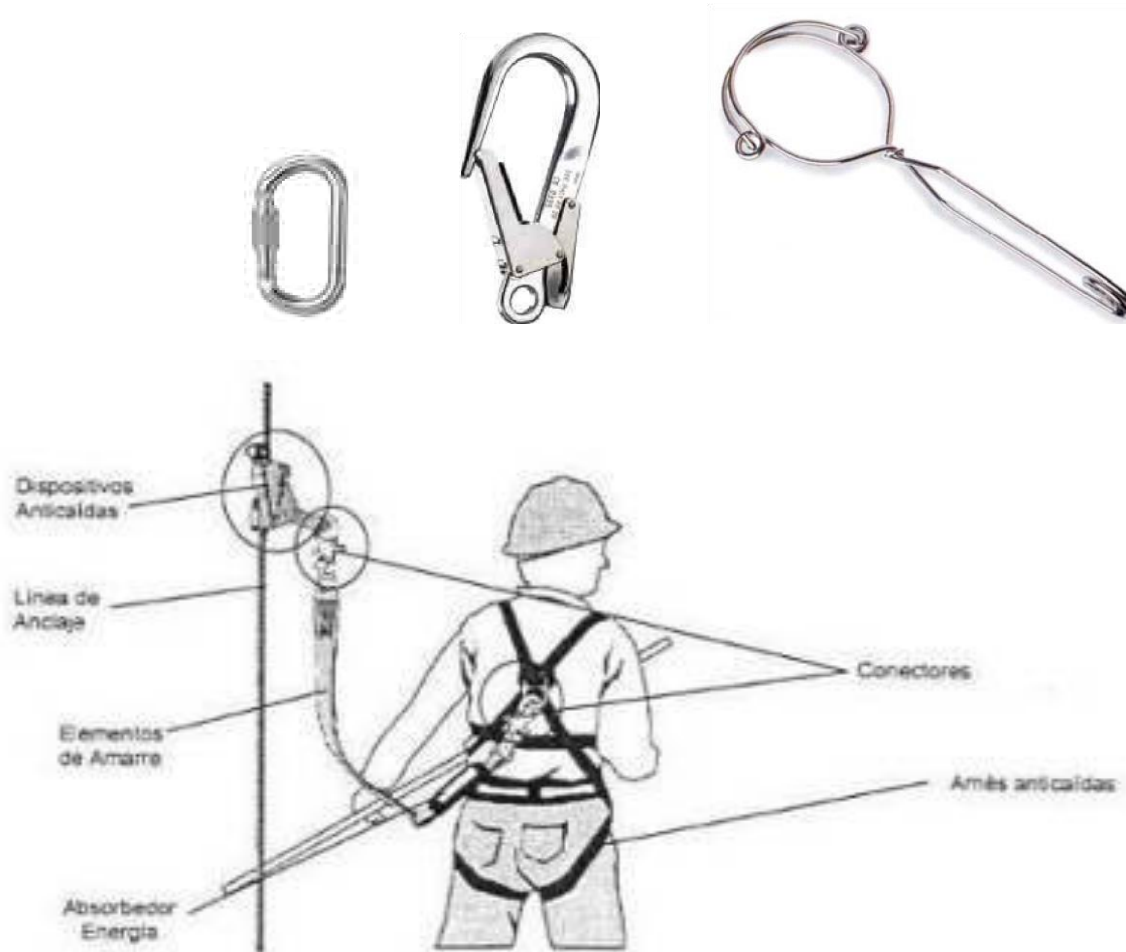


Figura 6.25: Elementos del sistema anticaídas.

Fuente: Trabajos en altura Infrasal.

SISTEMA ANTICAÍDAS = DISPOSITIVO DE ANCLAJE + SUBSISTEMA DE CONEXIÓN (DISPOSITIVOS ANTICAÍDAS, ABSORBEDOR ENERGÍA CON ELEMENTO DE AMARRE INCORPORADO, CONECTORES) + ARNÉS ANTICAÍDAS

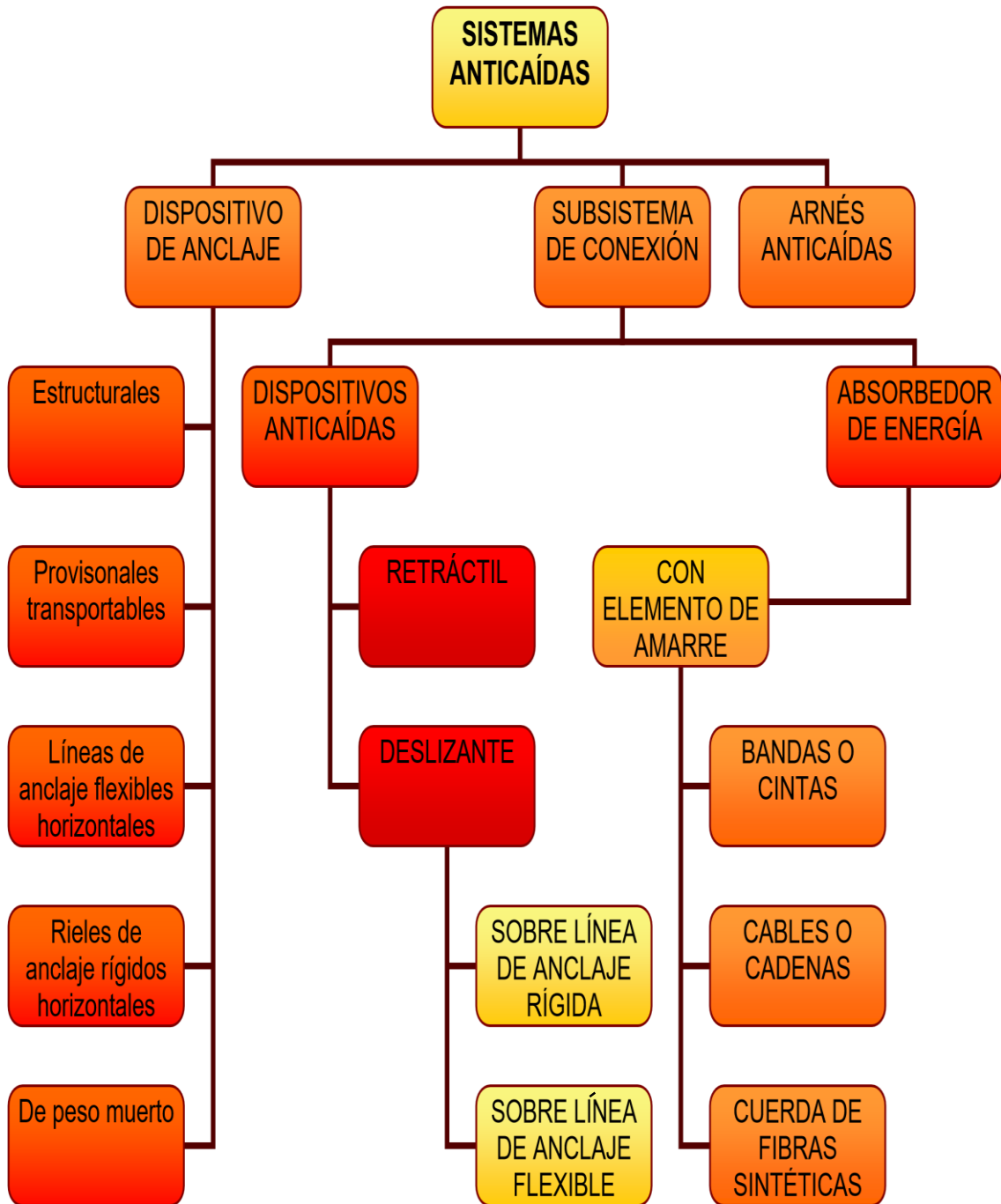


Figura 6.26: Diagrama de sistema anticaídas.

Fuente: Trabajos en altura Ministerio de Trabajo.

6.1.3.3 LÍNEA DE VIDA

Las líneas de vida son puntos de anclaje que se utilizan como apoyo o freno en caso de caída.

Las dos funciones principales de una línea de vida son:

- Restricción de movimiento ante una caída: Una línea de vida es un sistema de prevención anticaídas diseñado para evitar que un trabajador llegue a una zona peligrosa o se acerque al vacío con riesgo de caída.
- Sistema anticaídas: La línea de vida forma parte de un sistema anticaídas cuando es capaz de detener de forma segura a uno o varios trabajadores que están anclados a ella en caso de haberse producido la caída.

Por qué utilizar una línea de vida homologada:

Es por todos conocidos que en todos los sectores se comenten errores y fallos en lo relativo a la seguridad. Sin embargo, nuestra misión es concienciar de la necesidad de erradicar la mala praxis debida de la ignorancia y de factores como la presión en el trabajo, el ahorro de costes o la ignorancia de las consecuencias de no tomar medidas de seguridad en trabajos en altura. La mala praxis en sectores como la construcción acarrea consecuencias como las caídas de altura o lesiones por caída de plataformas de seguridad mal diseñadas, equipos de protección personal en mal estado o caducados, etc.

El ejemplo más claro de mala praxis en construcción e industria es la falta de utilización de líneas de vida en trabajos en altura y el riesgo de lesiones que esto conlleva.

Un trabajador que realice tareas a más de 2 metros de altura necesita llevar un dispositivo anti caídas o arnés de seguridad, un sistema de amarre como cuerdas, eslingas, conectores, etc.

Quien instala una línea de vida:

Es muy importante elegir bien quien va a instalar la línea de vida. Como cualquier sistema de protección o prevención, la mejor opción es elegir una marca o fabricante con autoridad, experiencia y de confianza. Por tanto, para su instalación debemos contar con un instalador o equipo de trabajo con amplia experiencia en la instalación de dispositivos de seguridad anticaídas y la elección de una línea de vida homologada. Las líneas de vida homologadas estarán certificadas por el fabricante, el cual debe proveer de información y documentación sobre la adecuación del dispositivo a las normativas de seguridad. El carro deslizante se usa para estar siempre anclado a la línea de vida y poder moverse por el entorno de trabajo. La norma exige que en ningún momento se suelte el trabajador.

¿Qué normativa regula las líneas de vida?

Es necesario que estudiemos las instrucciones de instalación de los anclajes y líneas de vida que queremos instalar. Debemos seguir las recomendaciones del

fabricante que es el responsable de testear todo el material que vende y que la instalación la haga un profesional cualificado en ingeniería y a ser posible con conocimientos o formación en prevención de riesgos laborales. Tenemos que tener en cuenta que de esa línea de vida depende la vida de uno o varios operarios que puedan estar usándola a la vez para anclarse a una superficie o cubierta y que un error o fallo en la instalación puede acarrear un accidente gravísimo.

Dónde instalar la línea de vida:

Las líneas de vida suelen instalarse en fábricas y naves industriales para trabajos en altura a más de 2 metros.

Factores a tener en cuenta antes de instalar una línea de vida.

El encargado de instalar las medidas de seguridad para trabajar en altura debería tener en cuenta diversos factores como:

- Material, forma y condiciones de la estructura donde vamos a anclar la línea de vida: Hormigón, hierro, madera, panel sándwich, cubierta de junta alzada, etc.
- Distancia entre los puntos de anclajes entre unos 7,50 m y 10 metros.
- Los anclajes no pueden tener obstáculos que modifiquen la tensión de la línea de vida (una columna en medio, por ejemplo).

- La línea de vida podrá ser de paso manual o paso automático, pero no puede haber nada que interrumpa el paso del usuario o que obstaculice el carro (que permite mover el anclaje a lo largo de la línea de vida).
- Si una persona tiene que trabajar sobre una plataforma o cualquier tipo de trabajo vertical, es necesario que utilice las medidas preventivas que existen para evitar cualquier caída.

Cuidado y mantenimiento de una línea de vida:

Para mantener en buenas condiciones el material de seguridad como las líneas de vida o anclajes es necesario llevar a cabo un mantenimiento ligero. Es necesario limpiar los anclajes periódicamente o tras su utilización pues son susceptibles a los excrementos de pájaros, arena, hormigón, nidos, etc. Si se utiliza un carro deslizante hay que limpiarlo y cuidar el cable de acero en caso de corrosión o nudos y torsiones. En caso de que haya sucedido un accidente, es necesario su revisión o re instalación para sustituir los elementos que hayan perdido su efectividad.

Planificar y comprobar la instalación de una línea de vida

Para todo ello, los profesionales de la instalación de sistemas de seguridad para el trabajo en altura cuidan:

- La planificación de la instalación
- Los materiales

– Dispositivos

Además, este tipo de empresas o profesionales disponen de un verificador de anclaje a tracción como es denominado según la normativa, también conocido como tester de forma coloquial.

Realizar ensayos de fuerza sobre un anclaje o línea de vida

El Verificador de Anclaje a Tracción (Tensile testing system) o sistema para ensayos a tracción es un dispositivo que nos permite realizar ensayos de fuerza sobre un anclaje o línea de vida instalada y se utiliza para realizar ensayos de fuerza y comprobaciones de resistencia de los anclajes. El verificador de anclaje a tracción dispone de un elemento de generación de fuerza y un elemento medidor. Por tanto, a la hora de realizar una instalación de una línea de vida la mejor solución es contar con la colaboración de un equipo de ingenieros especializados en la prevención de riesgos e instalación de líneas de vida y otras medidas de seguridad para trabajos de altura.

Cuando no instalar una línea de vida:

Hay veces en las que no es necesario colocar una línea de vida y se opte por otras soluciones como las barandillas de protección colectiva o los retráctiles con absorbedor integrado y anclados a una viga o punto de anclaje fijo o temporal. Todo depende de cómo, dónde y quienes van a trabajar y de las necesidades del proyecto. Finalmente, lo que si debemos tener muy claro es que si una persona tiene que trabajar sobre una plataforma o cualquier tipo de trabajo vertical, es

necesario que utilice las medidas preventivas que existen para evitar cualquier caída.

Diseño de la línea de vida

Cuando se diseña una línea de vida hay dos factores que se deben tener en cuenta:

1. Esfuerzos generados en la estructura y en el trabajador al producirse una caída.
2. Distancia de caída. Los esfuerzos y las distancias de caída serán mayores o menores dependiendo de varios factores:

- Tipo de sistema: horizontal, aéreo, vertical, etc.
- Distancia a la que se coloca el sistema respecto del nivel de trabajo.
- Longitud de la línea.
- Tipo de absorbedores utilizados.
- Número de operarios que van a trabajar simultáneamente en la línea.

A la hora de contratar la instalación de una línea de vida, es conveniente que el diseñador nos proporcione la siguiente información:

- Esfuerzo al que se somete la estructura de soporte.
- Tensión a la que va a ser sometida el sistema.
- Distancia de caída libre.

- Número de personas que pueden trabajar simultáneamente en el sistema anticaídas.

De esta manera podremos asegurar que lo que estamos contratando cumplirá con su cometido de salvar vidas, y que el funcionamiento de la estructura portante de la línea de vida no va a sufrir daños.

6.2 SEGURIDAD ELÉCTRICA

6.2.1 RIESGOS ELÉCTRICOS

Riesgo eléctrico es todo aquel riesgo originado por la energía eléctrica, quedando específicamente incluidos los riesgos de:

- a) Choque eléctrico por contacto directo o indirecto.
- b) Quemaduras por choque o arco eléctrico.
- c) Caídas o golpes como consecuencia de choque o arco eléctrico.
- d) Incendios o explosiones originados por la electricidad.

6.2.1.1 TIPOS DE CONTACTO ELÉCTRICOS

Existen dos tipos de contacto eléctrico:

1) Contacto eléctrico directo:

Para que exista el contacto eléctrico directo es necesario hacer contacto con un elemento normalmente dotado de tensión; puede producirse a

través de cualquier parte del cuerpo que toque directamente una instalación eléctrica o a través de un elemento conductor.

2) Contacto eléctrico indirecto

Son los que se producen al hacer contacto con un elemento que, habitualmente, no es conductor de energía eléctrica, pero que en el momento del contacto está energizado bajo condiciones de fallas de aislamiento o desprendimiento de conductores energizados que puedan hacer contacto con elementos no energizados.

Estos contactos con la corriente eléctrica pueden ocasionar accidentes de dos formas:

1) Lesiones con paso de corriente.

Las lesiones por el paso de corriente son de los siguientes tipos:

- a) Muerte por paro cardíaco o paro respiratorio.
- b) Quemaduras externas e internas.
- c) Lesiones adicionales por caídas y golpes resultantes de la pérdida del equilibrio a causa del shock ocasionado por el contacto eléctrico.

2) Lesiones sin paso de corriente:

Se producen al formarse un arco eléctrico entre dos materiales conductores eléctricos que se encuentren a diferente potencial, cuando por su proximidad se produce ionización del aire generándose un arco.

Las lesiones provocadas por arco eléctrico son las siguientes:

- a) Quemaduras.
- b) Lesiones en los ojos.
- c) Incendios, en proximidad de material combustible.
- d) Explosión en ambientes inflamables.



Figura 6.27: Lesiones frecuentes por electricidad.

Fuente: Guía de Seguridad de Laboratorios, Apéndice 1, UAH.

6.2.2 MEDIDAS PREVENTIVAS

- 1) Toda instalación, conductor o cable eléctrico debe considerarse conectado y en tensión. Antes de trabajar sobre los mismos deberá comprobarse la ausencia de corriente.
- 2) Nunca deberán manipularse elementos eléctricos con las manos mojadas, en ambientes húmedos o mojados accidentalmente.

- 3) No se alterarán ni retirarán las puestas a tierra ni los aislamientos de las partes activas de los diferentes equipos, instalaciones y sistemas.
- 4) Deberá evitarse en la medida de lo posible la utilización de enchufes múltiples para evitar la sobrecarga de la instalación eléctrica. Nunca se improvisarán empalmes ni conexiones.
- 5) Con carácter previo a la desconexión de un equipo o máquina será necesario apagarlo haciendo uso del interruptor.
- 6) Debe evitarse el paso de personas o equipos por encima de los cables para evitar tropiezos, sin olvidar el riesgo que supone el deterioro del aislante.
- 7) Los cables de alimentación eléctrica estarán dotados de una clavija y no directamente con el cable para su conexión a una toma de corriente. Para proceder a su desconexión será necesario tomar la clavija directamente, sin tirar nunca del cable.
- 8) Se deberá prestar especial atención a los calentamientos anormales de los equipos e instalaciones eléctricas, así como chispazos provocados por los mismos. En estos casos será necesaria su inmediata desconexión y posterior notificación, colocando el equipo en un lugar seguro y señalizando su estado hasta ser revisado.
- 9) En ningún caso se llevarán a cabo trabajos eléctricos sin estar capacitado y autorizado para ello. La instalación, modificación y reparación de las

instalaciones y equipos eléctricos, así como el acceso a los mismos, es competencia exclusiva del personal de mantenimiento.

6.2.2.1 MEDIDAS PREVENTIVAS PARA SOLDADURA

- 1) Todo el personal que realice estas actividades debe utilizar el respectivo equipo de protección personal, estos son: guantes, mascara para soldar, botas, delantal soldador de cuero y capucha para soldador.
- 2) Los equipos de soldadura deben trabajar lejos de otros equipos que funcionen con gas u otra sustancia inflamable.
- 3) Cuando se realice trabajos con equipos de soldadura deberán estar conectados a la soldadora por medio de terminales, estos deben estar íntegros y tener sus empalmes perfectamente aislados.
- 4) Siempre utilizar tenazas para el cable de tierra, evitando alambres, varillas, ángulos o cables desnudos.
- 5) Los equipos de soldadura deben estar siempre conectadas a tierra y lejos del agua.
- 6) No se debe realizar nunca soldaduras estructurales o de calidad en presencia de humedad, lluvia o fuerte viento.
- 7) Nunca enfriar los electrodos mediante sumergimiento en agua.
- 8) Nunca conectar una misma pieza a dos máquinas de soldar ya que puede resultar un voltaje suma de las dos.

- 9) Con la soldadora encendida, nunca tocar el electrodo y la pinza de tierra, mucho menos en presencia de agua.
- 10) Se debe señalizarse el área de trabajo para evitar el paso de vehículos o de personas.
- 11) Antes de iniciar los trabajos el personal debe revisar que el área esté libre de materiales inflamables y combustible.

6.2.2.1.1 MEDIDAS PREVENTIVAS PARA SOLDADURA AUTÓGENA Y CORTE CON ACETILENO

- 1) Los cilindros de oxígeno y acetileno deben estar siempre en posición vertical y sujetos para evitar caídas. Cuando no estén en uso deben tener puesto el capuchón y transportarse en carretillas verticales sujetos con cadenas o abrazaderas metálicas.
- 2) Nunca rodar los cilindros ni utilizarlos para otros fines, aunque estos estén vacíos.
- 3) Purgar las mangueras antes de encender, evitando formación de nudos, uniéndolas las dos mangueras a cada metro con cinta de aislar y efectuando los acoplamientos con abrazadera.
- 4) Al cambiar sopletes se deberá cerrar el regulador y nunca doblar las mangueras. En caso de fugas o pérdidas se prohíbe reparar las mangueras

con cinta de aislar; estas deben ser reparadas con acoples con abrazaderas o sustituir la manguera misma.

- 5) Siempre se debe tener a la mano un extintor de polvo químico seco.
- 6) Nunca usar la presión del oxígeno para otro fin (como limpieza o soplado).
- 7) Nunca abrir la llave del acetileno a una presión mayor de 1 kg/cm² y la del oxígeno de 4 kg/cm².
- 8) Es obligación del trabajador, dejar siempre puesta la llave del acetileno en el cilindro cuando la válvula este abierta.
- 9) En el área de almacenamiento de los cilindros, debe separarse los cilindros vacíos de los llenos, se les colocará el capuchón y serán sujetados, manteniéndolos libres y lejos de grasas, aceites o combustible. Deberá cerrarse perfectamente las válvulas y está terminantemente prohibido efectuar las pruebas de los cilindros en el almacén o lugares cerrados.
- 10) En caso de retroceso de la flama se procederá de inmediato a:
 - a) Cerrar la válvula de oxígeno.
 - b) Cerrar la válvula del acetileno.
 - c) Enfriar el soplete sumergiéndolo en agua.
 - d) Dejar enfriar durante 3 minutos.
 - e) Retirar el soplete y abrir paso del oxígeno para desalojar el agua que penetró en el mismo.

6.3 GUARDAS Y PROTECCIONES DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

Los equipos y herramientas cumplen con su objetivo cuando realizan su función de forma segura. Para esto la forma de utilización debe ser adecuada y el trabajador debe contar con la debida formación para el trabajo, conociendo entre otras cosas cuáles son las protecciones con que cada equipo debe tener.

6.3.1 RIESGOS MECÁNICOS

Hablar de riesgo mecánico es hacerlo de una gran variedad de elementos que pueden, en un momento determinado, convertirse en factores de riesgo ¿Cuáles son esos elementos? En resumen, son todos aquellos instrumentos o ayudas que permiten realizar el trabajo de una manera ágil, eficiente, precisa y eficaz, tales como las herramientas y las máquinas.

El empleo de máquinas, si bien ha liberado al hombre de gran parte del esfuerzo que exige su labor, ha sido también motivo frecuente de lesiones; de modo que existe la paradoja: de una parte, las máquinas proporcionan un importante apoyo para la realización del trabajo, y de otra, pueden constituirse en grave factor de riesgo, dada su fuerza, velocidad y fuentes de energía.

Podemos mencionar los siguientes riesgos mecánicos:

1. Puntos de operación con elementos móviles donde la máquina desbasta, corta, perfora o moldea las piezas a maquinar.

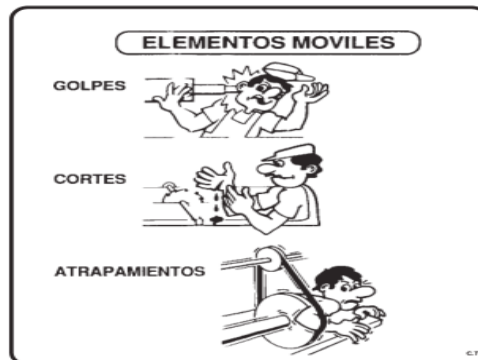


Figura 6.28: Riesgos por elementos móviles.

Fuente: Seguridad en la Construcción, Cinterfor/OIT, 1ra. Edición.

- Elementos de transmisión de potencia como son las correas, engranes, poleas, etc. presentes en los equipos, este tipo de riesgo puede generar puntos de atrapamiento.

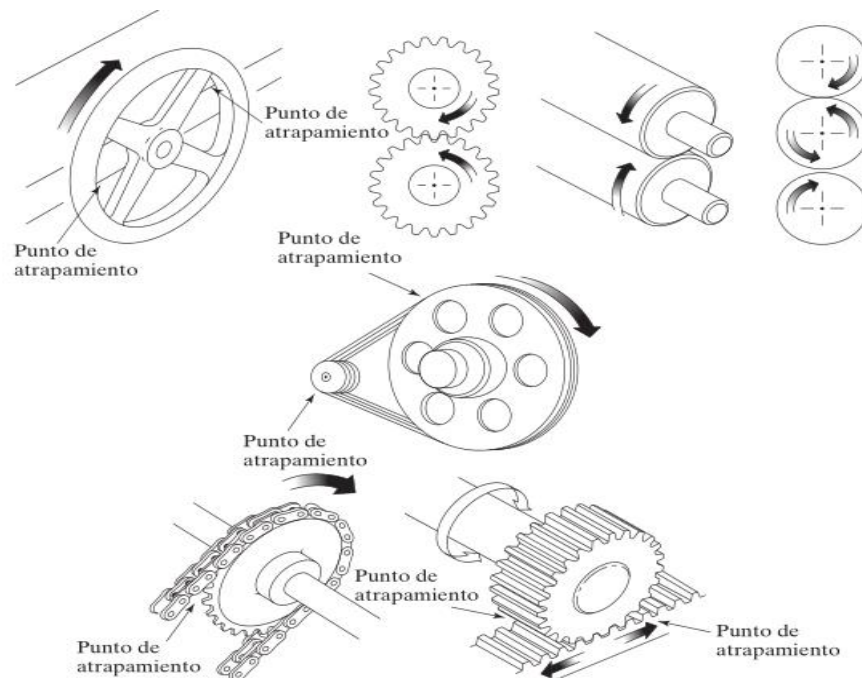


Figura 6.29: Riesgo de atrapamiento.

Fuente: Seguridad Industrial y Administración de la Salud, Asfahl, 6ta. Edición.

3. Chispas o partes lanzadas al aire durante la operación del equipo o herramienta.



Figura 6.30: Riesgos por chipas o partes lanzadas al aire.

Fuente: Seguridad en la Construcción, Cinterfor/OIT, 1ra. Edición.

El principio que se sigue para la protección de maquinaria, es que de ninguna manera pueda tenerse contacto con las partes que significan riesgo: engranajes, elementos cortantes, proyección de materiales, etc. Se deben proteger allí donde el riesgo se genera.

La protección de la maquinaria, se hace mediante dispositivos que se denominan guardas. Las guardas deberán ser construidas de forma que resistan los esfuerzos en las operaciones y en las condiciones de su entorno.

6.3.2 GUARDAS DE PROTECCIÓN

6.3.2.1 GUARDAS FIJAS

Guarda que se mantiene en su posición de forma permanente (soldadura), o mediante elementos de fijación (tornillos), que impiden que puedan ser retirados sin auxilio de herramientas.

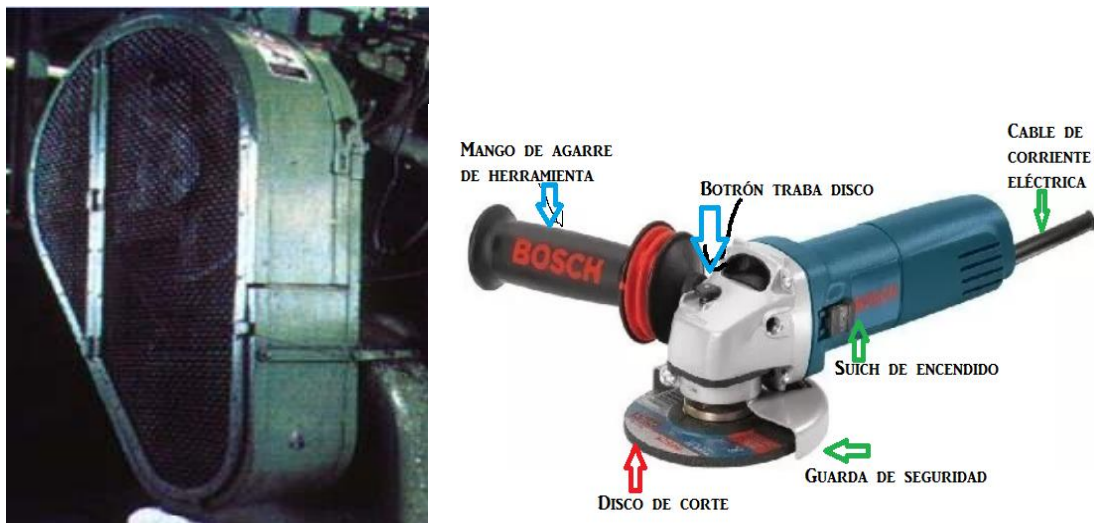


Figura 6.31: Guardas fijas.

Fuente: PROTECCIONES DE MÁQUINAS, OHSAS 18001.

6.3.2.2 GUARDAS MÓVILES

Guardas por lo general asociadas mecánicamente al bastidor de la máquina o a un elemento fijo próximo, mediante bisagras o guías de deslizamiento y que es posible abrir sin uso de herramientas.

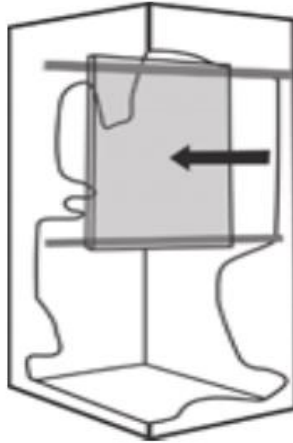


Figura 6.32: Guardas móviles.

Fuente: Seguridad e Higiene Industrial Gestión de Riesgos, Mario Mancera,
Alfaomega, 1ra. Edición.

6.3.2.3 GUARDAS AJUSTABLES

Guardas fijas o móviles que son ajustables en su totalidad o que incorpora partes ajustables.



Figura 6.33: Guardas ajustables.

Fuente: PROTECCIONES DE MÁQUINAS, OHSAS 18001.

6.3.2.4 GUARDAS CON DISPOSITIVO DE PARO

Guardas asociadas a un dispositivo de paro de manera que las funciones de seguridad de la máquina, cubiertas por la guarda, no pueden desempeñarse hasta que la guarda esté cerrada; la apertura de la guarda supone la orden de parada, mientras que su cerrado no provoca la puesta en marcha del equipo.

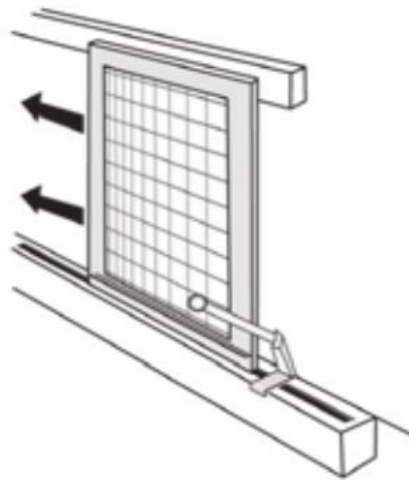


Figura 6.34: Guardas con dispositivo de paro.

Fuente: Seguridad e Higiene Industrial Gestión de Riesgos, Mario Mancera, Alfaomega, 1ra. Edición.

6.3.2.5 GUARDAS AUTOAJUSTABLES

Es una guarda que evita el acceso accidental de una persona o de su cuerpo a un punto o zona de peligro, pero que permite la introducción de la pieza a trabajar, la cual actúa parcialmente de medio de protección. El resguardo vuelve automáticamente a la posición de seguridad cuando finaliza la operación, por ejemplo, en las cortadoras circulares de mano.



Figura 6.35: Guardas autoajustables.

Fuente: PROTECCIONES DE MÁQUINAS, OHSAS 18001.

6.3.2.6 GUARDAS A DISTANCIA

Este tipo de guardas aíslan el equipo o las partes móviles peligrosas de manera que no estén accesibles o no presenten un riesgo para el empleado, para lograr esto la operación del equipo se realiza por medio de controles remotos.

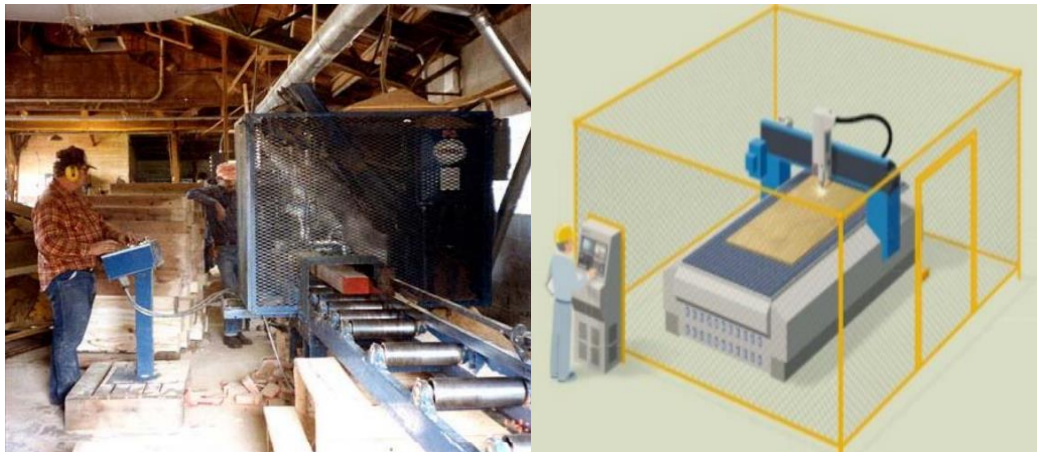


Figura 6.36: Guardas a distancia.

Fuente: PROTECCIONES DE MÁQUINAS, OHSAS 18001.

CAPÍTULO

7

7.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- En esta investigación, luego del análisis y revisión de procesos constructivos, se entrega a los profesionales una herramienta que puede servir como un apoyo de para la toma de decisiones, ya sea para los constructores o supervisores, además de mostrar la formas de controlar la calidad en los aspectos más importantes, facilitando la toma de decisiones al momento de ejecutar y planificar un proyecto de montaje de estructuras metálicas.
- Los métodos de construcción convencionales, utilizados en el campo de las estructuras metálicas, dependen en gran medida de los recursos de la empresa constructora de estructuras de acero, las alternativas con las que se cuenta, y las facilidades que se puedan encontrar en campo, aún así se deben utilizar equipos y herramientas que garanticen la calidad de la estructura y seguridad del personal, es por esto que en este documento se hace mención de algunos equipos idealizados para la ejecución de un montaje.

- Según la investigación realizada, sobre el montaje de estructuras de acero, y las consultas realizadas a los ingenieros constructores y diseñadores de este tipo de proyectos, se puede decir que este tipo de estructuras tienden a ser más aligeradas que una estructura de concreto similar, por tanto, reducen el cortante basal y consigo la cimentación.
- Este documento presenta una metodología para la ejecución del montaje de estructuras de perfiles de acero, por tanto, a los constructores y supervisores les puede facilitar acordar entre ellos la metodología y planificación de su proceso constructivo, ya que si ambos se apegan a una misma orientación de sistema constructivo se puede lograr un mejor trabajo en conjunto.
- Una de las cosas más importantes que hay que destacar en esta investigación es el tiempo de construcción de estructuras de edificios con vigas y columnas de acero de alma llena, es decir, mediante las visitas constantes a proyectos en ejecución con este sistema estructural, se observó y confirmo con los ingenieros constructores, que el tiempo de erección de una estructura de acero es mucho menor que el proceso de forjado de una edificación similar con vigas y columnas de concreto.

- Este trabajo desarrollará ciertos conocimientos y habilidades en el estudiante, logrando incrementar el potencial, no solo en los que se han esforzado por la investigación, sino por todos aquellos que tengan interés en el tema ya que podrá ser un recurso didáctico que ayude en el proceso de enseñanza y aprendizaje durante la carrera y la ejecución de proyectos.
- La investigación realizada ha sido complementado por los aspectos teóricos de los documentos que se mencionaran en la bibliografía, y también los aspectos prácticos como lo son las visitas de campo a proyectos en ejecución de montaje de estructuras de acero, lo cual hace que lo mencionado en los capítulos anteriores es lo más cercano a lo que se hace en el medio salvadoreño, y por tanto sirve como un medio por el cual los ingenieros con poca experiencia puedan obtenerla de manera fácil y específica.
- Se ha podido describir y realizar un ensayo de supervisión de soldadura por medio de la prueba de líquidos penetrantes, este ensayo se realizó por su fácil desarrollo y acceso al material, y es una parte muy importante que se debe mencionar, ya que para los ingenieros supervisores o constructores deben tener el conocimiento para hacer pruebas personal

mente o verificar que el técnico que realiza la prueba o ensayo de soldadura, lo realiza correctamente.

7.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que las soldaduras deben ser ejecutadas por soldadores calificados, es decir el personal debe ser seleccionado por sus habilidades y conocimientos respecto a soldaduras estructurales, además de se deberán someter a un ensayo de calificación de soldador a la hora de iniciar un proyecto y se revisaran y comprobaran las soldaduras durante la ejecución.
- El estudio realizado consiste en la revisión del proceso constructivo para la preparación y montaje de estructuras de acero, no se ha investigado el procedimiento de calificación de soldadores, por tanto, se recomienda y se hace un llamado para que se realice una investigación respecto al procedimiento de calificación de soldadores.
- En el documento se presentan alternativas de equipos para la preparación y montaje de estructuras de acero, no especificando capacidades ni marcas, se recomienda asesorarse con proveedores de equipos que especifiquen el equipo más conveniente para los proyectos a ejecutar.

- La presente investigación menciona tolerancias y metodología de ensayos para pruebas de soldadura, aún así, no se debe considerar como la guía de los ensayos de control de calidad de soldadura, se recomienda tener paralelamente los códigos y bibliografía mencionada en este documento.
- El capítulo seis muestra los riesgos de trabajos en alturas y algunos de los elementos indispensables para la seguridad de los trabajadores durante un montaje, no obstante, no representan un plan de seguridad de higiene ocupacional, se recomienda elaborar un programa de seguridad e higiene ocupacional de acuerdo al proyecto a ejecutar.

BIBLIOGRAFÍA

- Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges (AISC 303-16), 2016.
- Specification for Structural Steel Buildings (AISC 360-16), 2016.
- Structural Welding Code Steel, (AWS D1.1), 2015.
- Manual de Construcción en Acero, 4ta Edición, Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, 2002.
- Enciclopedia de la construcción Ingeniería y Arquitectura, Grupo Editorial OCEANO, Tomo 3.
- Manual del Soldador, Oygasa (Infrasal)
- Diseño de Estructuras Metálicas Jack Mc.Cormac. (México 1,975)
- Manual del Soldador West Arco.
- ASTM E-165-02 Método de Prueba Estándar Para Líquido Penetrante