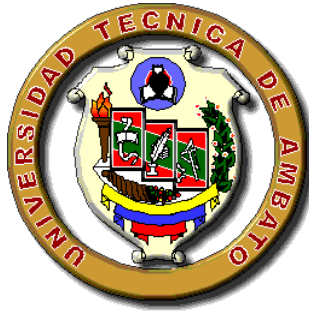


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA

TEMA:

ESTUDIO DEL PROCESO DE SOLDADURA SMAW EN LA FABRICACIÓN DE COLUMNAS ARMADAS EN ESTRUCTURAS METÁLICAS EN LA EMPRESA “METAL MECÁNICA ANTONIO TIRADO” Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS

Autor: Juan Muquinche

Tutor: Ing. Mg. Wilson Henry Vaca Ortega

Ambato – Ecuador

2015

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del presente trabajo estructurado de manera independiente previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, bajo el tema “ESTUDIO DEL PROCESO DE SOLDADURA SMAW EN LA FABRICACIÓN DE COLUMNAS ARMADAS EN ESTRUCTURAS METÁLICAS EN LA EMPRESA “METAL MECÁNICA ANTONIO TIRADO” Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS”, realizado por el señor Juan Pablo Muquinche Puca, estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de ingeniería Civil y Mecánica, de la Universidad Técnica de Ambato, CERTIFICO que el presente trabajo de investigación fue elaborado en su totalidad por el autor y ha sido concluido bajo el plan de tesis aprobado.

Ambato, 26 de Agosto del 2015

EL TUTOR

Ing. Mg. Wilson Henry Vaca Ortega

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo estructurado de manera independiente bajo el tema: “ESTUDIO DEL PROCESO DE SOLDADURA SMAW EN LA FABRICACIÓN DE COLUMNAS ARMADAS EN ESTRUCTURAS METÁLICAS EN LA EMPRESA “METAL MECÁNICA ANTONIO TIRADO” Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS”, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son exclusividad del autor.

Ambato, 26 de Agosto del 2015

Juan Pablo Muquinche Puca

Autor

CESIÓN DE DERECHOS

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato para que haga de esta tesis o parte de ella un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación según las normas de la institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi tesis, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de esta tesis, dentro de las regulaciones de la Universidad siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

.....
Juan Pablo Muquinche Puca

C.I. 1803900784

AUTOR

DEDICATORIA

El presente trabajo de graduación va dedicado a mi Padre Celestial, quien me mandó a esforzarme a ser valiente, a no desmayar porque Él ha prometido que estará conmigo a donde quiera que vaya.

Josué 1:9

También va dedicado a mis padres quienes han sido mi sustento y las fuerzas de seguir adelante a mi familia que son el mayor tesoro que Dios nos ha regalado.

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios supremo creador quién me ha dado la sabiduría y ha sabido guiarme en cada instante de mi vida.

A mis padres que con su paciencia saben sustentar mis anhelos, a mi familia que siempre ha sabido darme aliento en mis momentos de angustia.

Al Señor Antonio Tirado e hijos por abrirme las puertas de su empresa para poder realizar la presente investigación.

A todos los profesores que contribuyeron en mi educación y formación siempre se los agradeceré.

A mi compañero, amigo y hermano que estuvo desde el inicio de carrera Fredy Yanchaguano.

A mi compañero y amigo Diego Arias por su apoyo incondicional

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	iii
CESIÓN DE DERECHOS	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS	xvi
RESUMEN EJECUTIVO	xxiv
CAPÍTULO I.....	1
1. EL PROBLEMA.....	1
1.1. TEMA.....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2.1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.2.1.1. MACRO.....	1
1.2.1.2. MESO	2
1.2.1.3. MICRO	2
1.2.2. ANÁLISIS CRÍTICO.....	2
1.2.3. PROGNOSIS	3
1.2.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.2.5. PREGUNTAS DIRECTRICES	4
1.2.6. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.2.6.1. DE CONTENIDO	5

1.2.6.2. ESPACIAL.....	5
1.2.6.3. TEMPORAL	5
1.3. JUSTIFICACIÓN	5
1.4. OBJETIVOS	6
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	6
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
CAPÍTULO II.....	8
2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	8
2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA	10
2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	10
2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES	11
2.4.1. ESTRUCTURAS METÁLICAS	11
2.4.1.1. TIPOS DE ESTRUCTURAS METÁLICAS	13
a). Estructuras abovedadas	13
b). Estructuras entramadas.....	13
c). Estructuras trianguladas.....	14
d). Estructuras colgantes.....	14
e). Estructuras laminares	14
2.4.1.2. CONEXIONES EN ESTRUCTURAS METÁLICAS	14
a). Por soldadura	14
b). Por tornillo.....	15
2.4.1.3. COLUMNAS ESTRUCTURALES ARMADAS	15
a). Columnas de sección “I” soldadas	15

b). Columnas cruciformes	16
c). Columnas cajón armadas.....	16
d). Columnas cajón de ala ancha	17
2.4.1.4. ESPECIFICACIONES ASD Y LRFD	17
Requisitos de diseño para columnas	20
a) Vigas-Columnas.....	20
b). Cálculo de esfuerzos	21
2.4.1.5. ACEROS UTILIZADOS EN ESTRUCTURAS METALICAS.....	21
a). Acero A36.....	21
b). Acero A529	22
c). Acero A573.....	22
d). Acero A242	22
e). Acero A588.....	22
2.4.2. SOLDADURA.....	23
2.4.2.1. ELECTRODOS	23
2.4.2.2. CLASIFICACIÓN AWS DE LOS ELECTRODOS PARA SOLDADURA DE ACEROS AL CARBONO.....	24
a) Electrodo E-6010	26
b) Electrodo E-6011	27
c) Electrodo E-6013	28
d) Electrodo E-7018	29
2.4.2.3. TIPOS DE UNIONES SOLDADAS	30
2.4.2.4. POSICIONES DE SOLDADURA	31
2.4.2.5. DEFECTOS DE LAS UNIONES SOLDADAS	32
a) Porosidad	32

b)	Fusión Incompleta.....	33
c)	Falta de penetración	33
d)	Inclusiones de escoria.....	34
e)	Socavamiento.....	34
f)	Grietas o fisuras	35
2.4.3.	PROCESO DE SOLDADURA	35
2.4.3.1.	SOLDADURA SMAW (Shielded Metal Arc Welding).....	35
a)	Circuito para soldadura de arco	36
b)	Variables del proceso de soldadura SMAW	37
2.4.4.	ENSAYO DE MATERIALES.....	38
2.4.5.	ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS	39
2.4.5.1.	ENSAYO DE TRACCIÓN.....	39
2.4.5.2.	ENSAYO DE DOBLADO.....	41
2.4.5.3.	ENSAYO DE IMPACTO	42
2.4.5.4.	EXAMINACIÓN VISUAL	42
2.4.5.5.	EXAMINACIÓN POR TINTAS PENETRANTES	43
2.4.5.6.	EXAMINACIÓN POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS	43
2.4.5.7.	EXAMINACIÓN RADIOGRÁFICA	43
2.4.5.8.	EXAMINACIÓN ULTRASÓNICA	44
2.4.5.9.	ENSAYOS METALOGRÁFICOS	44
2.4.6.	PROPIEDADES MECÁNICAS DE SOLDADURA	50
2.5.	HIPÓTESIS	50
2.6.	SEÑALAMIENTO DE VARIABLES.....	50
2.6.1.	TERMINO DE RELACIÓN.....	50

CAPÍTULO III	51
3. METODOLOGÍA	51
ENFOQUE	51
3.1. MODALIDAD Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	51
3.1.1. INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	51
3.1.2. INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL BIBLIOGRÁFICA	51
3.2. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	52
3.2.1. EXPLORATORIA	52
3.2.2. DESCRIPTIVA.....	52
3.2.3. EXPLICATIVA	52
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	52
3.3.1. POBLACIÓN.....	52
3.3.2. MUESTRA	52
3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	54
3.5. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	56
3.6. PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	56
3.6.1. PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	56
3.6.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	56
CAPÍTULO IV	57
4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	57
4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	57
4.1.1. DISEÑO DE LA JUNTA SOLDADA.....	57
4.1.2. DISEÑO DE PROBETA PARA ENSAYOS A TRACCIÓN.....	58
4.1.3. DISEÑO DE LA PROBETA PARA ENSAYOS DE DOBLADO	58

4.1.4.	ENSAYO DE LÍQUIDOS PENETRANTES	59
4.1.5.	ANÁLISIS METALOGRÁFICO	59
4.1.6.	PROCESO DE ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	59
4.1.7.	ASIGNACIÓN DE PROBETAS	63
4.1.8.	CARACTERISTICAS DEL METAL BASE	65
4.1.9.	ENSAYOS DE TRACCIÓN	66
4.1.9.1.	PREPARACIÓN DEL ENSAYO	66
4.1.9.2.	RESULTADOS DE ENSAYOS A TRACCIÓN	69
4.1.10.	ENSAYO DE DOBLADO.....	89
4.1.10.1.	PREPARACIÓN DEL ENSAYO	89
4.1.10.2.	ENSAYOS DE DOBLADO DE CARA Y RAÍZ	92
4.1.11.	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS TINTAS PENETRANTES ..	108
4.1.11.1.	PREPARACIÓN DEL ENSAYO	108
4.1.12.	ENSAYOS METALOGRÁFICOS	125
4.1.12.1.	PREPARACIÓN DEL ENSAYO	125
4.1.12.2.	PRESENTACIÓN DE ENSAYOS METALOGRÁFICOS	128
4.2.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	152
4.2.1.	INTERPRETRACIÓN DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS A TRACCIÓN.....	152
4.2.1.1.	COMPARACIÓN DE RESULTADOS PARA VALORES DE RESISTENCIA A FLUENCIA	154
4.2.1.2.	COMPARACIÓN DE RESULTADOS PARA VALORES DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN	155
4.2.1.3.	COMPARACIÓN DE RESULTADOS PARA VALORES DE PORCENTAJE DE ELONGACION EN 50mm	156

4.2.2. INTERPRETRACIÓN DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS A DOBLADO.....	157
4.2.3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE ENSAYOS METALOGRAFÍCOS	158
4.2.3.1. INTERPETRACIÓN DE LA PERLITA Y FERRITA EN EL METAL BASE DE LA PROBETA	160
4.2.3.2. INTERPETRACIÓN DE LA PERLITA Y FERRITA EN LA SECCIÓN DE SOLDADURA DE LA PROBETA.....	162
4.2.3.3. INTERPRETACIÓN DE LA PERLITA Y FERRITA EN LA SECCIÓN DE LA ZONA TÉRMICA AFECTA DE LA PROBETA	164
4.3. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	166
4.3.1. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS.....	166
CAPÍTULO V	170
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	170
5.1. CONCLUSIONES	170
5.2. RECOMENDACIONES	172
CAPÍTULO VI.....	175
6. PROPUESTA	175
6.1. DATOS INFORMATIVOS.....	175
6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA	176
6.3. JUSTIFICACIÓN	176
6.4. OBJETIVOS.....	177
6.4.1. OBJETIVO GENERAL	177
6.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	177
6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD	178
6.6. FUNDAMENTACIÓN	178

6.6.1.1. PLEGADO DE CHAPAS METÁLICAS PARA CONFORMADO DEL CAJÓN	179
6.6.1.2. DEDUCCIÓN DEL FACTOR K.....	179
6.7. METODOLOGÍA. MODELO OPERATIVO	182
6.7.1. VERIFICACIÓN DE SEGURIDAD DE LAS COLUMNAS ARMADAS SOMETIDAS A FLEXO-COMPRESIÓN.....	182
6.7.2. PROCEDIMIENTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COLUMNAS ARMADAS TIPO CAJÓN SEGÚN AWS D1.1	212
6.8. ADMINISTRACIÓN.....	224
6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN	226
BIBLIOGRAFÍA	227
FUENTES BIBLIOGRÁFICAS.....	227
PÁGINAS WEB	228
ANEXOS.....	229
Anexo A1. Diseño de la Junta de soldadura para unión a tope	229
Anexo A2. Diseño de la probeta para ensayos a tracción.....	230
Anexo A3. Diseño de la probeta para ensayos de doblado cara - raíz.....	231
Anexo A4. Procedimiento para END tintas penetrantes ASTM 165	232
Anexo A5. Criterios de aceptación de examen visual para TP	233
Anexo A6. Tabla para determinar el tamaño de grano	234
Anexo A7. Resultados ensayos de tracción y doblado Escuela Politécnica Nacional, Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones.....	235
Anexo B1. Propiedades mecánicas de los aceros estructurales.....	237
Anexo B2. Estil panel AR2000	238
Anexo B3. Propiedades de perfiles G estructurales.....	239
Anexo B4. Clasificación de los perfiles de suelo	240

Anexo B5. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.....	241
Anexo B6. Coeficientes de perfil de suelo Fa, Fd.....	242
Anexo B7. Coeficientes de perfil de suelo Fs	243
Anexo B8. Razón entre la aceleración espectral	244
Anexo B9. Poblaciones ecuatorianas y el factor Z para verificación sísmica	245
Anexo B10. Coeficientes de configuración estructural	246
Anexo B11. Factor de reducción de resistencia sísmica.....	247
Anexo B12. Categoría de edificio y coeficiente de importancia.....	248
Anexo B13. Coeficiente de corrección σ características topográficas	249
Anexo B14. Velocidad promedio del viento para el sector de Cunchibamba.....	250
Anexo B15. Factor de forma Cf	250
Anexo B16. Valor de carga viva para cubierta redonda	251
Anexo B17. Esfuerzos combinados en columnas.....	252
Anexo C1. Propiedades de electrodo E-6010.....	253
Anexo C2. Propiedades de electrodo E-6011.....	254
Anexo C3. Propiedades de electrodo E-6013.....	255
Anexo C4. Propiedades de electrodo E-7018.....	256
Anexo D. Planos Civiles de la estructura construida.....	257
Anexo E. Planos Constructivos de la Estructura	258

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 2. 1 Categorías Fundamentales.....	11
Figura 2. 2 Estructura mixta columnas armadas	12
Figura 2. 3 Estructura columnas armadas	13
Figura 2. 4 Columna Armada Sección I.....	16
Figura 2. 5 Columna Armada Sección Cruciforme	16
Figura 2. 6 Columna Armada Sección Cajón.....	17
Figura 2. 7 Columna Armada Sección Cajón ala ancha	17
Figura 2. 8 Constantes determinación resistencia de columnas a pandeo	18
Figura 2. 9 Sistema de clasificación de electrodos AWS	25
Figura 2. 10 Sistema de clasificación de electrodos AWS A5.1	26
Figura 2. 11 Tipos de unión Soldadura.....	31
Figura 2. 12 Tipos de Soldadura.....	31
Figura 2. 13 Designación de la las posiciones de soldadura según ANSI/AWS A3.0:2001	32
Figura 2. 14 Tipos de Soldadura.....	32
Figura 2. 15 Tipos de Soldadura.....	33
Figura 2. 16 Tipos de Soldadura.....	33
Figura 2. 17 Tipos de Soldadura.....	34

Figura 2. 18 Tipos de Soldadura.....	34
Figura 2. 19 Tipos de Soldadura.....	35
Figura 2. 20 Proceso de soldadura SMAW	36
Figura 2. 21 Circuito para soldadura por arco.....	37
Figura 2. 22 Plantilla de comparación	46
Figura 2. 23 Modo Planimétrico.....	47
Figura 2. 24 Geometrías utilizadas en la medición del tamaño de grano mediante el procedimiento de intersección.....	48
Figura 2. 25 Métodos de intercepción	49

CAPÍTULO IV

Figura 4. 1 Soldadura a tope de canal cuadrada	57
Figura 4. 2 Probeta para ensayos de tracción	58
Figura 4. 3 Probeta para ensayos de doblado cara - raíz.....	59
Figura 4. 4 Diagrama análisis de ensayos destructivos y no destructivos	60
Figura 4. 5 Diagrama análisis de ensayos destructivos y no destructivos	61
Figura 4. 6 Diagrama análisis de ensayos destructivos y no destructivos	62
Figura 4. 7 Corte metal base.....	66
Figura 4. 8 Soldadura de probetas	66
Figura 4. 9 Mecanizado de probetas	66
Figura 4. 10 Probetas para ensayo de tracción	67
Figura 4. 11 Máquina para ensayos de tracción	67

Figura 4. 12 Ensayo de probetas.....	67
Figura 4. 13 Probetas ensayadas.....	68
Figura 4. 14 Corte metal base.....	89
Figura 4. 15 Soldado de probetas	89
Figura 4. 16 Designación de probetas.....	89
Figura 4. 17 Maquina para ensayos de doblado	90
Figura 4. 18 Doblado de probetas.....	90
Figura 4. 19 Probetas dobladas.....	91
Figura 4. 20 Plegado de Columnas	108
Figura 4. 21 Soldado laterales columna	108
Figura 4. 22 Transporte de columna	109
Figura 4. 23 Pre soldeo de columnas	109
Figura 4. 24 Soldadura de penetración en columnas	109
Figura 4. 25 Limpieza de soldadura de penetración	110
Figura 4. 26 Soldadura de acabado.....	110
Figura 4. 27 Tintas penetrantes	110
Figura 4. 28 Aplicación del Limpiador (cleaner)	111
Figura 4. 29 Aplicación del penetrante en la soldadura.....	111
Figura 4. 30 Aplicación del revelador en la soldadura	111
Figura 4. 31 Extracción de probetas para ensayo metalográfico.....	125
Figura 4. 32 Ubicación de las probetas en resina	126

Figura 4. 33 Ubicación de las probetas en resina	126
Figura 4. 34 Lijado de las probetas.....	126
Figura 4. 35 Sustancia química utilizada para ensayo metalográfico.....	127
Figura 4. 36 Microscopio para obtención de microestructura.....	127
Figura 4. 37 Comparación de la resistencia a fluencia para las diferentes combinaciones de electrodos.....	154
Figura 4. 38 Comparación de la resistencia a tracción para las diferentes combinaciones de electrodos.....	155
Figura 4. 39 Comparación del porcentaje de elongación para las diferentes combinaciones de electrodos.....	156
Figura 4. 40 Variación del tamaño de grano para combinaciones de electrodos en metal base.....	158
Figura 4. 41 Variación del tamaño de grano para combinaciones de electrodos en la soldadura	159
Figura 4. 42 Variación del tamaño de grano para combinaciones de electrodos en la Zona térmica afectada.....	160
Figura 4. 43 Variación de Perlita combinación de electrodos en Metal Base.....	161
Figura 4. 44 Variación de la Ferrita combinación de electrodos en Metal Base.	162
Figura 4. 45 Variación de la Perlita combinación de electrodos en sección soldada	163
Figura 4. 46 Variación de la Ferrita combinación de electrodos en la sección soldada	163
Figura 4. 47 Variación de la Perlita combinación de electrodos en la ZAT	164
Figura 4. 48 Variación de la Ferrita combinación de electrodos en la ZAT	165

Figura 4. 49 Grafica t de student para ensayos de tracción.....	169
---	-----

CAPÍTULO VI

Figura 6. 1 Probeta K para determinar factor K	180
Figura 6. 2 Probeta K plegada	180
Figura 6. 3 Isométrica de la estructura.....	183
Figura 6. 4 Especificación de la estructura	184
Figura 6. 5 Angulo de inclinación de la estructura.....	184
Figura 6. 6 Distribución de cargas para la correa.....	185
Figura 6. 7 Valores de Ct	190
Figura 6. 8 Análisis estructural por medio de software de elementos finitos	195
Figura 6. 9 Áreas cooperantes para cada columna	196
Figura 6. 10 Asignación de cargas en columnas laterales dir. x	197
Figura 6. 11 Áreas afectadas por el viento.....	198
Figura 6. 12 Cargas aplicadas en la parte frontal de la estructura.....	199
Figura 6. 13 Asignación de cargas en columnas centrales dir. x.....	200
Figura 6. 14 Asignación de cargas en columnas centrales dir. y.....	201
Figura 6. 15 Asignación de cargas distribuidas.....	202
Figura 6. 16 Asignación de carga muerta	203
Figura 6. 17 Asignación de carga viva.....	203
Figura 6. 18 Resultados de análisis de carga en elementos.....	204
Figura 6. 19 Resultados de análisis en codo de la estructura	204

Figura 6. 20 Asignación de carga del puente grúa en columna.....	205
Figura 6. 21 Resultado del esfuerzo máximo en la estructura	205
Figura 6. 22 Fuerza axial en columna.....	206
Figura 6. 23 Fuerza axial en columna.....	206
Figura 6. 24 Fuerza axial en columna.....	207
Figura 6. 25 Dimensiones de la columna principal de estudio.....	208
Figura 6. 26 Propiedades de sección de la columna	209

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO II

Tabla 2. 1 Valores típicos E-6010	27
Tabla 2. 2 Valores típicos E-6011	28
Tabla 2. 3 Valores típicos E-6013	29
Tabla 2. 4 Valores típicos E-7018	30
Tabla 2. 5 Polaridades de soldadura SMAW	37
Tabla 2. 6 Factor de corrección Q	46

CAPÍTULO IV

Tabla 4. 1 Especificaciones de la soldadura a tope de canal cuadrada	58
Tabla 4. 2 Asignación códigos ensayos a tracción	63
Tabla 4. 3 Asignación códigos ensayos a doblado de cara y raíz.....	63
Tabla 4. 4 Asignación códigos tintas penetrantes	64
Tabla 4. 5 Asignación códigos análisis metalográfico	64

Tabla 4. 6 Extracción de probetas para ensayo metalográfico	125
Tabla 4. 7 Resultados de ensayos a tracción para combinación E-6010 y E-6013	152
Tabla 4. 8 Resultados de ensayos a tracción para combinación E-6010 y E-7018	152
Tabla 4. 9 Resultados de ensayos a tracción para combinación E-6011 y E-6013	153
Tabla 4. 10 Resultados de ensayos a tracción para combinación E-6011 y E-7018	153
Tabla 4. 11 Resultados de ensayo de probetas de doblado cara y raíz	157
Tabla 4. 12 Variación del tamaño de grano en la soldadura	158
Tabla 4. 13 Variación de Perlita combinaciones de electrodos en Metal Base...	161
Tabla 4. 14 Variación de Ferrita combinaciones de electrodos en Metal Base ..	161
Tabla 4. 15 Variación de Perlita combinaciones de electrodos en Soldadura.....	162
Tabla 4. 16 Variación de Ferrita combinaciones de electrodos en Soldadura	163
Tabla 4. 17 Variación de Perlita combinaciones de electrodos en Zona Térmica Afectada	164
Tabla 4. 18 Variación de Ferrita combinaciones de electrodos en Zona Térmica Afectada	165
Tabla 4. 19 Valores muestra.....	167
Tabla 4. 20 Estadísticos para una muestra	167
Tabla 4. 21 Prueba para una muestra.....	168

CAPÍTULO VI

Tabla 6. 1 Cargas aplicadas en columnas laterales dirección X.....	197
Tabla 6. 2 Cargas frontal de la estructura	198
Tabla 6. 3 Cargas aplicadas en columnas laterales dirección Y.....	199
Tabla 6. 4 Cargas aplicadas en columnas centrales dirección X.....	200
Tabla 6. 5 Cargas aplicadas en columnas centrales dirección Y	201
Tabla 6. 6 Costos totales de la investigación y propuesta.....	225

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Autor: Juan Pablo Muquinche Puca

Tutor: Ing. Mg. Wilson Henry Vaca Ortega

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación se desarrolla en base a la exigencia del cumplimiento de normativas de soldadura contempladas por organismos internacionales y aplicadas en el país por medio de la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), tal es el caso de la AWS D1.1 (Código de soldadura Estructural - Acero) en donde se realiza una selección adecuada de la junta, la selección de electrodos en la que se garantice una adecuada soldadura de raíz y de acabado, además por medio de ensayos destructivos y no destructivos se verifica que la soldadura realizada cumpla con los parámetros contemplados en la normativa antes mencionada.

La variación de parámetros de soldadura contemplados en el presente estudio pretende asegurar una adecuada soldadura por lo cual se realiza el análisis en diferentes combinación de electrodos en pase de penetración o raíz y en pase de acabado con electrodos AWS. A5.1. Según esto se determinó la combinación óptima en base a ensayos de tracción alcanzados en la AWS D1.1 apartado 4.9.3.4, además de ensayos de doblado de cara y raíz apartado 4.9.3.1, presentes en la misma norma, además se realizó un análisis metalográfico en cada combinación según la norma ASTM 112, también un análisis de defectología por medio de tintas penetrantes contemplada en la norma ASTM 165. Donde se concluyó a la combinación E-6010, E7018 como la que presenta mejores propiedades y la más óptima a ser aplicada en la construcción estructural.

Para consolidar el cumplimiento de los parámetros alcanzados en el estudio es necesario establecer los procedimientos de soldadura (WPS) de tal manera que el trabajador cumpla con los mismos y sea sujeto de verificación, además es importante realizar la optimización del proceso de corte y plegado del mismo para reducir al máximo desperdicios de material por medio de la determinación de

factores K. La verificación de resistencia estructural muestra los valores máximos de carga soportados por el diseño propuesto, el mismo que presenta el esfuerzo producido en la columna soldada siendo el tema de estudio, asegurando que la misma no falla por combinación de cargas expuestas en la NEC.

Palabra clave: Soldadura SMAW, propiedades mecánicas, estructura metálica, columnas.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA

1.1. TEMA

ESTUDIO DEL PROCESO DE SOLDADURA SMAW EN LA FABRICACIÓN DE COLUMNAS ARMADAS EN ESTRUCTURAS METÁLICAS EN LA EMPRESA “METAL MECÁNICA ANTONIO TIRADO” Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.2.1.1. MACRO

La soldadura a pesar de ser uno de los procesos de fabricación más antiguo, en la actualidad ocupa gran nivel de importancia en los diferentes tipos de empresas de orden mundial; debido a sus bajos costos de aplicación, facilidad y confiabilidad en la conexión de elementos.

En la construcción metalmecánica es uno de los principales procesos de conexión por su bajo costo y por la facilidad de ejecución en campo y en altura, es razonable esperar que durante la próxima década, los procesos de soldadura continuarán siendo utilizados y desarrollados de manera progresiva, por el alto impacto socioeconómico que este brinda, es de esperar que los nuevos métodos de soldadura por procesos automatizados, robots y el amplio crecimiento del sector industrial demande calidad y eficiencia en el proceso, la normativa internacional del

soldadura brinda los parámetros necesarios que garantizan en cualquier tipo de estructura metálica altos estándares en calidad y fiabilidad.

1.2.1.2. MESO

En el Ecuador la tecnología en soldadura no ha quedado rezagada ya que existen varias empresas que han invertido en modernizar sus equipos y mantenerse al margen mundial en tecnología, sin embargo conforme a la demanda del mercado actual es importante regirse a las normas vigentes que demandan los institutos reguladores de construcción, tal es el caso del INEN con el reglamento de soldadura en estructuras de acero, como también la Norma Ecuatoriana de construcción (NEC).

Debido al amplio campo metalmecánico en el país se han creado varios organismos de control no solamente en el área de la construcción, sino también en el área industrial.

1.2.1.3. MICRO

Dentro de la región centro del país destaca la provincia de Tungurahua con el sector principalmente carroceros donde la soldadura es el proceso más importante dentro del armado estructural, a más de esto también existen empresas dedicadas a la construcción de estructuras metálicas y que brindan servicio para diferentes necesidades metalmecánicas y de mantenimiento, debido a tal demanda es importante implementar en la empresa local lineamientos de acuerdo a normativa de soldadura vigente para así garantizar la calidad del trabajo.

1.2.2. ANÁLISIS CRÍTICO

El acero ofrece varias ventajas sobre otros materiales para la construcción, en principio por una mayor relación de resistencia y rigidez por unidad de volumen; además de ser un material homogéneo y que mantiene uniformidad de las propiedades mecánicas y físicas en el transcurso del tiempo.

Tiene además la ventaja de manejabilidad de los componentes estructurales en taller y campo, facilidad de transporte, así como ligereza, ductilidad, resistencia a la fatiga y gran capacidad de absorción de energía.

En el aspecto económico, por su menor peso, se obtiene un ahorro en la cimentación y por su alta relación resistencia/peso se usa de manera intensiva en edificios altos y estructuras de grandes claros.

En estructuras metálicas la soldadura es una de las principales conexiones que podemos encontrar en la mayor parte de la industria metalmecánica, y su correcta aplicación garantiza un trabajo de calidad y una soldadura eficaz.

Dentro de los principales problemas que tenemos en el proceso de soldadura son las porosidades, discontinuidades, agrietamientos que se producen al momento de la fabricación o montaje de los componentes a ser soldados, como causa principal tenemos el desconocimiento por parte del soldador de las técnicas aplicables a los diferentes tipos de uniones, a más de eso es importante destacar que el material antes de ser soldado debe o no tener cierto tratamiento térmico y preparación que influye en la resistencia y durabilidad de la soldadura.

Todo este proceso debe contar con la documentación necesaria que garantice que se realizó según la normativa, y realizado por personal calificado capaz de interpretar y corregir cualquier incumplimiento del procedimiento, de esta manera se reducirán los defectos producidos en la soldadura y posibles fracturas en la misma lo que dará como resultado un trabajo de calidad y por ende alta competitividad en el mercado.

1.2.3. PROGNOSIS

Debido al gran nivel competitivo local enfocado a prestaciones metalmecánicas, es importante destacar y brindar valores agregados en calidad y fiabilidad de los servicios y productos ofertados, en el caso de no realizarse investigación y estudios como el propuesto se seguirán utilizando procesos de soldadura SMAW inadecuados en la fabricación de columnas conformadas, generando defectos y posibles fallos en la estabilidad de la estructura. El incumplimiento de la normas de

soldadura en estructuras metálicas según instituciones reguladoras conlleva a penalizaciones según la gravedad del caso.

Hay que mencionar que la corrección de una defectuosa soldadura incurre en gastos adicionales a la empresa a más del tiempo que toma realizar el mismo, por lo que se pretende reducir al máximo los gastos adicionales.

En el futuro al aumentar la demanda de producción en la empresa será necesario planes de acción repetibles según el trabajo que se desee realizar y según la normativa AWS D1.1 que garantiza un trabajo óptimo.

Además se incurrirá en gastos innecesarios por desperdicio de material al no tener procedimientos adecuados en el área de corte en plasma CNC y proceso de plegado según radios de pliegue factores K y longitudes de corte.

1.2.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es factible estudiar el proceso de soldadura SMAW en la fabricación de columnas armadas en estructuras metálicas en la empresa “METAL MECÁNICA ANTONIO TIRADO” y su incidencia en las propiedades mecánicas?

1.2.5. PREGUNTAS DIRECTRICES

¿Es factible determinar que combinación de electrodos serán adecuados para obtener adecuadas propiedades mecánicas en uniones soldadas mediante el proceso SMAW en columnas metálicas de acero al carbono A 36?

¿Se pueden describir los parámetros necesarios para garantizar una soldadura adecuada en estructuras de acero según procedimientos de la NEC (Norma Ecuatoriana de la construcción) y la AWS D1.1?

¿Es posible determinar el tipo de unión soldada más adecuada y factible para la fabricación de columnas armadas?

¿Es factible determinar defectos de soldadura en la fabricación de columnas metálicas armadas basado en normativa AWS D1.1?

1.2.6. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.6.1. DE CONTENIDO

El proyecto se realizó basado en fundamentos del área de soldadura contemplados en la norma AWS D1.1, como en la norma de la construcción Ecuatoriana NEC, además de procedimientos basados en el Load and Resistance Factor Design (LRFD) y Diseño en base a tensiones Admisibles (ASD) para construcción de estructuras metálicas para la verificación de sección en la columna.

1.2.6.2. ESPACIAL

El presente proyecto se llevó a cabo en la empresa “METAL MECÁNICA ANTONIO TIRADO” ubicada en la ciudad de Ambato Panamericana Norte Km 7

1.2.6.3. TEMPORAL

El proyecto se llevó a cabo durante los meses de Febrero y Agosto del 2015

1.3. JUSTIFICACIÓN

El presente estudio analizó el proceso de soldadura en columnas metálicas armadas, se requiere optimizar esta área por la importancia que esta tiene en la estructura metálica, ya que al fallar la misma puede estar comprometida toda la estabilidad de la misma. Además esta área es la que más control tiene por parte normativas de construcción ecuatorianas como también se analizó la correcta utilización de procesos de ensayos no destructivos para el proceso de fabricación.

Es importante mencionar que uno de los principales sectores industriales de la provincia es el sector metalmecánico, que en muchos casos se encuentra dedicado a la construcción de elementos mecánicos y estructuras metálicas de diferentes configuraciones.

También se pretende alcanzar estándares altos de calidad en el área de soldadura de la empresa “METAL MECÁNICA ANTONIO TIRADO” basados en normativas AWS D1.1 para estructuras metálicas como también en la NEC (Norma

Ecuatoriana de la construcción), todo esto basado en el correcto proceso de la soldadura SMAW que es la que más se utiliza actualmente en el área de soldadura.

Es importante mencionar que la empresa no cuenta con especificaciones de proceso de soldadura o (WPS), registro de calificación de procedimiento (PQR), calificación de la habilidad del soldador (WPQ) para utilizar técnicas de soldadura repetibles y fiables.

En la actualidad los procesos de soldadura se realizan de maneras empíricas y basadas en la experiencia del trabajador, razón por la cual se producen constantemente defectos y correcciones en las soldaduras realizadas.

El contar con la documentación necesaria en los procesos repetibles y no repetibles dentro de los diferentes procesos de soldadura garantizara que la soldadura se realizó mediante un correcto procedimiento y basado en la normas establecidas.

Los requerimientos empresariales son de vital importancia para el presente estudio ya que se pretende alcanzar estándares ISO 9001 de calidad en sus procedimientos por lo que es importante que el principal proceso de unión soldada este según normativa vigente y aplicable a la construcción de estructuras metálicas y puentes grúa.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Estudiar del proceso de soldadura SMAW en la fabricación de columnas armadas en estructuras metálicas en la empresa “METAL MECÁNICA ANTONIO TIRADO” y su incidencia en las propiedades mecánicas

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar que combinación de electrodos serán adecuados para obtener adecuadas propiedades mecánicas en uniones soldadas mediante el proceso SMAW en columnas metálicas de acero al carbono A 36.

Determinar los parámetros necesarios para garantizar una soldadura adecuada en estructuras de acero según procedimientos de la NEC (Norma Ecuatoriana de la construcción) y la AWS D1.1.

Determinar el tipo de unión soldada más adecuado y factible para la fabricación de columnas armadas.

Determinar defectos de soldadura en la fabricación de columnas metálicas armadas basado en normativa AWS D1.1.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Existen algunos proyectos investigativos realizados en el país referentes al estudio de estructuras como el realizado por Caisaguano D. con el tema: “DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA, CALIFICACIÓN DE SOLDADORES Y CONTROL DE CALIDAD DE ESTRUCTURAS SOLDADAS DE ACUERDO CON AWS D1.1” Tesis publicada de Ingeniería Mecánica, ESPOCH, Ecuador. Donde estudia la calidad de la soldadura en estructuras metálicas mediante la norma presentada.

Conclusiones del proyecto de investigación mencionado:

Se desarrolló una metodología para una adecuada comprensión del código AWS D1.1-2010, y en función de esto se ha podido realizar los procedimientos-guía para:

- Las WPS's precalificadas y calificadas.
- La calificación de la habilidad del personal de soldadura.
- El control de calidad de soldaduras de producción en estructuras de acero.
- Los criterios de aceptación para inspección de soldadura para los métodos de inspección visual, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, y ultrasonidos.
- La inspección de soldadura en una estructura soldada, para los métodos de inspección visual, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, y ultrasonidos.

Se realizó un sistema de procedimientos para el control de calidad de las soldaduras de producción, las mismas que se deben usar de forma paralela. Los procedimientos del sistema son:

- El procedimiento de control de calidad.
- El procedimiento de criterios de aceptación para el método en particular.
- El procedimiento de inspección para el método correspondiente.

Se elaboraron instructivos para el llenado de los siguientes formatos:

- Las WPS's precalificadas y calificadas.
- La calificación de la habilidad del personal de soldadura.
- La inspección de la soldadura, para los métodos de inspección visual, líquidos penetrantes, partículas magnéticas y ultrasonidos.

También existen proyectos investigativos de soldadura y las propiedades mecánicas en la ESCUELA POLITECNICA NACIONAL como el tema de investigación: "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA SOLDADURA OBTENIDA CON LOS ELECTRODOS E7018 DE DIFERENTES MARCAS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA NACIONAL" donde se hace énfasis a los Ensayos Destructivos, los procedimientos necesarios para los mismos, además del análisis metalográfico en la probetas.

En esta tesis el autor concluye:

El trabajo realizado en este proyecto verifica que el proceso de evaluación de la calidad de la soldadura requiere de una conjunción de ensayos, no se puede hablar de calidad de soldadura con un solo ensayo. Si bien una norma requiere ciertos ensayos, se debe tener en cuenta condiciones específicas donde es muy importante el criterio ingenieril para la realización de los ensayos que se crean convenientes, o incluso la necesidad de ratificar ciertos resultados con

nuevos ensayos. De este modo se logra obtener mayor confiabilidad de los resultados sobre la calidad de una soldadura

2.2. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

La investigación se realizó aplicando un paradigma crítico propositivo por denotar la interpretación, comprensión y explicación de las variables del problema en cuestión, además de forma crítica llegar a una solución acorde a las necesidades empresariales en el área de soldadura de la empresa en estudio.

2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

La presente investigación se fundamentó en las siguientes normas:

Norma ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-AC) 2015 capítulo de estructuras metálicas

ASTM E165 (Método de ensayo normalizado para inspección por líquidos penetrantes)

ASTM 112 (Ensayos metalográficos)

AWS D1.1 (Código de soldaduras en estructuras de acero)

AWS B4.0 (Métodos estandarizados para ensayos mecánicos de soldadura)

2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES

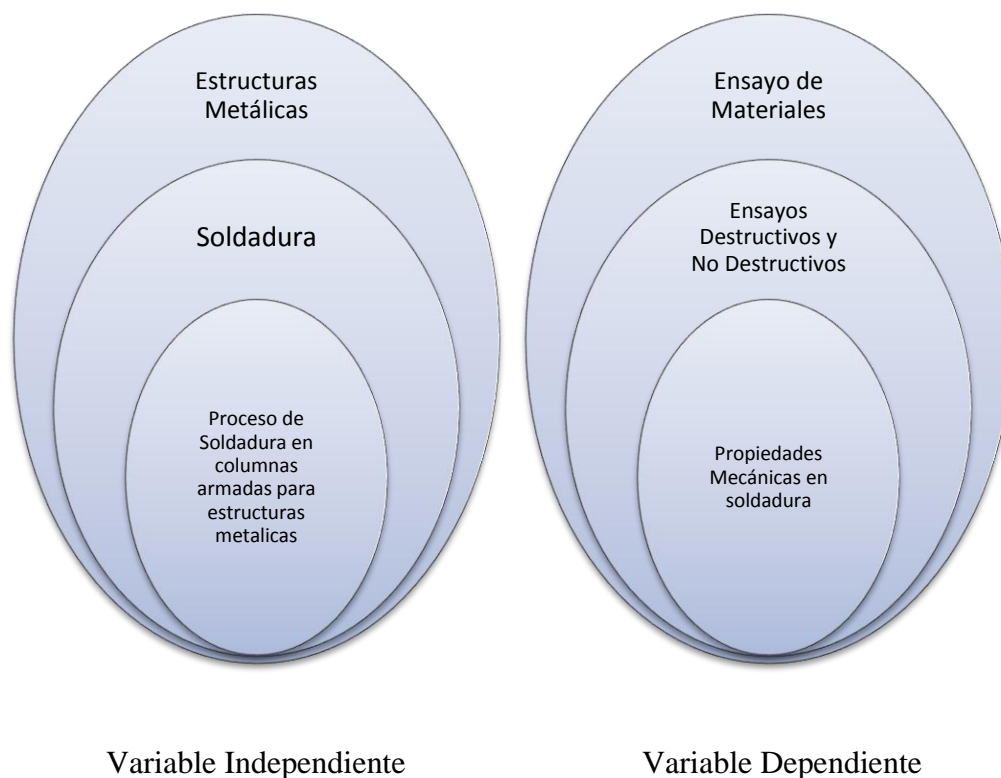


Figura 2. 1 Categorías Fundamentales

Fuente: Autor

2.4.1. ESTRUCTURAS METÁLICAS

(Construmática, 2014). Las Estructuras Metálicas constituyen un sistema constructivo muy difundido en varios países, cuyo empleo suele crecer en función de la industrialización alcanzada en la región o país donde se utiliza.

Se lo elige por sus ventajas en plazos de obra, relación coste de mano de obra – coste de materiales, financiación, etc.

Las estructuras metálicas poseen una gran capacidad resistente por el empleo de acero. Esto le confiere la posibilidad de lograr soluciones de gran envergadura, como cubrir grandes luces, cargas importantes.

Al ser sus piezas prefabricadas, y con medios de unión de gran flexibilidad, se acortan los plazos de obra significativamente.

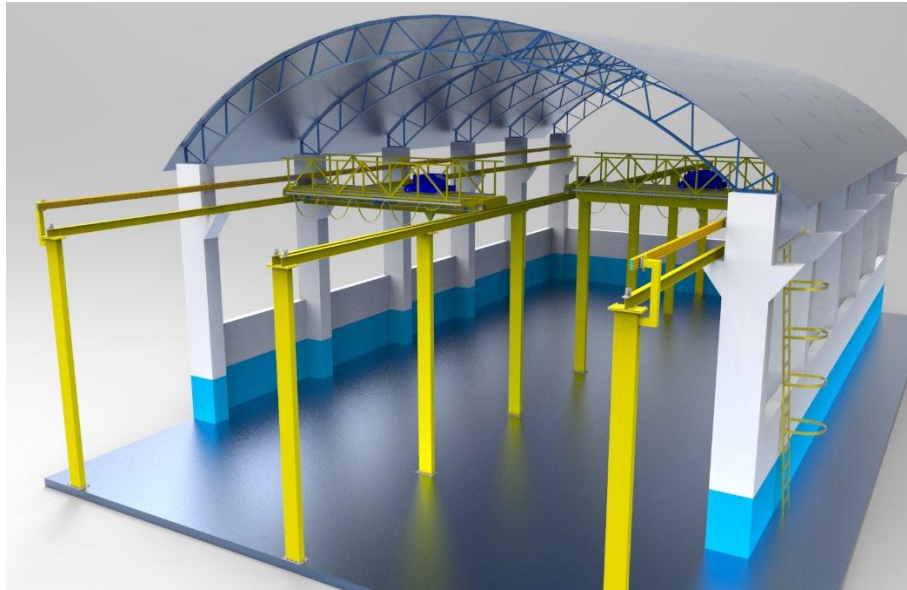


Figura 2. 2 Estructura mixta columnas armadas

Fuente: Metal Mecánica Antonio Tirado

La estructura característica es la de entramados con nudos articulados, con vigas simplemente apoyadas o continuas, con complementos singulares de celosía para arriostrar el conjunto.

El uso de columnas conformadas en estructuras metálicas es de gran ventaja por la reducción de espacio en la construcción y por la facilidad de montaje en lugares alejados.

En algunos casos particulares se emplean esquemas de nudos rígidos, pues la reducción de material conlleva un mayor coste unitario y plazos y controles de ejecución más amplios. Las soluciones de nudos rígidos cada vez van empleándose más conforme la tecnificación avanza, y el empleo de tornillería para uniones.

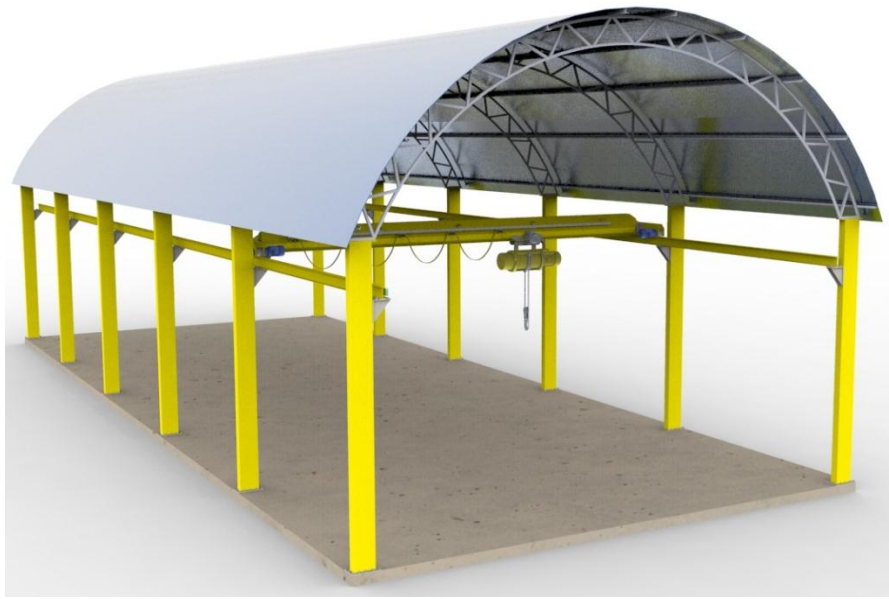


Figura 2. 3 Estructura columnas armadas

Fuente: Metal Mecánica Antonio Tirado

2.4.1.1. TIPOS DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

(Areatecnología, 2013) Partiendo de la base que las estructuras metálicas son artificiales ya que las ha inventado el ser humano podremos entonces destacar qué tipos de estructuras hay:

a). Estructuras abovedadas

(Areatecnología, 2013) Estas estructuras son todas aquellas en las que se emplean bóvedas, cúpulas y arcos para repartir y equilibrar el peso de la estructura, como por ejemplo puede verse en las catedrales o iglesias.

b). Estructuras entramadas

(Areatecnología, 2013) Estas son las más comunes ya que son las que utilizan la mayoría de los edificios que podemos ver en cualquier ciudad. Emplean una gran cantidad de vigas, pilares, columnas y cimientos, es decir, una gran cantidad de elementos horizontales y verticales para repartir y equilibrar el peso de la estructura. Estas estructuras son más ligeras porque emplean menos elementos que las abovedadas por ejemplo y así pueden conseguirse edificios de gran altura.

c). Estructuras trianguladas

(Areatecnología, 2013) Las trianguladas se caracterizan como su propio nombre indica por disponer sus elementos de forma triangular, suelen ser muy ligeras y económicas. Suelen utilizarse para la construcción de puentes y naves industriales. En estos casos hay dos formas que son las más utilizadas, la cercha y la celosía.

d). Estructuras colgantes

(Areatecnología, 2013) Las estructuras colgantes o colgadas son aquellas que utilizan cables o barras (tirantes) que van unidos a soportes muy resistentes (cimientos y pilares). Los tirantes estabilizan la estructura, como puede verse por ejemplo en los puentes colgantes.

e). Estructuras laminares

(Areatecnología, 2013) Todas aquellas formadas por láminas resistentes que están conectadas entre sí y que sin alguna de ellas la estructura se volverían inestables, como pueden ser las carrocerías y fuselajes de coches y aviones.

Estructuras Geodésicas: Son estructuras poco comunes que están formadas por hexágonos o pentágonos y suelen ser muy resistentes y ligeras. Son estructuras que normalmente tienen forma de esfera o cilindro.

2.4.1.2. CONEXIONES EN ESTRUCTURAS METÁLICAS

a). Por soldadura

(Areatecnología, 2013) La soldadura es la más común en estructuras metálicas de acero y no es más que la unión de dos piezas metálicas mediante el calor. Aplicándoles calor conseguiremos que se fusionen las superficies de las dos piezas, a veces necesitando un material extra para soldar las dos piezas.

b). Por tornillo

(Areatecnología, 2013) Los tornillos son conexiones rápidas que normalmente se aplican a estructuras de acero ligeras, como por ejemplo para fijar chapas o vigas ligeras.

2.4.1.3. COLUMNAS ESTRUCTURALES ARMADAS

Según la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) pág. 82-83

Las columnas que son parte del SRCS (Sistema Resistente de Carga Sísmica) deben tener una adecuada resistencia para evitar pandeo global o fractura por tensión. Las fuerzas requeridas para el diseño de las columnas, que se presentan a continuación, representan límites razonables en las fuerzas axiales que pueden experimentar las columnas y se espera que diseñar para estas fuerzas prevenga la falla global de la columna.

Las columnas armadas deben satisfacer la Sección E6 de la Especificación AISC 360-10 a menos de que ésta sea modificada por esta sección. La transferencia de fuerzas internas y esfuerzos entre elementos de la columna armada debe ser realizada por medio de la soldadura. Cuatro tipos de secciones transversales para columnas se permiten

a). Columnas de sección “I” soldadas

Según la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) pág. 82-83

Los elementos de las columnas de sección “I” deben cumplir los requerimientos de esta Disposición.

Dentro de la zona que se extiende desde 300 mm (12 pulg.) sobre el ala superior de la viga hasta 300 mm (12 pulg.) bajo el ala inferior de la viga, a menos que se especifique algo diferente en este Capítulo, el alma y alas de la columna deben estar conectadas mediante soldadura de ranura de penetración completa (SRPC) con un refuerzo de soldadura de filete (SF). El tamaño mínimo de la

soldadura de filete deberá ser el menor valor entre 8 mm. (5/16 pulg.) o el espesor del alma de la columna.



Figura 2. 4 Columna Armada Sección I

Fuente: Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC)

b). Columnas cruciformes

Los elementos de las columnas cruciformes, fabricadas de perfiles rolados o armados a partir de placas, deben cumplir con esta Disposición y con la Sección E6 de la Especificación AISC 360-10.

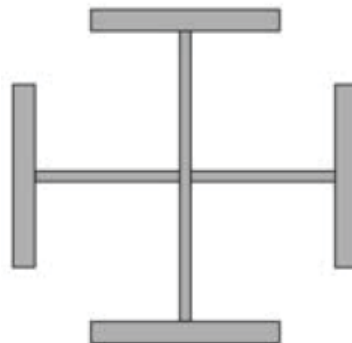


Figura 2. 5 Columna Armada Sección Cruciforme

Fuente: Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC)

c). Columnas cajón armadas

Según la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) pág. 82-83

Pueden ser armadas a través de planchas metálicas y soldadas

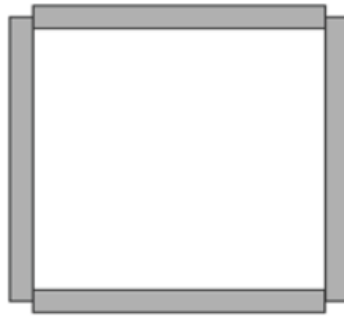


Figura 2. 6 Columna Armada Sección Cajón

Fuente: Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC)

d). Columnas cajón de ala ancha

Según la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) pág. 82-83

Las columnas cajón de ala ancha son aquellas que están formadas por un perfil W y dos placas laterales soldadas a las alas del perfil W. Estas columnas deben cumplir los requerimientos de esta Disposición.



Figura 2. 7 Columna Armada Sección Cajón ala ancha

Fuente: Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC)

2.4.1.4. ESPECIFICACIONES ASD Y LRFD

Los dos métodos utilizan el concepto de longitud efectiva de columna KL para el diseño de un miembro a compresión o columna axialmente cargado. El coeficiente de pandeo es la relación entre la longitud efectiva de columna y la

longitud no arriostrada L , estos valores dependerán de las condiciones de apoyo de la columna que va a diseñarse. (Bonilla & Rueda, 2006, págs. 26-27)

Los valores de diseño de K recomendados por el Structural Stability Research Council para usarlos se ilustran en la siguiente figura.

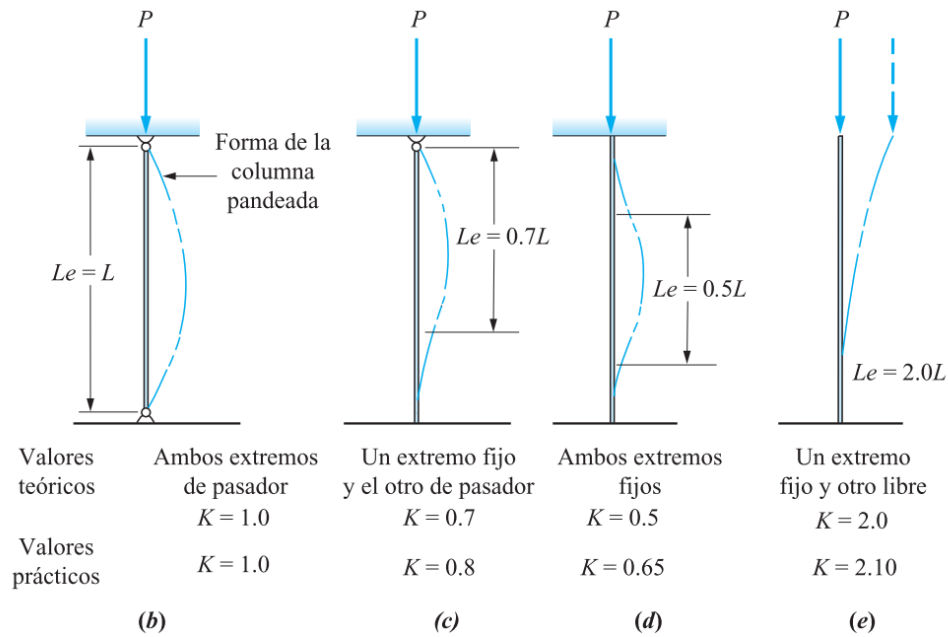


Figura 2. 8 Constantes determinación resistencia de columnas a pandeo

Fuente: (Mott, 2009)

La resistencia a la compresión axial de una columna depende de su rigidez medida por la relación de esbeltez KL/r en donde r es el radio de giro respecto al plano de pandeo, por consideraciones de capacidad de servicio el AISC recomienda que KL/r no sea superior a 200

Donde:

$K =$ Factor de longitud efectiva

$L =$ Longitud efectiva

$r =$ radio de giro

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad \text{Ec. 2.1}$$

$I =$ Momento de inercia de la sección

$A =$ Area de la sección transversa

Según la norma ASD, el esfuerzo de compresión admisible depende si el pandeo será elástico o inelástico, como se indica por la relación de esbeltez

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} \quad \text{Ec. 2.2}$$

Donde:

$E =$ Módulo de elasticidad

$F_y =$ Limite de fluencia

Cuando $KL/r < C_c$, el esfuerzo de compresión admisible F_a sobre la sección bruta debe calcularse a partir de:

Fuerza admisible

$$F_a = \frac{1 - \frac{(KL/r)^2}{2C_c^2}}{5/3 + 3\frac{(KL/r)}{8C_c} - \frac{(KL/r)^3}{8C_c^3}} F_y \quad \text{Ec. 2.3}$$

Donde:

$$\frac{K}{L} = \text{relación de esbeltez}$$

Fuerza crítica

$$f_{cri} = F_y \left[1 - \frac{0.5KL/r^2}{C_c^2} \right] \quad \text{Ec. 2.4}$$

Factor de seguridad

$$F_a = \frac{f_{cri}}{FS} \quad \text{Ec. 2.5}$$

Cuando $KL/r > C_c$, el esfuerzo de compresión admisible es

Fuerza admisible

$$F_a = \frac{12\pi^2 E}{23(KL/r)^2} \quad \text{Ec. 2.6}$$

Fuerza crítica

$$f_{cri} = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} \quad \text{Ec. 2.7}$$

Factor de seguridad

$$F_a = \frac{f_{cri}}{FS} \quad \text{Ec. 2.8}$$

Requisitos de diseño para columnas

$$I_a = \frac{f_a}{F_a} \leq 1 \quad \text{Ec. 2.9}$$

Donde a su vez

$$f_a = \frac{P}{A} \quad \text{Ec. 2.10}$$

$$\frac{L}{r} \leq 200 \quad \text{Ec. 2.11}$$

a) Vigas-Columnas

(Bonilla & Rueda, 2006) Un elemento se puede decir que trabaja como viga-columna cuando está sometido a una combinación de cargas axiales y flexionantes. Estas situaciones se presentan en la construcción de marcos rígidos (es decir, las columnas soportan axialmente la carga del edificio, así como los momentos en los extremos de las vigas que conectan las mismas). En los edificios industriales se puede utilizar las ménsulas de las columnas para soportar la viga

carrilera y, finalmente la carga de la grúa. La resultante excentricidad de la ménsula produce un momento flector además de las cargas axiales de la columna.

b). Cálculo de esfuerzos

Compresión + Flexión respecto al eje fuerte

Este es un caso crítico porque las dos cargas son desestabilizadoras. De manera general el diseño es aceptable cuando se cumple lo siguiente:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1 \quad \text{Ec. 2.12}$$

$$f_b = \frac{M}{S_x} \quad \text{Ec. 2.13}$$

Donde:

M = *Momento flector máximo en el codo*

S_x = *Módulo de sección*

$$F_b = 0.6 F_y \quad \text{Ec. 2.14}$$

2.4.1.5. ACEROS UTILIZADOS EN ESTRUCTURAS METALICAS

(Silva & Morales, 2011) El acero es una aleación metálica constituida principalmente por hierro y carbono, obtenida por el afino del arrabio proveniente del alto horno o de la fundición de chatarra metálica a base de hierro. El acero cuenta con proporciones de carbono que van aproximadamente del 0,002% hasta el 2,0%, y porcentajes de elementos de aleaciones incluidos en el proceso de fabricación del acero. El acero cuenta con propiedades específicas sobre todo de resistencia y ductilidad, las cuales son muy importantes para su aplicación en la ingeniería.

a). Acero A36

(Silva & Morales, 2011) Es el principal acero al carbono para puentes, edificaciones, y otros usos estructurales. Este acero provee un punto mínimo de fluencia de 36 ksi en todos los perfiles estructurales.

b). Acero A529

(Silva & Morales, 2011) Es un acero al carbono-manganeso para propósitos estructurales generales. Está disponible en perfiles y planchas en un rango de tamaño limitado. Puede ser encontrado con una resistencia de fluencia mínima de 50 ksi (grado 50) o 55 ksi (grado 55).

c). Acero A573

Está disponible en tres grados de resistencia para planchas de acero al carbono de dureza mejorada.

d). Acero A242

(Silva & Morales, 2011) Es un acero aleado que fue desarrollado para eliminar la necesidad de pintura, forma una película estable de óxido cuando está expuesto a la intemperie y proporciona una resistencia a la corrosión cuatro veces mayor que la proporcionada por el acero al carbono. Cuenta con un punto de fluencia mínimo de 50 ksi y puede ser encontrado en planchas superiores a los $\frac{3}{4}$ de pulgada de espesor y en perfiles estructurales livianos.

e). Acero A588

(Silva & Morales , 2011) Es el principal acero resistente a la corrosión para trabajo estructural. Provee de una resistencia a la fluencia de 50 ksi en planchas superiores a las 4 pulgadas de espesor y en todas las secciones estructurales. Varios grados son incluidos en la especificación para permitir el uso de varias composiciones desarrolladas por los productores de acero. Este acero proporciona una resistencia cuatro veces mayor a la que proporciona un acero al carbono estructural. (Silva & Morales , 2011, págs. 32-33)

2.4.2. SOLDADURA

Se denomina soldadura a cualquier proceso de unión de dos metales, en general de la misma composición, mediante la fusión del material, con presión o sin presión entre las partes y con aportación o no de otro material. Existen gran cantidad de procesos que cumplen los requisitos anteriores, desde la forja, que ya se practicaba en la antigüedad, hasta los más modernos de haz de electrones o de soldadura por láser. Cada proceso tiene sus indicaciones para ser empleado en los diferentes campos de la tecnología. En el campo de las Estructuras Metálicas se emplea con mayor profusión el proceso SMAW (Shielded Metal Arc Welding) de soldeo manual con electrodo revestido, empleado siempre en obra pero también en taller; el soldeo en taller permite otros procedimientos, que entre otras ventajas tienen el ser semiautomáticos o automáticos, entre tales procedimientos destacan los procesos SAW (Submerged Arc Welding) y GMAW (Gas Metal Arc Welding) de soldeo por arco en atmósfera de gas con electrodo consumible o GTAW (Gas Tugsten Arc Welding) con electrodo no consumible. Los gases además de proteger la soldadura durante la fusión pueden participar en el proceso (MAG, Metal Active Gas) o no participar en el mismo (MIG, Metal Inert Gas). (Garcimartín, 2002, pág. 1)

2.4.2.1. ELECTRODOS

(Telenchana, 2013, pág. 41) El material de aportación que se usa en el proceso de soldadura de arco se conoce como electrodo y consiste en una varilla metálica, generalmente de acero, recubierta de un revestimiento concéntrico.

Existe una amplia gama de electrodos para la calidad de acero, entre los cuales se pueden elegir lo que sean similares, dependiendo de la composición del metal depositado.

Se diferencian entre sí por el tipo de revestimiento, características y velocidad de soldeo y calidad del metal depositado.

Esto hace posible elegir el electrodo que brinde la soldadura más correcta, al costo más bajo en cada oportunidad

RECUBRIMIENTO DE LOS ELECTRODOS

(Piaún, 2013) El revestimiento es un material que está compuesto por distintas sustancias químicas. Tiene las siguientes funciones:

- Dirige el arco conduciendo a una fusión equilibrada y uniforme.
- Crea gases que actúan como protección evitando el acceso del Oxígeno y el Nitrógeno.
- Produce una escoria que cubre el metal de aporte, evitando el enfriamiento brusco y también el contacto del Oxígeno y del Nitrógeno.
- Contiene determinados elementos para obtener una buena fusión con los distintos tipos de materiales.
- Aporta al baño de fusión elementos químicos que darán al metal depositado las distintas características para las cuáles fue formulado
- Estabiliza el arco eléctrico.

Los recubrimientos de los electrodos pueden ser rúflicos, celulósicos, básicos o de bajo hidrógeno, ácido, etc.

2.4.2.2. CLASIFICACIÓN AWS DE LOS ELECTRODOS PARA SOLDADURA DE ACEROS AL CARBONO

(Lincoln Electric, 2010) La clasificación está conformada por la letra E seguida de cuatro o cinco dígitos cuyo significado es el siguiente:

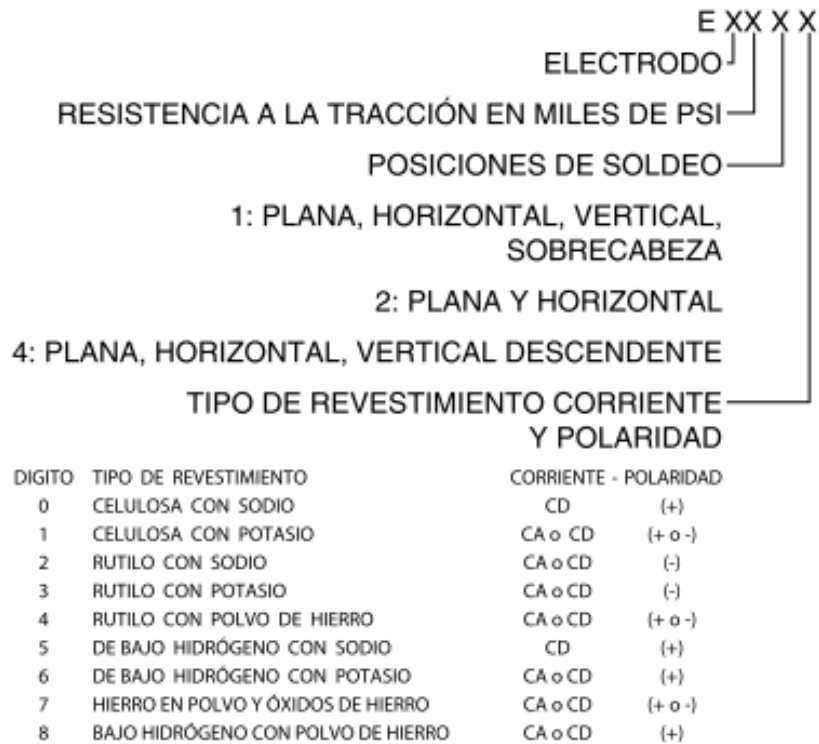
E significa electrodo

Los dos primeros dígitos en la clasificación de cuatro dígitos o los tres primeros en la clasificación de cinco representan la mínima resistencia a la tracción del depósito de soldadura medida en KSI (miles de PSI).

El tercer dígito en la clasificación de cuatro o el cuarto dígito en la clasificación de cinco dígitos indica la posición de soldadura para la cual se diseñó el electrodo.

El último dígito indica el tipo de revestimiento del electrodo, la corriente y la polaridad que deben utilizarse.

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AWS



Ejemplos: E 6013; E 7018; E 11018.

Figura 2. 9 Sistema de clasificación de electrodos AWS

Fuente: (Lincoln Electric, 2010)

Clasificación AWS A5.1		Tipo de revestimiento	Posición a soldar	Corriente y polaridad
A5.1	A5.1M			
E-6010	E-4310	Celulósico sódico	P, V, SC, H	CCEP
E-6011	E-4311	Celulósico potásico	P, V, SC, H	CA, CCEP
E-6012	E-4312	Rutilico sódico	P, V, SC, H	CA, CCEN
E-6013	E-4313	Rutilico potásico	P, V, SC, H	CA, CCAP
E-6018	E-4318	Potásico, BH - HP	P, V, SC, H	CA, CCEP
E-6019	E-4319	Óxido de hierro, rutilico potásico	P, V, SC, H	CA, CCAP
E-6020	E-4320	Óxido de hierro	H	CA, CCEN
			P	CA, CCAP
E-6022	E-4322	Óxido de hierro	P, H	CA, CCEN
E-6027	E-4327	Óxido de hierro, HP	H	CA, CCEN
			P	CA, CCAP
E-7014	E-4914	Rutilico, HP	P, V, SC, H	CA, CCAP
E-7015	E-4915	Sódico, BH	P, V, SC, H	CCEP
E-7016	E-4916	Potásico, BH	P, V, SC, H	CA, CCEP
E-7018	E-4918	Potásico, BH - HP	P, V, SC, H	CA, CCEP
E-7018M	E-4918M	BH - HP	P, V, SC, H	CCEP
E-7024	E-4924	Rutilico, HP	P, H	CA, CCAP
E-7027	E-4927	Óxido de hierro, HP	H	CA, CCEN
			P	CA, CCAP
E-7028	E-4928	Potásico, BH - HP	P, H	CA, CCEP
E-7048	E-4948	Potásico, BH - HP	P, V-down, SC, H	CA, CCEP

Nomenclatura	CC: Corriente continua	EP: Electrodo positivo	P: Plana
HP: Hierro en polvo	CA: Corriente alterna	EN: Electrodo negativo	V: Vertical
BH: Bajo hidrógeno	AP: Ambas polaridades	SC: Sobrecabeza	H: Horizontal

Figura 2. 10 Sistema de clasificación de electrodos AWS A5.1

Fuente: (Lincoln Electric, 2010)

a) Electrodo E-6010

(Lincoln Electric, 2010)

Basado en la normativa AWS/ASME SFA- 5.1

Electrodo de revestimiento celulósico que genera alta energía en el arco, lo cual asegura una profunda penetración en todas las posiciones, facilitando el trabajo en montajes donde las condiciones de soldadura no son ideales, tal como la preparación defectuosa de las juntas. Sus depósitos están libres de poros e inclusiones de escoria, lo cual proporciona seguridad en la inspección radiográfica.

Presenta arco estable con moderada densidad de salpicaduras, de fácil encendido y reencendido.

Aplicaciones: Adecuado para los cordones de raíz en estructuras, tanques, soldaduras de planchas pesadas y láminas gruesas, como las usadas en la industria

naval, fabricación de recipientes y principalmente para la soldadura en campo de varios tipos de tuberías.

Operación: La potencia del arco permite la soldadura en vertical descendente, a mayor velocidad, mejorando la productividad del proceso. Para soldadura en vertical ascendente disminuya la corriente. En vertical descendente aplique la técnica de arrastre, manteniendo el electrodo dentro del bisel, de forma que origine una perforación que sigue con el avance del electrodo.

Valores típicos

Tabla 2. 1 Valores típicos E-6010

Composición química:	C:0,10%	Mn:0,60%	Si:0,30%
Resistencia a la tracción:	(510-580) N/mm ²		(72,86 - 84,36) ksi
Limite elástico:	(430-490) N/mm ²		(60 - 70) ksi
Alargamiento (L=5d):	(24-28)%		
Resistencia al impacto:	(40 - 60) N.m a -30°C		

Fuente: (Lincoln Electric, 2010)

b) Electrodo E-6011

(Lincoln Electric, 2010)

Basado en la normativa AWS/ASME SFA– 5.1

Electrodo de revestimiento celulósico que presenta arco estable con moderada cantidad de salpicaduras. La alta energía generada en el arco asegura una excelente penetración en todas las posiciones de soldadura. Produce depósitos libres de porosidades e inclusiones de escoria con garantía de calidad radiográfica.

Aplicaciones: Indicado para la soldadura de tubos con o sin costura para uso en condensadores, recipientes a presión, estructuras de puentes, tanques y edificación de montajes en general. Soldadura de tuberías en campo, concebido especialmente para cordones de raíz, pases en caliente y pases de relleno. Indicado en las

mismas aplicaciones que el E-6010, en caso de disponer sólo de máquinas transformadoras de corriente alterna.

Operación: La potencia del arco permite la soldadura en vertical descendente a mayor velocidad, mejorando así la productividad del proceso. Para soldadura en vertical descendente se emplea la técnica de arrastre, manteniendo el electrodo dentro de la unión, de forma que genere una perforación que avanza con el electrodo dentro del bisel. Para soldadura en vertical ascendente debe disminuirse la corriente.

Valores típicos

Tabla 2. 2 Valores típicos E-6011

Composición química:	C:0,10%	Mn:0,60%	Si:0,30%
Resistencia a la tracción:	(510-580) N/mm ²		(72,86 - 84,36) ksi
Limite elástico:	(430-490) N/mm ²		(60 - 70) ksi
Alargamiento (L=5d):	(24-28)%		
Resistencia al impacto:	(40 - 60) N.m a -30°C		

Fuente: (Lincoln Electric, 2010)

c) Electrodo E-6013

(Lincoln Electric, 2010)

Basado en la normativa AWS/ASME SFA– 5.1

Descripción: Electrodo de revestimiento rutílico que presenta arco estable de muy fácil encendido y reencendido. Penetración mediana con cordones convexos de muy buena apariencia, con muy baja salpicadura y escoria autodesprendible.

Aplicaciones: Electrodo de amplia aplicación en soldadura de aceros de bajo carbono no aleados, de uso corriente en carpintería metálica: fabricación de muebles, ductos de ventilación, rejillas, puertas. Ensamblaje de carrocerías, construcción de vagones, tanques. Soldadura de estructuras livianas en perfiles angulares y rectangulares, cerchas para techos, construcciones navales y reparación de equipos agrícolas.

Operación: Permite la ejecución de soldadura en todas las posiciones, destacándose su desempeño en posición vertical descendente. Se recomienda utilizar los amperajes indicados para cada diámetro, en posiciones plana y horizontal usar amperajes medios, en posición vertical ascendente disminúyase el amperaje y en vertical descendente pueden usarse amperajes altos. Límpiase bien la escoria entre pases.

Valores típicos

Tabla 2. 3 Valores típicos E-6013

Composición química:	C:0,10%	Mn:(0,50-0.80)%	Si:0,30%
Resistencia a la tracción:	(510-560) N/mm ²		(72,86 – 81.45) ksi
Límite elástico:	(420-480) N/mm ²		(58.60 – 66.98) ksi
Alargamiento (L=5d):	(23-27)%		
Resistencia al impacto:	No requerida por AWS		

Fuente: (Lincoln Electric, 2010)

d) Electrodo E-7018

(Lincoln Electric, 2010)

Basado en la normativa AWS/ASME SFA– 5.1

Descripción: Electrodo de revestimiento básico con alto contenido de hierro en polvo que genera un rendimiento de 120%. Sus depósitos son de bajo hidrógeno, tenaces, resistentes al agrietamiento, libres de poros e inclusiones de escoria, lo cual queda demostrado al realizar el análisis radiográfico. Presenta arco estable de poca salpicadura, cordones de apariencia uniforme con fácil remoción de escoria.

Aplicaciones: Soldadura de los aceros de bajo y medio carbono hasta 0.45% C, aceros al carbono-manganeso, aceros de baja aleación con resistencia a la tracción hasta 70000 psi, aceros con alto contenido de azufre y fósforo considerados difíciles de soldar. Soldadura de aceros fundidos, aceros de grano fino. Su campo de aplicación abarca temperaturas de trabajo desde - 30°C hasta 350°C.

Operación: Suelde con arco corto, limpie bien la escoria entre pases. Para soldaduras en vertical llevar la progresión ascendente. Se recomienda almacenar los electrodos en termos a temperaturas entre 70°C y 120°C para uso inmediato.

Valores típicos

Tabla 2. 4 Valores típicos E-7018

Composición química:	C:0,08%	Mn:(1,0-1.40)%	Si:(0,30-0.60)%
Resistencia a la tracción:	(540-610) N/mm ²		(77.14 – 88.73) ksi
Limite elástico:	(450-510) N/mm ²		(62.79 – 72.86) ksi
Alargamiento (L=5d):	(25-29)%		
Resistencia al impacto:	(120 - 160) N.m a -30°C		

Fuente: (Lincoln Electric, 2010)

2.4.2.3. TIPOS DE UNIONES SOLDADAS

(Garcimartín, 2002, pág. 1) Este concepto se asocia con la capacidad de mantener la continuidad metálica en la unión de las dos piezas soldadas y sobre todo en el aspecto mecánico que es el que interesa en estructuras, es decir la soldadura debe de ser capaz para transmitir los esfuerzos que a lo largo de la vida de la estructura se produzcan en la unión. Todo proceso empleado en soldadura debe ser adecuado para asegurar el mantenimiento de esas propiedades de continuidad.

Según la forma, la sección transversal del metal de soldadura y otras características, existen los principales tipos de unión de soldadura:

- Soldadura a Tope
- Soldadura de Esquina
- Soldadura de Traslape
- Soldadura de Borde
- Soldadura Tipo T

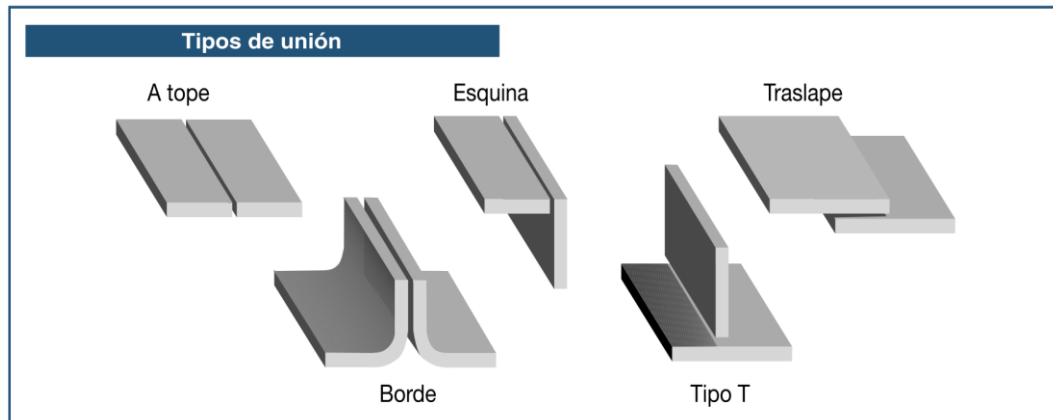


Figura 2. 11 Tipos de unión Soldadura

Fuente: Catálogo INDURA, Pág. 17

Dentro de los principales tipos de Soldadura tenemos

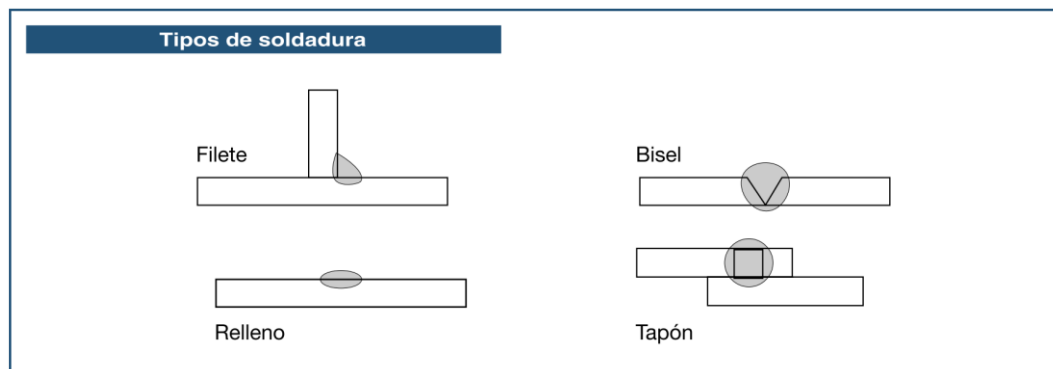


Figura 2. 12 Tipos de Soldadura

Fuente: Catálogo INDURA, Pág. 17

2.4.2.4. POSICIONES DE SOLDADURA

(Catálogo INDURA, Pág. 16) Las posiciones de soldadura, se refieren exclusivamente a la posición del eje de la soldadura en los diferentes planos a soldar. Básicamente son cuatro las posiciones de soldar y todas exigen un conocimiento y dominio perfecto del soldador para la ejecución de una unión soldadura.

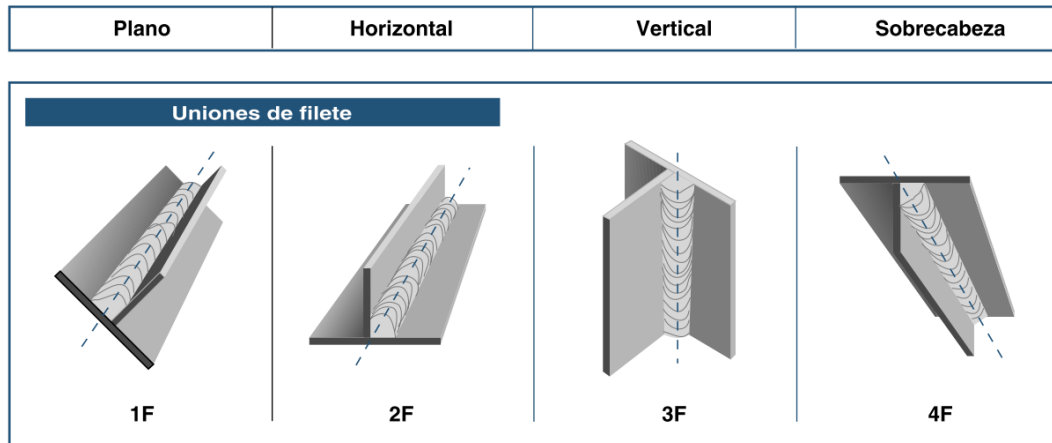


Figura 2. 13 Designación de la las posiciones de soldadura según ANSI/AWS
A3.0:2001

Fuente: Catálogo INDURA, Pág. 16

2.4.2.5. DEFECTOS DE LAS UNIONES SOLDADAS

a) Porosidad

(Piaún, 2013) Se usa para describir los huecos globulares, libre de todo material sólido, que se encuentra con frecuencia en los cordones de soldadura, las porosidades son poros de gas o huecos en el metal de soldadura, es el resultado de la formación de gases por reacciones químicas que ocurren durante la soldadura.

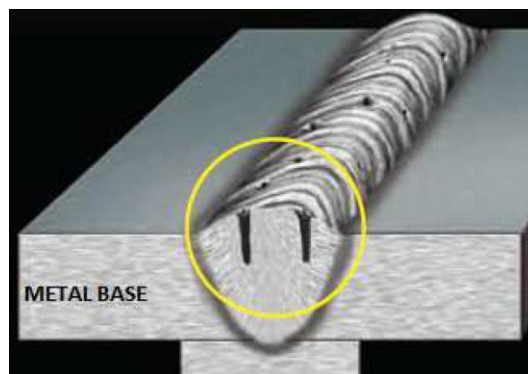


Figura 2. 14 Tipos de Soldadura

Fuente: (Piaún, 2013)

b) Fusión Incompleta

(Piaún, 2013) Es la incapacidad para fusionar franjas adyacentes de metal de soldadura, o en el metal de soldadura, o el metal de soldadura con el metal base. Se puede tratar de una condición localizada o generalizada y puede ocurrir en cualquier lugar del surco de soldadura, incluso en la raíz de la misma unión.

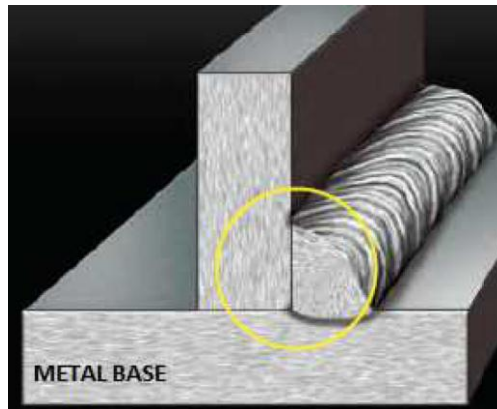


Figura 2. 15 Tipos de Soldadura

Fuente: (Piaún, 2013)

c) Falta de penetración

(Piaún, 2013) Este defecto se produce porque el metal fundido no ingresa en la ranura hasta el fondo de la raíz a causa de insuficiente separación o una corriente insuficiente que ocasiona temperaturas bajas de fusión.

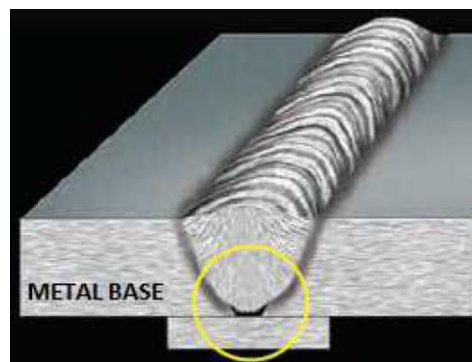


Figura 2. 16 Tipos de Soldadura

Fuente: (Piaún, 2013)

d) Inclusiones de escoria

(Piaún, 2013) Hace referencia a los óxidos y sólidos no metálicos que se quedan en el cordón de soldadura entre franjas adyacentes o entre el metal de soldadura y el metal base.

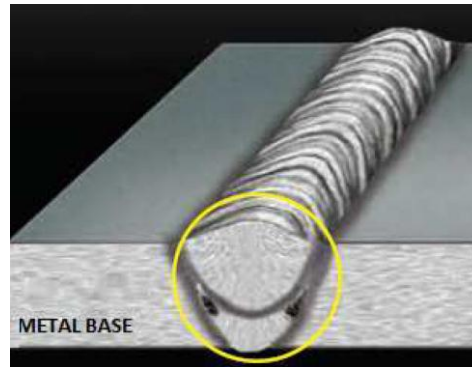


Figura 2. 17 Tipos de Soldadura

Fuente: (Piaún, 2013)

e) Socavamiento

(Piaún, 2013) Se emplea este término para describir la eliminación por fusión de la pared de una ranura de soldadura en el borde de una capa o cordón, con la formación de una depresión marcada en la pared lateral en la zona a la que debe unirse por fusión la siguiente capa o cordón. O también la reducción de espesor en el metal base, en la línea en la que se unió por fusión el último cordón de la superficie

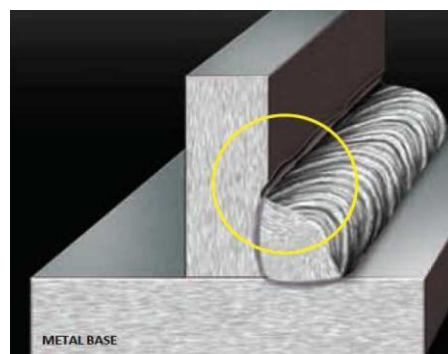


Figura 2. 18 Tipos de Soldadura

Fuente: (Piaún, 2013)

f) Grietas o fisuras

(Piaún, 2013) El agrietamiento de las juntas soldadas ocurre por la presencia de esfuerzos multidireccionales localizados, que en algún punto rebasan la resistencia máxima del metal. Cuando se abren grietas durante la soldadura o como resultado de ésta, generalmente solo es aparente una ligera deformación de la pieza de trabajo.

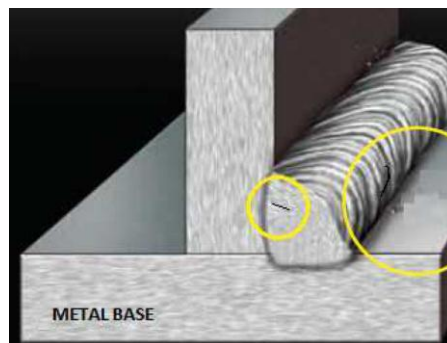


Figura 2. 19 Tipos de Soldadura

Fuente: (Piaún, 2013)

Según (Pérez & Pullas, 2009, págs. 36-38)

Los métodos más comunes de ensayo para la inspección de soldaduras son: visual, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, radiográfico, y ultrasonido.

2.4.3. PROCESO DE SOLDADURA

2.4.3.1. SOLDADURA SMAW (Shielded Metal Arc Welding)

(Lincoln Electric, 2010) En este proceso de soldadura, el arco eléctrico que se establece entre el electrodo revestido y el metal base es la fuente de calor que funde ambos y consigue la unión de las piezas al solidificarse el charco. El electrodo es del mismo material que el material base y al fundirse aporta el material necesario para completar la unión. El recubrimiento del electrodo puede ser de tipo básico, rutilo o celuloso, y al producirse el arco, proporciona el gas de protección.

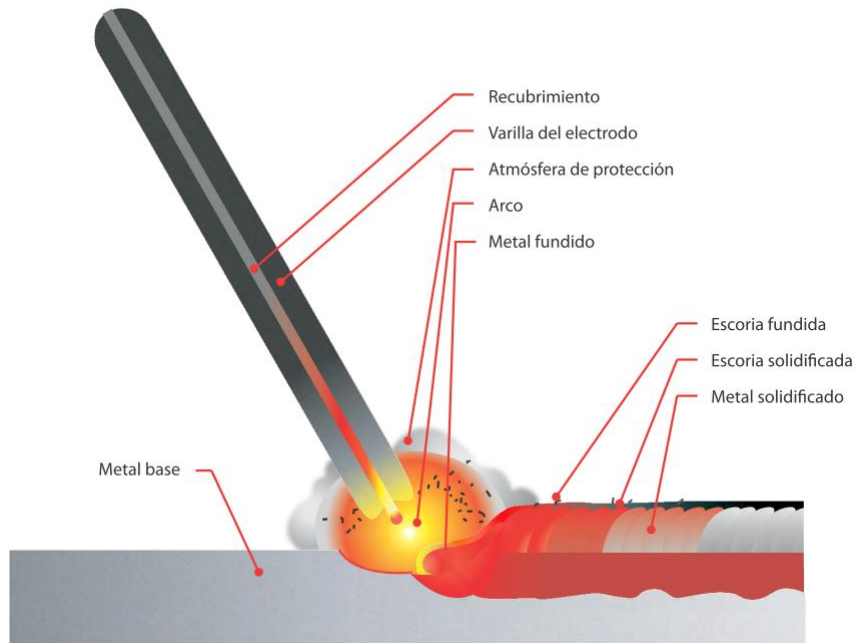


Figura 2. 20 Proceso de soldadura SMAW

Fuente: Catálogo LINCOLN, Pág. 18

a) Circuito para soldadura de arco

(Lincoln Electric, 2010) El conocimiento del operador sobre la soldadura de arco debe ser más amplio que simplemente conocer el arco mismo. Debe saber cómo controlar el arco y esto requiere un cierto conocimiento del circuito de soldadura y del equipo que proporciona la corriente eléctrica que se utiliza en el arco. La figura 2.3 es un diagrama del circuito de soldadura. El circuito empieza en donde el cable del electrodo está conectado a la soldadora y termina en donde el cable de trabajo está conectado a la máquina soldadora.

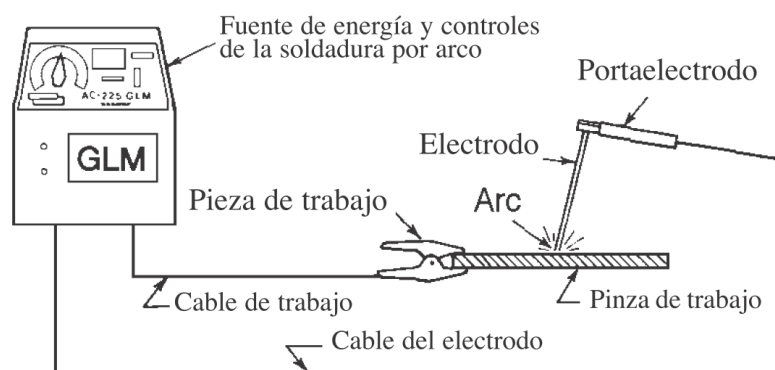


Figura 2. 21 Circuito para soldadura por arco

Fuente: (Lincoln Electric, 2010)

La corriente fluye por el cable del electrodo al portaelectrodo, a través del mismo hacia el arco. En el lado de trabajo del arco, la corriente fluye a través del metal base hacia el cable de trabajo y de regreso a la máquina soldadora. El circuito debe completarse para que haya flujo de corriente. Para soldar, la pinza de trabajo debe conectarse firmemente al metal base limpio. No debe permitirse que el circuito de soldadura pase a través de bisagras, rodamientos, componentes electrónicos o dispositivos similares que pudieran dañarse. (Lincoln Electric, 2010)

b) Variables del proceso de soldadura SMAW

Según (Caisaguano, 2013, págs. 9-10) La soldadura puede ser hecha con CD o CA. El tipo específico de corriente utilizada influye en el rendimiento del electrodo.

Tabla 2. 5 Polaridades de soldadura SMAW

Tipo de corriente	Tipo de polaridad	Terminal (+)	Terminal (-)
CD	Polaridad directa (PD)	Cable de tierra	Cable del electrodo
	Polaridad inversa (PI)	Electrodo	Tierra(pieza de trabajo)
CA	No aplica	-----	-----

Fuente: (Caisaguano, 2013)

- Caída de voltaje. Si se usa CA, la caída de voltaje en los cables es menor

- Baja corriente. La CD ofrece mejores características de operación y un arco más estable.

- Espesor del metal. La CD se puede usar para soldar láminas y también secciones gruesas. Las condiciones del arco en los niveles de corriente bajos requeridos para materiales delgados son más estables cuando se usa CD.

- Inicio del arco. Con CD el encendido del arco es más fácil.

- Longitud del arco. La soldadura con arco corto (bajo voltaje de arco) es más fácil con CD que con CA.

2.4.4. ENSAYO DE MATERIALES

Se denomina ensayo de materiales a toda prueba cuyo fin es determinar las propiedades de un material. Existen distintos ensayos, que nos darán las diferentes propiedades y características del material.

Existen diversas clasificaciones de los ensayos de materiales como:

En función del deterioro del material (Destructivos y END)

En función de la finalidad del ensayo (Técnicos y Científicos)

En función de la propiedad a determinar:

- Ensayos Químicos

- Ensayos Físicos

- Ensayos Mecánicos

- Ensayos Tecnológicos

2.4.5. ENSAYOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS

2.4.5.1. ENSAYO DE TRACCIÓN

(Budynas & Keith, 2008, págs. 28-29) La probeta de ensayo estándar se usa para obtener una variedad de características y resistencia de los materiales que se emplea en el diseño, una probeta típica y sus dimensiones características. El diámetro original d_o y la longitud calibrada l_o , lo que se usa para medir la deflexión, se registra antes de comenzar la prueba. Después, la probeta se monta en la máquina de prueba y se carga lentamente en tensión mientras se observan la carga P y la flexión la carga se convierte en esfuerzo mediante la fórmula:

$$\sigma = \frac{P}{A_o}$$

Donde A_o es el área original de la probeta

La deflexión, o extensión de la longitud calibrada, está dada por $(l - l_o)$ donde l es la longitud calibrada correspondiente a la carga P. la deformación unitaria normalmente se calcula a partir de

$$\varepsilon = \frac{l - l_o}{l_o}$$

A la conclusión de la prueba, o durante ella, se grafican los resultados como un diagrama de esfuerzo-deformación unitaria (Shigley, 2008, p. 28-29).

PARÁMETROS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN

Alargamiento

Incremento de longitud que ha sufrido la probeta. Se mide entre dos puntos cuya posición está normalizada y se expresa con la letra griega delta.

Deformaciones elásticas

En esta zona las deformaciones se reparten a lo largo de la probeta, son de pequeña magnitud y, si se retirara la carga aplicada, la probeta recuperaría su forma inicial.

Deformaciones plásticas

Si se retira la carga aplicada en dicha zona, la probeta recupera sólo parcialmente su forma quedando deformada permanentemente. Las deformaciones en esta región son más acusadas que en la zona elástica.

Estricción

Es la reducción de la sección que se produce antes y después de la zona de la rotura, para aceros dúctiles esta reducción es aproximadamente el 50%.

Fuerza axial (P)

Es la carga dirigida a lo largo del eje del miembro que se somete a tracción.

La deformación

Es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica, a veces, la deformación se expresa como porcentaje.

La ductilidad

Es una propiedad del material que le permite deformarse sin romperse, o bien, es medida del grado de deformación plástica que puede ser soportada hasta la fractura.

La tenacidad

Capacidad de un material de absorber energía antes de la fractura.

Ley de Hooke

Es la relación lineal entre la tensión y la deformación lineal en una barra sometida a tracción.

Límite de fluencia o límite elástico

Valor de la tensión que soporta la probeta en el momento de producirse el fenómeno de la cedencia o fluencia. Este fenómeno tiene lugar en la zona de

transición entre las deformaciones elásticas y plásticas y se caracteriza por un rápido incremento de la deformación sin aumento apreciable de la carga aplicada. Se expresa en fuerza por unidad de área, generalmente MPa.

Módulo de elasticidad o Módulo de Young (E)

Es la relación entre la tensión realizada y la deformación adquirida en el tramo lineal de la curva tensión deformación (región elástica). Su valor es de (210 GPa), para aceros.

Porcentaje de alargamiento

Es el incremento en longitud producido por la tensión de tracción, 20-30%.

Resistencia a la tracción

Máxima tensión nominal que soporta la probeta a tracción por unidad de área.

Resistencia de rotura

Tensión que soporta el material en el punto de rotura. Generalmente se da la deformación en el límite elástico convencional o en el punto de fluencia convencional que corresponde al 0.2% de elongación.

Tensión

Es la intensidad de la fuerza (o sea la fuerza por unidad de área) y se denota con la letra griega sigma

2.4.5.2. ENSAYO DE DOBLADO

(Piaún, 2013) La norma establece dimensiones para las probetas del ensayo de doblado: Según especificaciones dadas en la Figura 4.12 de la AWS D1.1

La AWS 5.1 también establece que las probetas para ensayo de doblado deben tener un tratamiento térmico después de maquinado y antes de ser ensayadas, esto de acuerdo al espesor del material. De igual manera que el ensayo de tracción, se hace referencia a la norma AWS B4.0 sección de doblado, para dimensiones

específicas de la probeta y método de ensayo. Así se debe doblar la probeta de manera uniforme a través de 180 ° sobre 19mm (3/4 in) de radio en cualquier plantilla adecuada. El posicionamiento de la cara de doblado debe ser tal que la cara del último lado soldado deberá estar en tracción. Cada muestra, después del doblado, deberá ajustarse a los 19 mm de radio, con una asignación apropiada para la recuperación elástica, y el metal de soldadura no deberá contener aberturas en exceso de 3mm (1/8 in) sobre la superficie convexa.

2.4.5.3. ENSAYO DE IMPACTO

(Piaún, 2013) Para el ensayo cinco probetas de ensayo Charpy con entenalla en V deben ser preparadas. Similar a los ensayos anteriores se hace referencia a la norma AWS B4.0 “Métodos estandarizados para ensayos mecánicos de soldadura”, sección de Ensayos de Tenacidad a la Fractura.

La probeta de ensayo Charpy con muesca en V tendrá la superficie con muesca y las superficies golpeadas, paralelas con cada otra dentro de 0,05 mm. Las otras dos superficies deberán estar cuadradas con las superficies con muesca o la superficie golpeada. La muesca será cortada suavemente por medios mecánicos y será cuadrada con el borde longitudinal dentro de 1°.

2.4.5.4. EXAMINACIÓN VISUAL

Según (Pérez & Pullas, 2009) La examinación visual de las soldaduras es una inspección de primer orden en importancia aun cuando la radiografía u otros medios no destructivos de prueba sean especificados.

La inspección visual afecta a todas las fases del proceso, desde el acopio de materiales hasta las fases de preparación, ejecución y finalmente la soldadura definitiva. Su finalidad es comprobar los parámetros de la junta, las dimensiones de la soldadura, la apariencia de la soldadura, además, detectar defectos superficiales y externos tales como fisuras, mordeduras de borde. El inspector visual debe revisar cuidadosamente la preparación de la junta, ya que muchos defectos de la soldadura pueden prevenirse en esta fase.

2.4.5.5. EXAMINACIÓN POR TINTAS PENETRANTES

(Pérez & Pullas, 2009) La examinación por líquidos penetrantes es un método para detectar discontinuidades que se encuentran abiertas a la superficie y que no son apreciables a simple vista. Consiste en aplicar un líquido sobre la superficie dejándolo actuar durante unos minutos para que penetre en los posibles defectos. Después se retira el exceso, limpiando la superficie y aplicando un revelador, polvo u otros productos que se impregnan con el líquido evidenciando claramente el defecto. Se emplean dos tipos de líquidos penetrantes como son fluorescentes que son los más indicados para la inspección en taller y coloreados para la inspección en obra. Puede ser aplicado tanto en soldaduras, tuberías, fundiciones, partes de aluminio, etc. Las discontinuidades típicas detectadas por este método son fisuras, laminaciones, poros, falta de adhesión, etc.

2.4.5.6. EXAMINACIÓN POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS

(Pérez & Pullas, 2009) Es un procedimiento rápido y práctico para detectar fisuras y otros defectos internos o no detectables a simple vista. Aprovecha la distorsión que una fisura produce en las líneas de un campo magnético creado mediante un magnetizador de imanes o por corriente eléctrica. Previamente se esparce en la zona de inspección con partículas magnéticas finamente divididas. Gracias a la magnetización las partículas se juntan en las discontinuidades, dejando diferentes señales, mostrando el tamaño, la localización y la forma de la discontinuidad.

La inspección se puede realizar por vía seca o por vía húmeda. La observación se registra mediante fotografía o conservadas con cinta adhesiva transparente, proporcionando registros exactos y detallados de los resultados de la inspección. Una vez finalizada debe procederse a la desmagnetización en el caso de que la pieza vaya a ser mecanizada.

2.4.5.7. EXAMINACIÓN RADIOGRÁFICA

(Pérez & Pullas, 2009) Se fundamenta en la interpretación de las imágenes producidas sobre la placa radiográfica impresionada por rayos X, después de haber atravesado la unión soldada. Para detectar la imperfección, debe orientarse

paralela al rayo de radiación. Se emplea principalmente para uniones soldadas a tope, puesto que las soldaduras en ángulo son difícilmente radiografiables. La inspección de las juntas de tuberías cerradas e inaccesibles es difícil de obtener e interpretar y pueden ser inexactas.

La inspección radiográfica permite detectar fisuras, falta de fusión, irregularidades, porosidades e inclusiones de escorias.

En este procedimiento la película negativa proporciona un registro permanente de inspección. En el ensayo radiográfico el tiempo de exposición se incrementan con espesor del material, esto implica cierto riesgo para el obrero debido a la radiación. Las precauciones para evitar esos riesgos y el equipo hacen que este método de inspección sea el más costoso.

2.4.5.8. EXAMINACIÓN ULTRASÓNICA

(Pérez & Pullas, 2009) Este procedimiento utiliza el principio de pulso y eco. Un pulso de sonido de alta frecuencia es introducido propagación del sonido en un determinado medio, es análogo al radar y utiliza el en el metal, la reflexión de esta onda de sonido desde cualquier vacío encontrado a lo largo del camino es detectado.

El ensayo ultrasónico favorablemente orientado, puede detectar discontinuidades planas más pequeñas que 1/64 in. en aceros estructurales al carbono y de baja aleación, en aceros inoxidable austeníticos.

Ciertas geometrías de juntas como las soldaduras de ángulo limitan el uso de los ensayos por ultrasonido. La exactitud de este método depende de la habilidad, del entrenamiento del operador y la calibración de la frecuencia del instrumento.

2.4.5.9. ENSAYOS METALOGRÁFICOS

La Metalografía estudia microscópicamente las características estructurales de un metal o de una aleación. El microscopio es la herramienta más importante del metalurgista, mediante éste es posible determinar el tamaño, forma y distribución de varias fases e inclusiones que tienen gran efecto sobre las

propiedades mecánicas; además la microestructura revelará el tratamiento mecánico y térmico del metal.

TAMAÑO DE GRANO

(Lascano, 2011) Una de las mediciones microestructurales cuantitativas más comunes es aquella del tamaño de grano de metales y aleaciones. Numerosos procedimientos han sido desarrollados para estimar el tamaño de grano, estos procesos están sintetizados en detalle en la norma ASTM E112.

Los principales métodos para la determinación del tamaño de grano recomendados por la ASTM (American Society for Testing and Materials) son:

- Método de Comparación
- Método Planimétrico
- Método de Intersección

Método de comparación

(Lascano, 2011) Mediante el método de prueba y error se encuentra un patrón que coincide con la muestra en estudio y entonces se designa el tamaño de grano del metal por el número correspondiente al número índice del patrón mixto; se tratan de manera semejante, en cuyo caso se acostumbra especificar el tamaño de granos en términos de dos números que denota el porcentaje aproximado de cada tamaño presente.

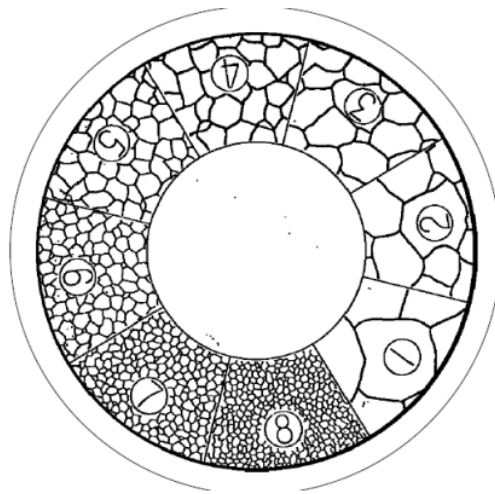


Figura 2. 22 Plantilla de comparación

Fuente: (Lascano, 2011)

En el Gráfico 4, se observan las distintas plantillas de comparación que se utilizan para determinar el tamaño de grano. El círculo exterior tiene un diámetro de 175mm, y debe coincidir con el borde de la imagen de la micrografía para respetar las magnificaciones.

El número de cada plantilla corresponde al tamaño de grano “G” si se está observando la probeta con una magnificación de 100x. En caso de utilizar otra magnificación debe corregirse este valor mediante la suma del factor de corrección Q.

Tabla 2. 6 Factor de corrección Q

Magnificación M	Factor corrección Q (para Mb=100x) $Q = 6,64 \text{Log}_{10} \left(\frac{M}{Mb} \right)$
50x	-2
100x	0
200x	2
400x	4

Fuente: (Lascano, 2011)

Método planimétrico

(Lascano, 2011) Es el más antiguo procedimiento para medir el tamaño de grano de los metales. El cual consiste en que un círculo de tamaño conocido (generalmente 79,8 mm de diámetro y 5000 mm² de área) es extendido sobre una microfotografía o usado como un patrón sobre una pantalla de proyección. Se cuenta el número de granos que están completamente dentro del círculo y el número de granos que interceptan el círculo para un conteo exacto los granos deben ser marcados cuando son contados lo que hace lento este método.

La imagen de abajo muestra en el centro un círculo con una superficie de 5000mm². El círculo exterior tiene un diámetro de 175mm, y debe coincidir con el borde de la imagen de la micrografía para respetar las magnificaciones. El tamaño de grano “G” se calcula a partir de las tablas 4 y 5 de la Norma ASTM E112.

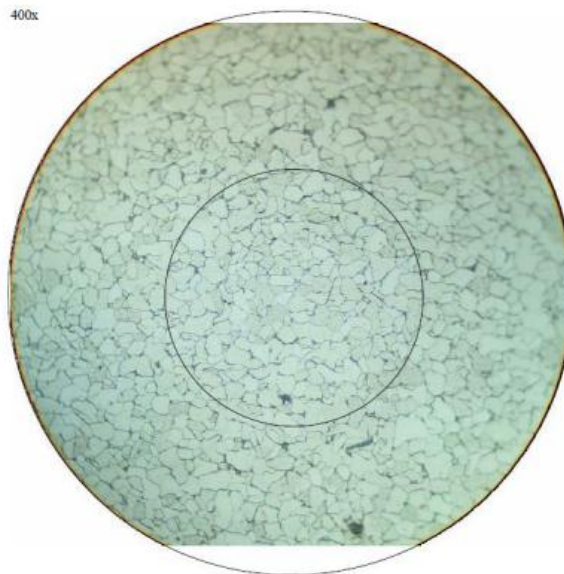


Figura 2. 23 Modo Planimétrico

Fuente: (Lascano, 2011)

$$NA = \text{granos por } mm^2$$

$$N_{interno} = \text{número de granos dentro del círculo}$$

$$N_{interceptado} = \text{número de granos interceptados por el círculo}$$

$f = \text{número de Jeffries}$

$$N_A = f \left(N_{\text{interno}} + \frac{N_{\text{interceptado}}}{2} \right)$$

Para un área de 5000 mm² → $f = 0.0002 M^2$ (M=magnificación)

Métodos de intersección

(Lascano, 2011) El método de intersección es más rápido que el método planimétrico debido a que la microfotografía o patrón no requiere marcas para obtener un conteo exacto. El tamaño de grano se estima contando por medio de una pantalla dividida de vidrio, o por fotomicrografía o sobre la propia muestra, el número de granos interceptados por una o más líneas rectas.

Los granos tocados por el extremo de una línea se cuentan solo como medios granos. Las cuentas se hacen por lo menos en tres posiciones distintas para lograr un promedio razonable. La longitud de líneas en milímetro, dividida entre el número promedio de granos interceptados por ella da la longitud de intersección promedio o diámetro de grano.

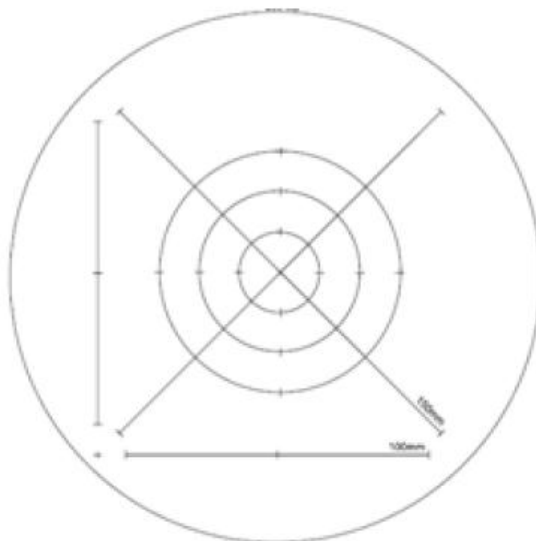


Figura 2. 24 Geometrías utilizadas en la medición del tamaño de grano mediante el procedimiento de intersección

Fuente: (Lascano, 2011)

En la Figura 2.24, muestra las distintas geometrías utilizadas en la medición del tamaño de grano mediante el procedimiento de intersección. Las cuatro líneas rectas de la imagen corresponden al método de Heyn. El método de Hilliard utiliza una circunferencia generalmente de 100, 200 o 250 mm de perímetro. Las tres circunferencias de la imagen corresponden al método de Abrams (entre las tres suman una longitud de 500mm).

Una intercepción es un segmento de la línea de ensayo que pasa sobre un grano. Una intersección es un punto donde la línea de ensayo es cortada por un borde de grano. Cualquiera de los dos puede contarse con idénticos resultados en un material monofásico. Cuando se cuentan intercepciones, los segmentos al final de la línea de ensayo que penetran dentro de un grano, son anotados como media intercepción. Cuando se cuentan intersecciones, los puntos extremos de la línea de ensayo no son intersecciones y no son contados excepto cuando tocan exactamente un borde de grano, entonces debe anotarse $\frac{1}{2}$ intersección. Una intersección coincidente con la unión de tres granos debe anotarse como $1 \frac{1}{2}$.

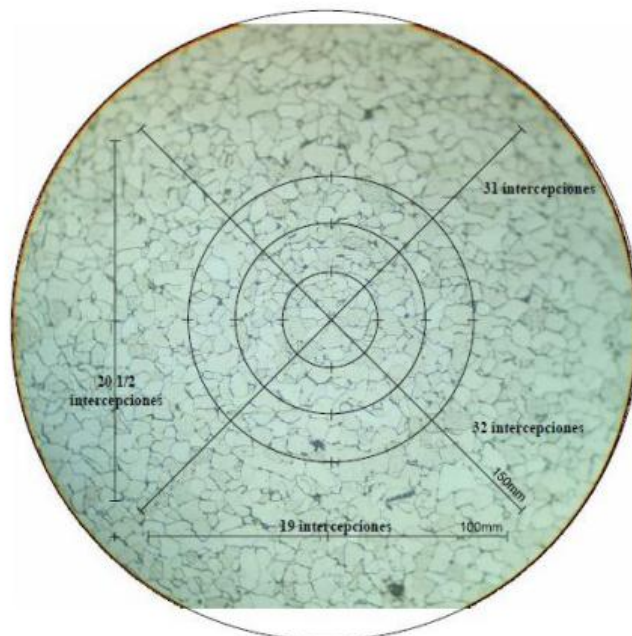


Figura 2. 25 Métodos de intercepción

Fuente: (Lascano, 2011)

2.4.6. PROPIEDADES MECÁNICAS DE SOLDADURA

(Budynas & Keith, 2008, págs. 28-29) Se selecciona un material al adecuar sus propiedades mecánicas a las condiciones de servicio requeridas para el componente. El primer paso en el proceso de selección requiere que se analice la aplicación, a fin de determinar las características más importantes que el material debe poseer.

Una vez, conocidas las propiedades requeridas, se puede seleccionar el material apropiado utilizando la información incluida en los manuales, se debe sin embargo conocer cómo se llega a las propiedades incluidas en los manuales, lo que dichas propiedades significan y tomar en cuenta que las propiedades listadas se han obtenido a partir de ensayos y pruebas ideales que pudieran no ser exactamente aplicables a casos o aplicaciones ingenieriles de la vida real.

2.5. HIPÓTESIS

Ha = La variación de los parámetros de soldadura SMAW en la fabricación de columnas armadas en estructuras metálicas influirá en las propiedades mecánicas de las mismas

Ho = La variación de los parámetros de soldadura SMAW en la fabricación de columnas armadas en estructuras metálicas no influirá en las propiedades mecánicas de las mismas

2.6. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES

Variable Independiente: El estudio del proceso de soldadura SMAW en la fabricación de columnas armadas en estructuras metálicas en la empresa “Metal Mecánica Antonio Tirado”

Variable Dependiente: Propiedades Mecánicas en la soldadura

2.6.1. TERMINO DE RELACIÓN

Incidencia

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

ENFOQUE

El proceso investigativo se caracteriza porque está centrado en un proceso cualitativo, permitiendo conocer la realidad de calidad en construcción y montaje de estructuras metálicas en la empresa en estudio, los datos obtenidos facilitaron el análisis de resultados, a fin de encontrar respuestas objetivas confiables que orienten a la solución.

3.1. MODALIDAD Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. INVESTIGACIÓN DE CAMPO

Se utiliza esta investigación para realizar un estudio sistemático en la producción del área de estructuras metálicas dentro de la empresa. En donde el problema fundamental es la falta de un estudio en el proceso de conformado de columnas para el levantamiento de estructuras metálicas, tomando parte con la realidad del proceso y obteniendo la información necesaria para dotar de una solución adecuada al problema.

3.1.2. INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL BIBLIOGRÁFICA

La presente investigación fue respaldada por contenido bibliográfico perteneciente a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica en el área de Soldadura, Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC) según el capítulo de estructuras metálicas y

Ensayos no destructivos para poder profundizar, comparar análisis y conceptos de diversos autores sobre el proyecto investigativo.

3.2. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. EXPLORATORIA

Esta investigación se centra en descubrir, lo que nos permitió aproximarnos a fenómenos, resultados desconocidos antes y después de la implementación del proyecto presentado.

3.2.2. DESCRIPTIVA

Por medio de esta investigación se estudiará independientemente cada característica de la variables en el proceso de soldadura en la construcción de columnas armadas, el conocimiento sobre las causas que provoca el problema y a quienes afecta.

3.2.3. EXPLICATIVA

Los estudios explicativos pretenden conducir a un sentido de comprensión o entendimiento del problema planteado. Pretenden responder a preguntas como: ¿por qué ocurre? ¿En qué condiciones ocurre?

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. POBLACIÓN

Para el presente proyecto de investigación se tomó como población el conjunto de columnas metálicas conformadas que constituirán el galpón a construir

3.3.2. MUESTRA

Para el respectivo estudio se realizaron ensayos de tracción, doblado cara y raíz, tintas penetrantes y ensayos metalográficos con probetas tomadas de las columnas armadas y según especificaciones de la AWS D1.1

1.- Soldadura en junta Acero al carbono A36 con soldadura SMAW combinación soldadura de raíz E-6010 acabado E-6013

- 2 Probetas para ensayo de doblado de cara y raíz
- 5 Probetas para ensayo de tracción
- 1 probetas para ensayo no destructivo por tintas penetrantes
- 1 Probetas análisis metalográfico en la soldadura

2.- Soldadura en junta Acero al carbono A36 con soldadura SMAW combinación soldadura de raíz E-6010 acabado E-7018

- 2 Probetas para ensayo de doblado de cara y raíz
- 5 Probetas para ensayo de tracción
- 1 probetas para ensayo no destructivo por tintas penetrantes
- 1 Probetas análisis metalográfico en la soldadura

3.- Soldadura en junta Acero al carbono A36 con soldadura SMAW combinación soldadura de raíz E-6011 acabado E-6013

- 2 Probetas para ensayo de doblado de cara y raíz
- 5 Probetas para ensayo de tracción
- 1 probetas para ensayo no destructivo por tintas penetrantes
- 1 Probetas análisis metalográfico en la soldadura

4.- Soldadura en junta Acero al carbono A36 con soldadura SMAW combinación soldadura de raíz E-6011 acabado E-7018

- 2 Probetas para ensayo de doblado de cara y raíz
- 5 Probetas para ensayo de tracción
- 1 probetas para ensayo no destructivo por tintas penetrantes
- 1 Probetas análisis metalográfico en la soldadura

3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VI: Proceso de soldadura SMAW en la fabricación de columnas armadas en estructuras metálicas

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
El proceso de construcción y montaje de estructuras metálicas busca día a día mejorar su funcionalidad y de esta manera optimizar parte de sus componentes para garantizar estabilidad estructural y mejorar los costos y tiempos de construcción y entrega	Soldadura	Material Base	Acero al carbono A36	T: Observación en el laboratorio. I: Manuales, Catálogos, Normas.
		Electrodos penetración y acabado	E 6010 E 6011 E 6013 E 7018	T: Observación en el laboratorio. I: Manuales, Catálogos, Normas
		Tipo de Unión	A tope	T: Observación en el laboratorio. I: Manuales, Catálogos, Normas

VD. Propiedades mecánicas en soldadura

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
<p>Las propiedades mecánicas de los materiales se determinan realizando ensayos en el laboratorio que reproducen las condiciones de servicio al que está sometido el material. Son las características inherentes (propias de cada metal), que permiten diferenciar un metal de otro.</p>	<p>Propiedades Mecánicas</p>	<p>Resistencia a la tracción</p> <p>Ensayo de doblado</p> <p>Metalografía</p>	<p>¿Cuál es el límite de resistencia a tracción en la probeta? 58 ksi</p> <p>¿Cuál es el límite de resistencia a fluencia en la probeta? 36 ksi</p> <p>Fisura < 3mm Aprueba Fisura > 3mm No Aprueba</p> <p>¿Cuál es el tamaño de grano en la probeta analizada?</p>	<p>T: Observación en el laboratorio.</p> <p>I: Manuales, Catálogos, Normas</p> <p>T: Observación en el laboratorio.</p> <p>I: Manuales, Catálogos, Normas</p> <p>T: Observación en el laboratorio.</p> <p>I: Manuales, Catálogos, Normas</p>
	<p>Defectología</p>	<p>Discontinuidades</p>	<p>AWS D.1.1 Tabla 6.1</p>	<p>Normas</p>

3.5. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la presente investigación se usaron técnicas de investigación como: observación directa y estructurada en la planta de producción de la empresa “Tirado Hermanos” para realizar un registro específico que permita mejorar la calidad en el proceso de construcción y montaje de estructuras metálicas.

3.6. PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Procesamiento y utilización adecuada de la información bibliográfica necesaria

Interpretación de información recolectada para su posterior procesamiento

Análisis de los datos obtenidos e interpretación crítica

Desarrollo de la propuesta

3.6.1. PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

- Revisión crítica de la información recogida.
- Tabulación de cuadros, según variables de la hipótesis, cuadros de una variable, cuadros con cruce de variables, etc.
- Porcentual, obtener la relación porcentual con respecto al total, con resultado numérico y el porcentaje, se estructura el cuadro de resultados que sirve de base para la graficación

3.6.2. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Junto con el gráfico, es común encontrar en pocas líneas, con el análisis e interpretación del mismo, en función de los objetivos, de la hipótesis o de la propuesta que se va a incluir.

- Análisis estadístico, destacando tendencias.
- Interpretación de resultados, con apoyo del marco teórico.
- Comprobación de la hipótesis.
- Establecimiento de conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1.1. DISEÑO DE LA JUNTA SOLDADA

El tipo de unión que se utiliza en las columnas armadas es la soldadura de canal cuadrada según AWS D1.1 como se muestra en la figura 4.1.

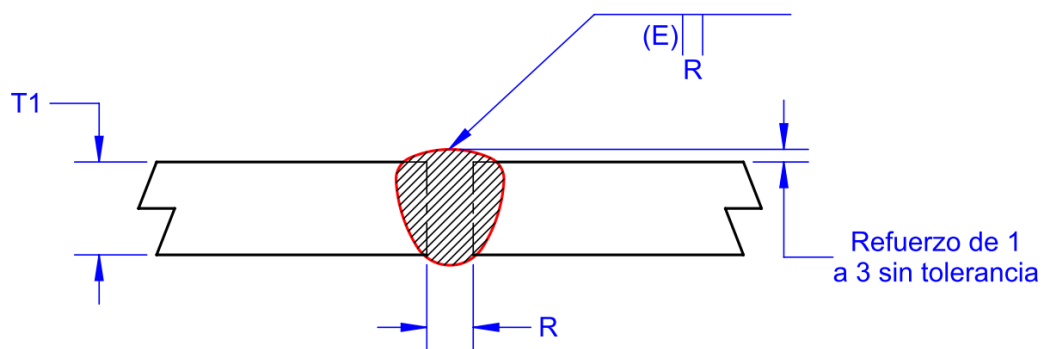


Figura 4. 1 Soldadura a tope de canal cuadrada

Fuente: AWS D1.1 M: 2010 pág. 89

$$T_1 = 6 \text{ mm}$$

$$R = \frac{T_1}{2} = \frac{6 \text{ mm}}{2} = 3 \text{ mm}$$

Posición a soldar = 1G

Tabla 4. 1 Especificaciones de la soldadura a tope de canal cuadrada

Proceso de Soldadura	Designación de la junta	Espesor de base de Metal (U=ilimitado)		Preparación de Canal			Posiciones de soldar permisibles	Tamaño de la soldadura (E)
		T1	T2	Abertura de Raíz	Tolerancias			
					Como Detallado (ver 3.12.3)	Como Detallado (ver 3.12.3)		
SMAW	B-P1c	6 mm	-----		+2,-#	+2,-0	Todas	

Fuente: AWS D1.1 M: 2010 pág. 89

4.1.2. DISEÑO DE PROBETA PARA ENSAYOS A TRACCIÓN

El diseño de las probetas para el análisis de soldadura se lo realizó según especificación de la AWS D1.1 M: 2010 pág. 176, el espesor es según la Figura 4.1.

Material: ASTM A-36

Realizado en Escuela Politécnica Nacional (ver anexo A7)

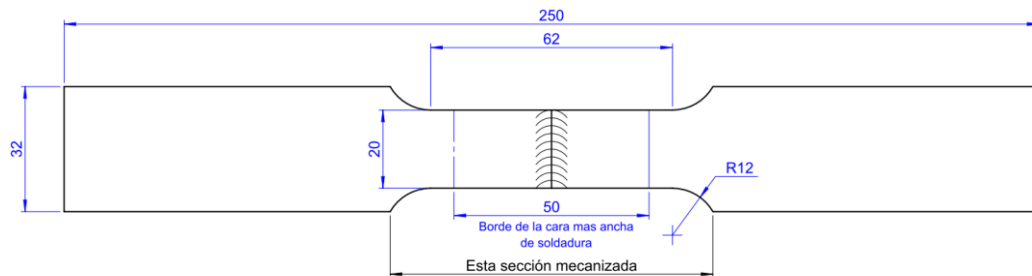


Figura 4. 2 Probeta para ensayos de tracción

Fuente: AWS D1.1 M: 2010 pág. 176

4.1.3. DISEÑO DE LA PROBETA PARA ENSAYOS DE DOBLADO

Para el análisis de soldadura mediante ensayos de doblado se utilizó la norma AWS D1.1 M: 2010 pág. 174, para doblado de cara y de raíz como se muestra en la figura 4.3.

Realizado en Escuela Politécnica Nacional (ver anexo A7)

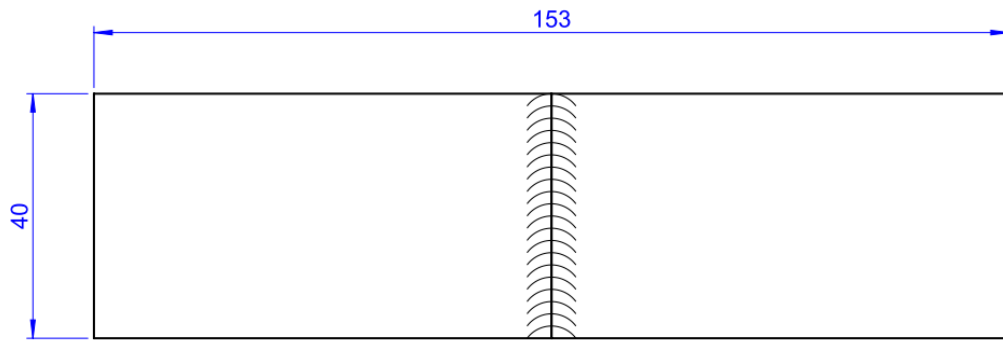


Figura 4. 3 Probeta para ensayos de doblado cara - raíz

Fuente: AWS D1.1 M: 2010 pág. 174

4.1.4. ENSAYO DE LÍQUIDOS PENETRANTES

El ensayo no destructivo se lo realizó mediante líquidos penetrantes contemplado en la norma ASTM E165 (Método de ensayo normalizado para inspección por líquidos penetrantes). Criterios de aceptación tabla 6.1 AWS D1.1

ASTM E1417 (Práctica estándar para examinación por líquidos penetrantes).

4.1.5. ANÁLISIS METALOGRÁFICO

Para el análisis metalográfico se tomaron en cuenta las siguientes normas:

Norma ASTM E 3-01 Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens (Ensayo de microestructuras).

Norma ASTM E 112-96 Standard Test Methods for Determining Average Grain Size (Determinación de tamaño de grano).

4.1.6. PROCESO DE ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el presente proyecto se han tomado en cuenta varios aspectos relacionados a la adquisición de materiales para los diferentes ensayos como también los costos de ensayos y la aceptación de los mismos basados en normativa correspondiente.

Diagrama de flujo de análisis de ensayos destructivos y no destructivos

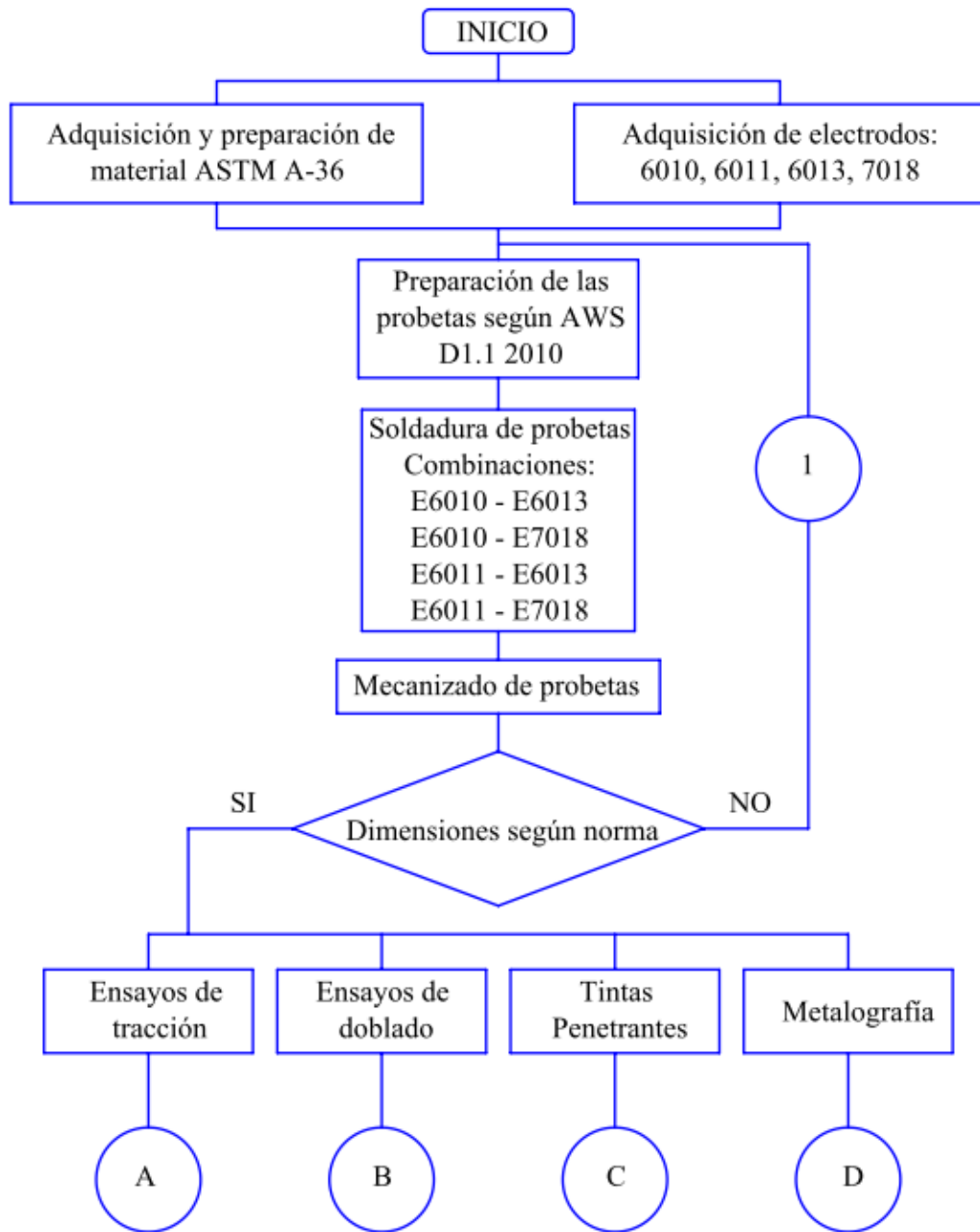


Figura 4. 4 Diagrama análisis de ensayos destructivos y no destructivos

Fuente: El autor

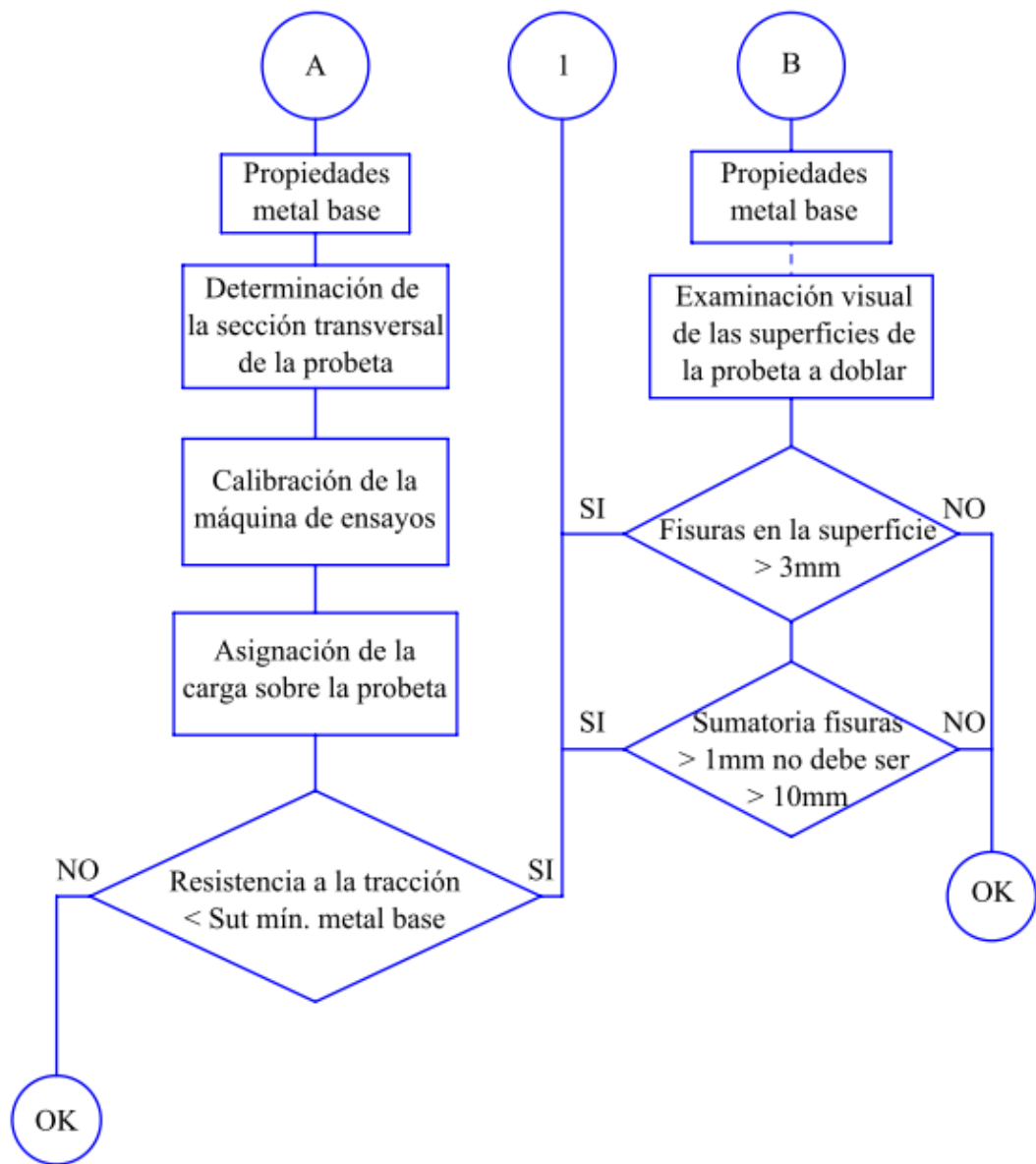


Figura 4. 5 Diagrama análisis de ensayos destructivos y no destructivos

Fuente: El autor

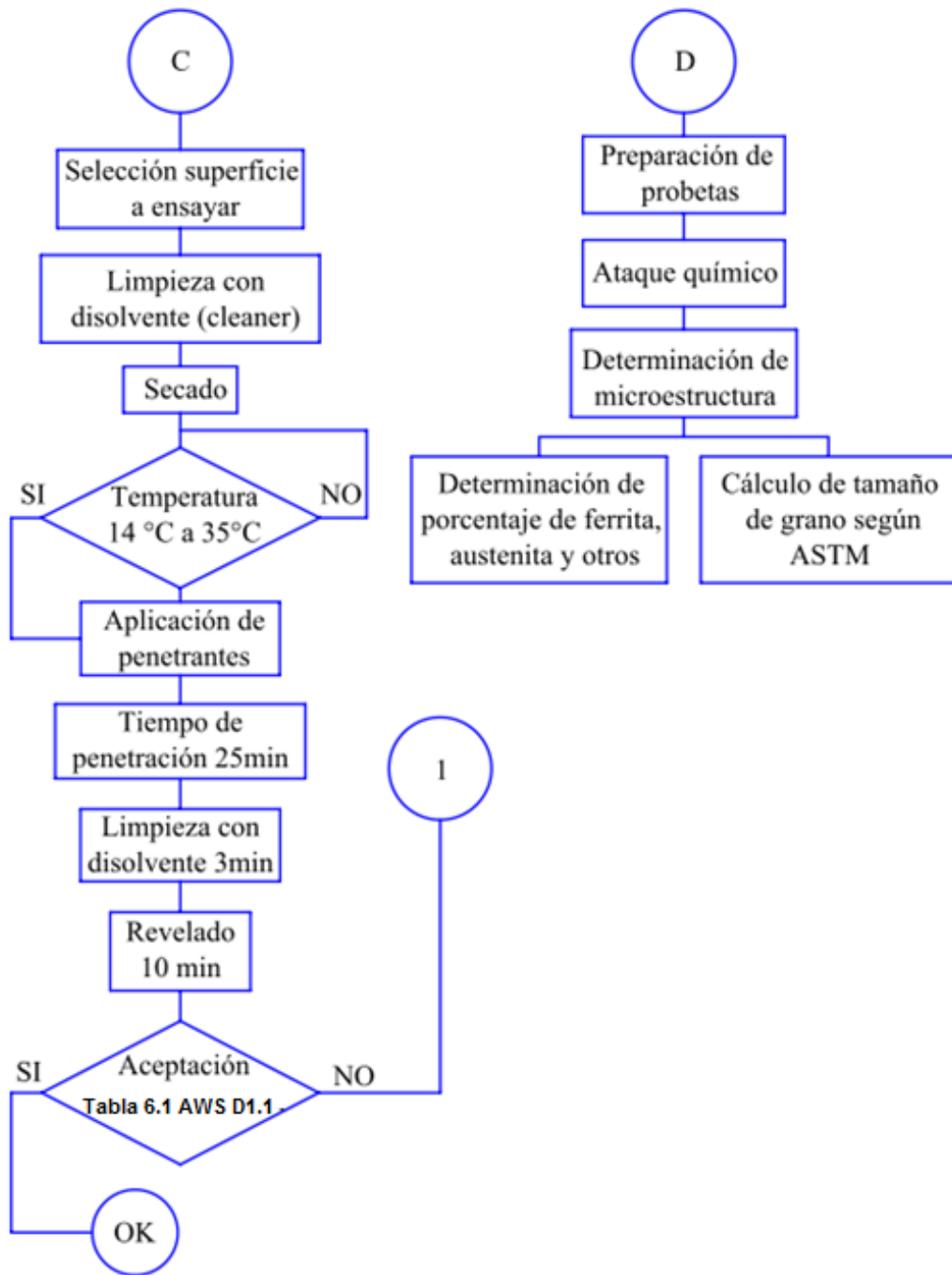


Figura 4. 6 Diagrama análisis de ensayos destructivos y no destructivos

Fuente: El autor

4.1.7. ASIGNACIÓN DE PROBETAS

Con el fin de llevar un registro adecuado de las probetas a ensayar se asignado códigos de para identificar las probetas según su combinación.

Tracción

Tabla 4. 2 Asignación códigos ensayos a tracción

Código	Combinación	N° Probetas
1013	E 6010 - E6013	5
1018	E 6010 - E7018	5
1113	E 6011 - E6013	5
1118	E 6011 - E7018	5

Elaborado por: El autor

Doblado

Tabla 4. 3 Asignación códigos ensayos a doblado de cara y raíz

Código	Combinación	N° Probetas
C 1013	E 6010 - E6013 Cara	1
R 1013	E 6010 - E6013 Raíz	1
C 1018	E 6010 - E7018 Cara	1
R 1018	E 6010 - E7018 Raíz	1
C 1113	E 6011 - E6013 Cara	1
R 1113	E 6011 - E6013 Raíz	1
C 1118	E 6011 - E7018 Cara	1
R 1118	E 6011 - E7018 Raíz	1

Elaborado por: El autor

Tintas Penetrantes

Tabla 4. 4 Asignación códigos tintas penetrantes

Código	Combinación	N° Probetas
TP 1013	E 6010 - E6013	1(Columna)
TP 1018	E 6010 - E7018	1(Columna)
TP 1113	E 6011 - E6013	1(Columna)
TP 1118	E 6011 - E7018	1(Columna)

Elaborado por: El autor




Análisis Metalográfico

Tabla 4. 5 Asignación códigos análisis metalográfico

Código	Combinación	N° Probetas
M 1013	E 6010 - E6013	1
M 1018	E 6010 - E7018	1
M 1113	E 6011 - E6013	1
M 1118	E 6011 - E7018	1

Elaborado por: El autor

4.1.8. CARACTERÍSTICAS DEL METAL BASE

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
DATOS INFORMATIVOS						
Probeta:	N°	Autorizada por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Juan Muquinche	
Lugar de realización		Laboratorio de Materiales (EPN) Laboratorio de Materiales (FICM)		Fecha de ejecución	29/04/2015	
Temperatura ambiente del lugar			22 °C	Flujo de aire del medio	Estático	
ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA						
Diseño de la Junta:				Posición:	Plana Horizontal 1G	
Tipo:	Soldadura CJP	Un solo lado	Sí	Técnica:	Cordón rectilíneo	
		Ambos Lados	No		Raíz, Acabado	
Abertura de raíz:		3 mm		Proceso:	SMAW	
Tipo de unión		A tope		Tipo:	Manual	
METAL BASE						
Especificaciones del material			Acero Estructural			
Tipo o grado:			ASTM A-36			
Espesor:			6 mm			
Longitud de la probeta			125 mm			
Característica:			Platina			
Metal de aporte:			AWS E-6011			
Amperaje/Voltaje:			90 A / 35V			
						
Metal base						
Autor: Juan Muquinche						

4.1.9. ENSAYOS DE TRACCIÓN

4.1.9.1. PREPARACIÓN DEL ENSAYO

Corte de la probeta para obtener las muestras a ensayar



Figura 4. 7 Corte metal base

Fuente: El autor

Corte de las probetas según diferentes combinaciones y designación



Figura 4. 8 Soldadura de probetas

Fuente: El autor

Mecanizado de la probetas según especificaciones AWS D1.1



Figura 4. 9 Mecanizado de probetas

Fuente: El autor

Preparación de las probetas a ensayar



Figura 4. 10 Probetas para ensayo de tracción

Fuente: El autor

Máquina Universal Tinus Olsen Super L120 Computarizada



Figura 4. 11 Máquina para ensayos de tracción

Fuente: El autor

Montaje de las probetas en la máquina y realización de los ensayos



Figura 4. 12 Ensayo de probetas

Fuente: El autor

Resultados de rotura en las probetas



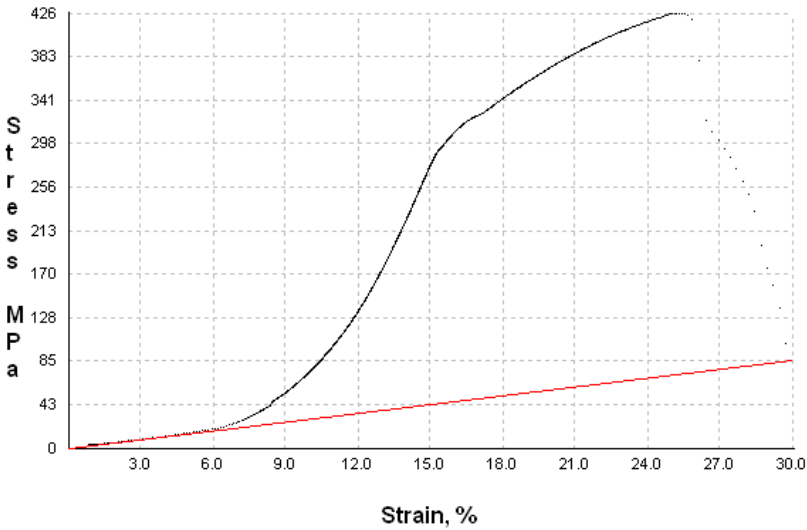


Figura 4. 13 Probetas ensayadas



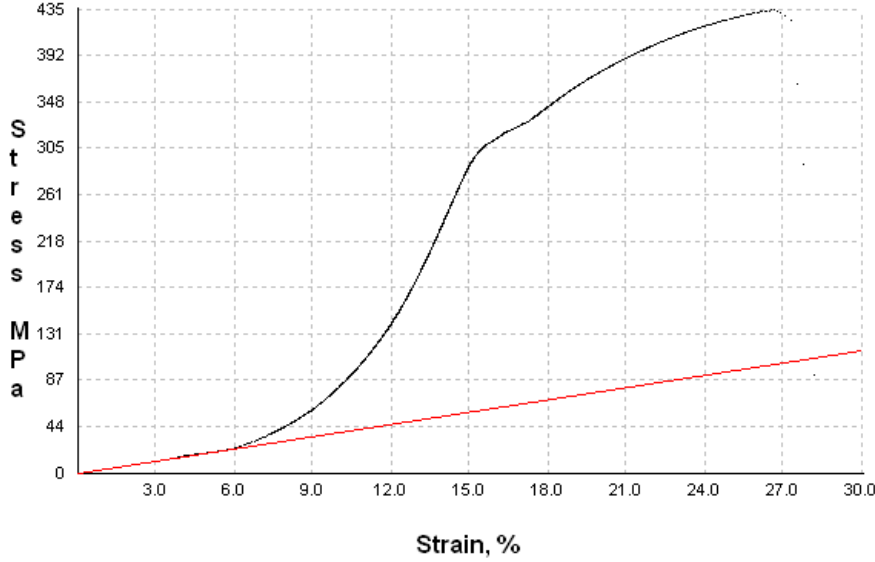
Fuente: El autor

4.1.9.2. RESULTADOS DE ENSAYOS A TRACCIÓN



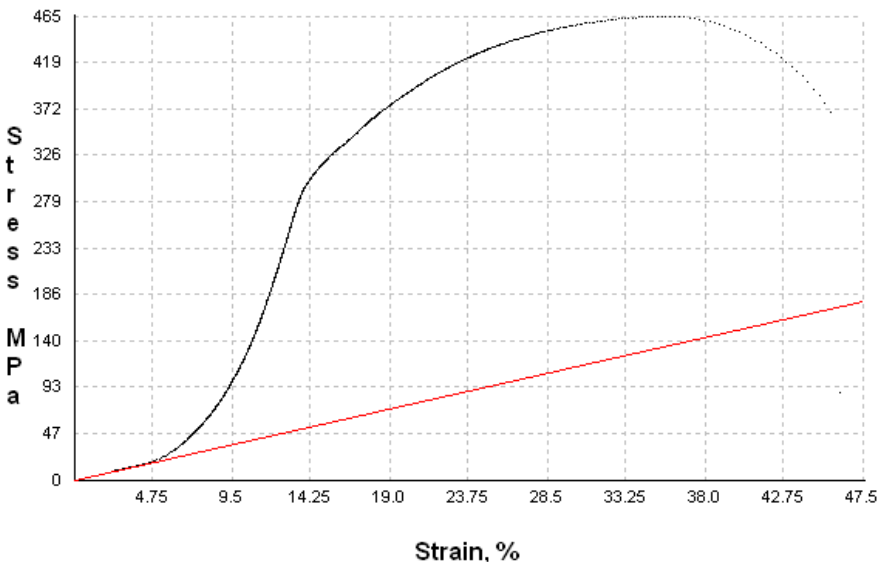
PROBETA 1013-T1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
ENSAYO DE TRACCIÓN DATOS INFORMATIVOS					
Probeta N°	1013-T1	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1		
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional			
Instrumento.	Máquina Universal Tinus Olsen Super L120 Computarizada				
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche		
Método	Deformación controlada.	Espesor de la probeta.	6 mm		
RESULTADOS					
					
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS					
Carga máxima.	49420 N	Longitud de la probeta	250 mm		
RESULTADOS CALCULADOS					
Resistencia a la tracción (Sut)	425.3 MPa.	% Elongación en 50mm	14%		
Resistencia a la fluencia (Sy)	308.82 MPa.	Falla en:	FJS		
Observaciones: Falla en Junta Soldada (FJS)					
Elaborado por: Juan Muquinche					



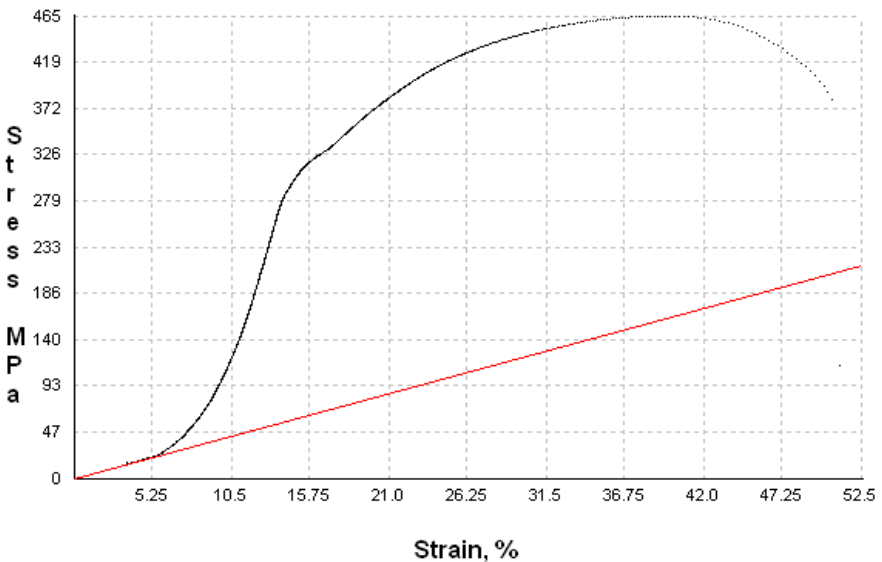
PROBETA 1013-T2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE TRACCIÓN DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	1013-T2	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional				
Instrumento.	Máquina Universal Capacidad 30 Tn					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.	Espesor de la probeta.	6 mm			
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	47152 N	Longitud de la probeta	250 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Resistencia a la tracción (Sut)	433.8 MPa.	% Elongación en 50mm	13.2%			
Resistencia a la fluencia (Sy)	305.3 MPa.	Falla en:	FJS			
Observaciones: Falla en Junta Soldada (FJS)						
Elaborado por: Juan Muquinche						



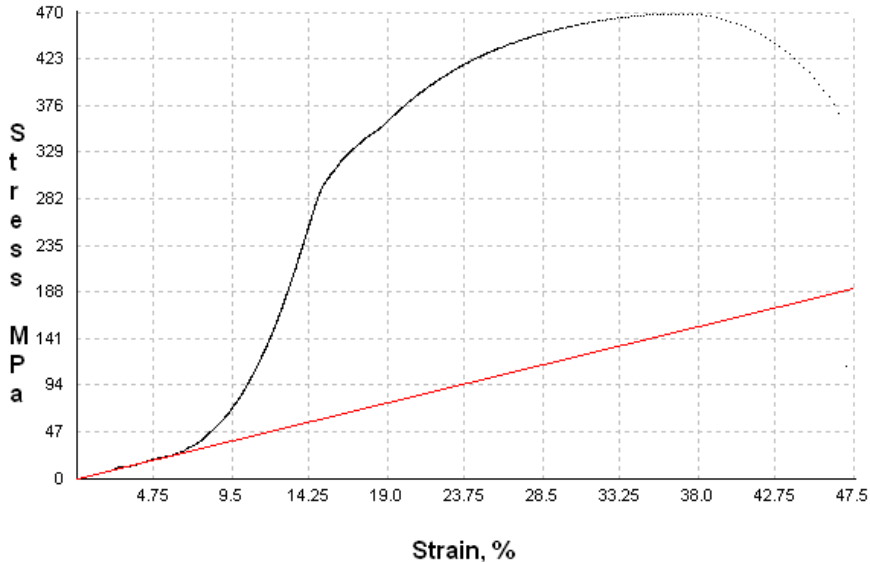
PROBETA 1013-T3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE TRACCIÓN DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	1013-T3	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional				
Instrumento.	Máquina Universal Capacidad 30 Tn					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.		Espesor de la probeta.	6 mm		
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	55603 N	Longitud de la probeta	250 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Resistencia a la tracción (Sut)	464.6 MPa.	% Elongación en 50mm	28.2 %			
Resistencia a la fluencia (Sy)	302.1 MPa.	Falla en:	FMB			
Observaciones: Falla en Metal Base (FMB)						
Elaborado por: Juan Muquinche						



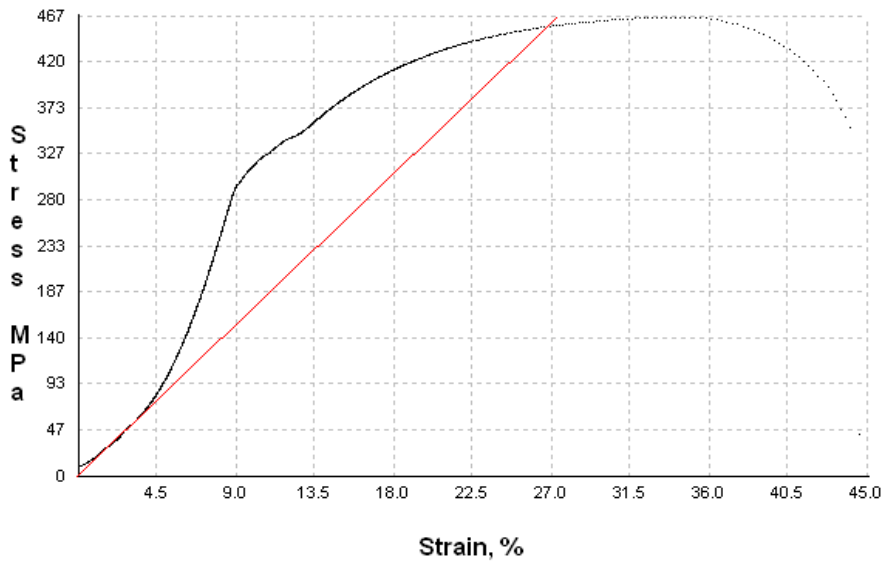
PROBETA 1013-T4

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		ENSAYO DE TRACCIÓN DATOS INFORMATIVOS				
Probeta N°	1013-T4	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional				
Instrumento.	Máquina Universal Capacidad 30 Tn					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.	Espesor de la probeta.	6 mm			
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	52133 N	Longitud de la probeta	250 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Resistencia a la tracción (Sut)	464.8 MPa.	% Elongación en 50mm	31.6 %			
Resistencia a la fluencia (Sy)	293.0 MPa.	Falla en:	FMB			
Observaciones: Falla en Metal Base (FMB)						
Elaborado por: Juan Muquinche						



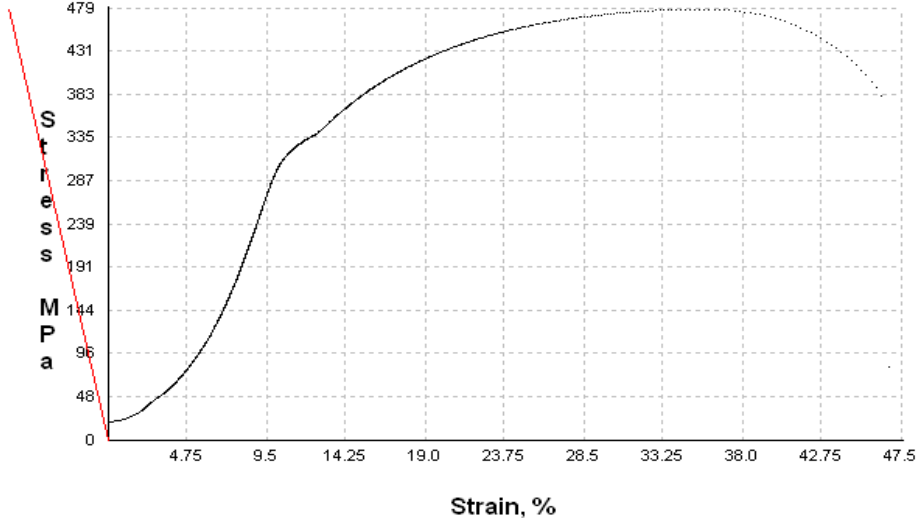
PROBETA 1013-T5

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		ENSAYO DE TRACCIÓN DATOS INFORMATIVOS					
Probeta N°	1013-T5	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp		
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1				
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional					
Instrumento.	Máquina Universal Capacidad 30 Tn						
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche				
Método	Deformación controlada.		Espesor de la probeta.	6 mm			
RESULTADOS							
							
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS							
Carga máxima.	51688 N	Longitud de la probeta	250 mm				
RESULTADOS CALCULADOS							
Resistencia a la tracción (Sut)	467.9 MPa.	% Elongación en 50mm	27.8 %				
Resistencia a la fluencia (Sy)	303.8 MPa.	Falla en:	FMB				
Observaciones: Falla en Metal Base (FMB)							
Elaborado por: Juan Muquinche							



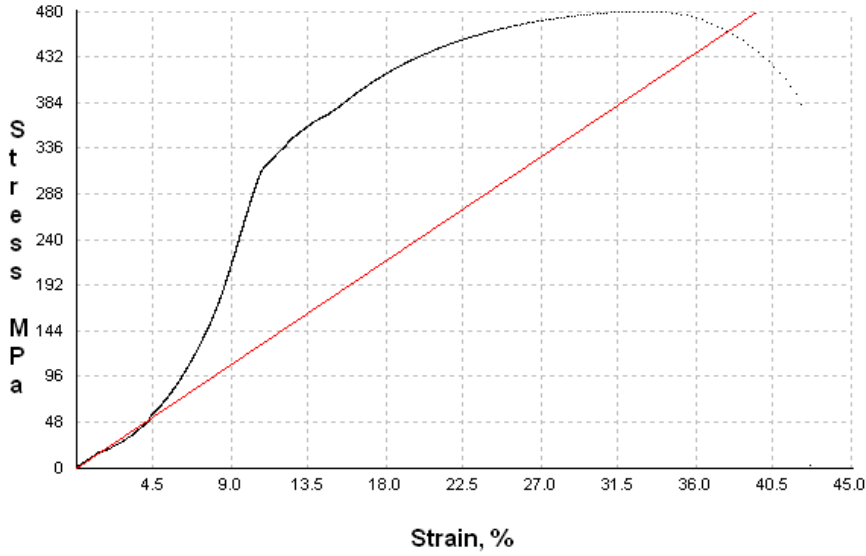
PROBETA 1018-T1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE TRACCIÓN DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	1018-T1	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:			Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional			
Instrumento.	Máquina Universal Capacidad 30 Tn					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.		Espesor de la probeta.	6 mm		
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	51955 N	Longitud de la probeta	250 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Resistencia a la tracción (Sut)	465.2 MPa.	% Elongación en 50mm	29.4 %			
Resistencia a la fluencia (Sy)	303.4 MPa.	Falla en:	FMB			
Observaciones: Falla en Metal Base (FMB)						
Elaborado por: Juan Muquinche						



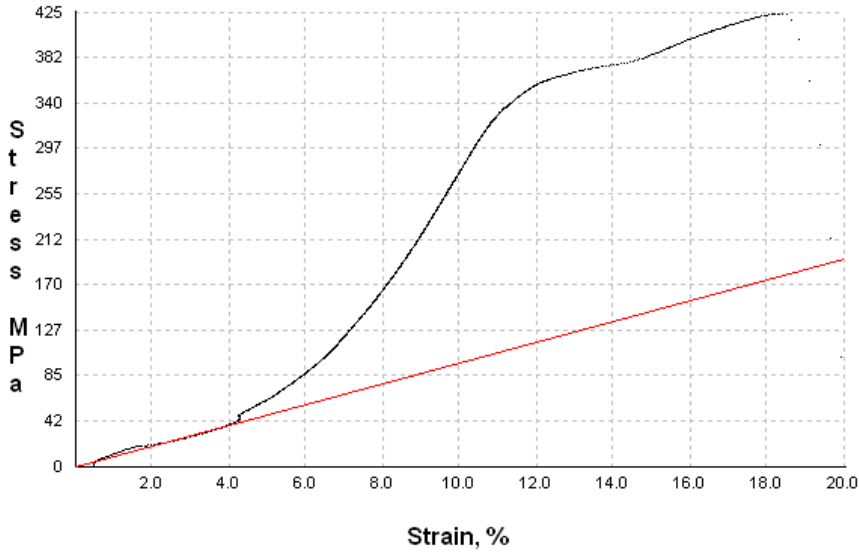
PROBETA 1018-T2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE TRACCIÓN DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	1018-T2	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:			Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional			
Instrumento.	Máquina Universal Capacidad 30 Tn					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.	Espesor de la probeta.	6 mm			
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	52578 N	Longitud de la probeta	250 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Resistencia a la tracción (Sut)	476.9 MPa.	% Elongación en 50mm	31.2 %			
Resistencia a la fluencia (Sy)	312.8 MPa.	Falla en:	FMB			
Observaciones: Falla en Metal Base (FMB)						
Elaborado por: Juan Muquinche						



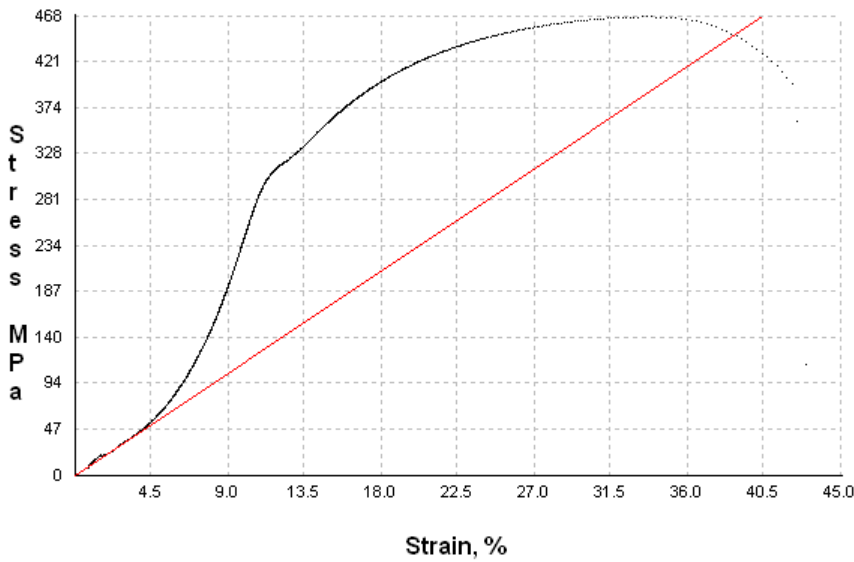
PROBETA 1018-T3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE TRACCIÓN DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	1018-T3	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:			Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional			
Instrumento.	Máquina Universal Capacidad 30 Tn					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.		Espesor de la probeta.	6 mm		
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	51955 N	Longitud de la probeta	250 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Resistencia a la tracción (Sut)	479.7 MPa.	% Elongación en 50mm	28.3 %			
Resistencia a la fluencia (Sy)	318.1 MPa.	Falla en:	FMB			
Observaciones: Falla en Metal Base (FMB)						
Elaborado por: Juan Muquinche						



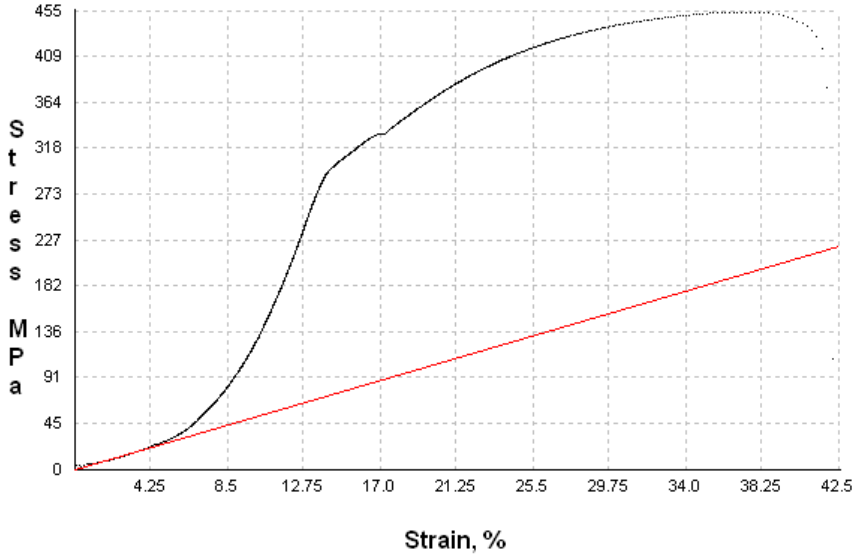
PROBETA 1018-T4

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE TRACCIÓN DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	1018-T4	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional				
Instrumento.	Máquina Universal Capacidad 30 Tn					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.		Espesor de la probeta.	6 mm		
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	44883 N	Longitud de la probeta	250 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Resistencia a la tracción (Sut)	423.2 MPa.	% Elongación en 50mm	10.9 %			
Resistencia a la fluencia (Sy)	339.8 MPa.	Falla en:	FJS			
Observaciones: Falla en Junta Soldada (FJS)						
Elaborado por: Juan Muquinche						



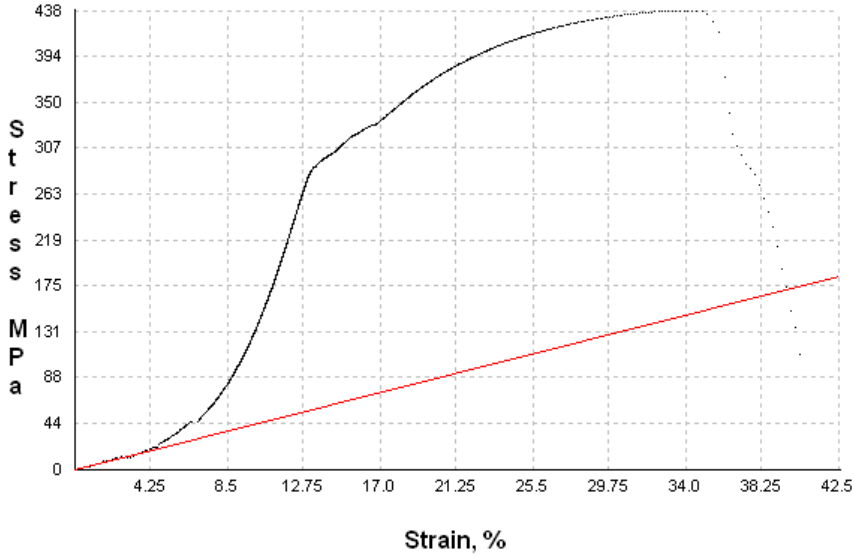
PROBETA 1018-T5

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE TRACCIÓN DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	1018-T5	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:			Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional			
Instrumento.	Máquina Universal Capacidad 30 Tn					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.		Espesor de la probeta.	6 mm		
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	50532 N	Longitud de la probeta	250 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Resistencia a la tracción (Sut)	466.8 MPa.	% Elongación en 50mm	28.5 %			
Resistencia a la fluencia (Sy)	302.6 MPa.	Falla en:	FMB			
Observaciones: Falla en Metal Base (FMB)						
Elaborado por: Juan Muquinche						



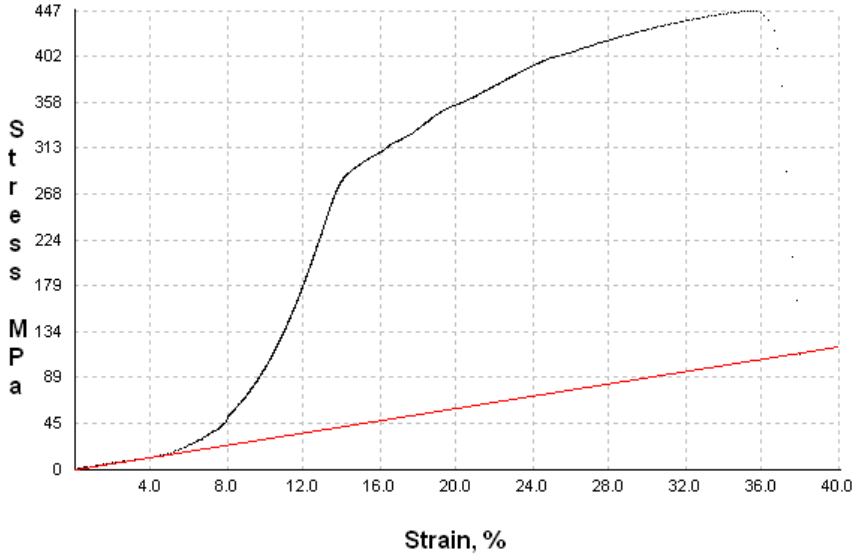
PROBETA 1113-T1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE TRACCIÓN DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	1113-T1	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional				
Instrumento.	Máquina Universal Capacidad 30 Tn					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.	Espesor de la probeta.	6 mm			
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	50176 N	Longitud de la probeta	250 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Resistencia a la tracción (Sut)	453.1 MPa.	% Elongación en 50mm	25.3 %			
Resistencia a la fluencia (Sy)	297.0 MPa.	Falla en:	FMB			
Observaciones: Falla en Metal Base (FMB)						
Elaborado por: Juan Muquinche						



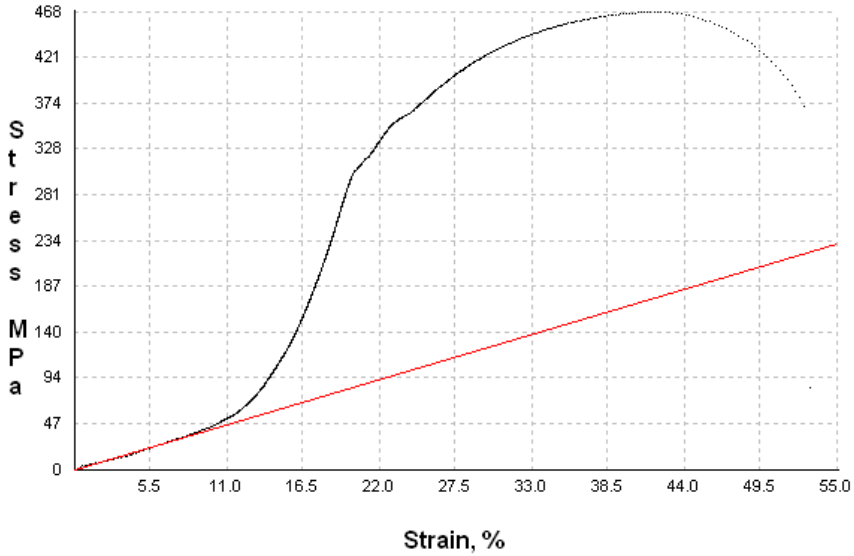
PROBETA 1113-T2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE TRACCIÓN DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	1113-T2	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:			Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional			
Instrumento.	Máquina Universal Capacidad 30 Tn					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.	Espesor de la probeta.	6 mm			
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	49509 N	Longitud de la probeta	250 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Resistencia a la tracción (Sut)	438 MPa.	% Elongación en 50mm	24.3 %			
Resistencia a la fluencia (Sy)	290.2 MPa.	Falla en:	FJS			
Observaciones: Falla en Junta Soldada (FJS)						
Elaborado por: Juan Muquinche						



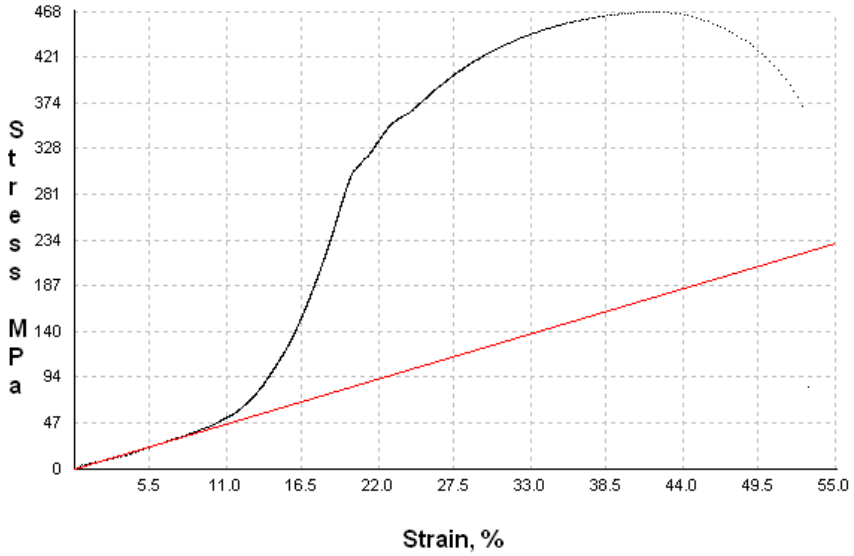
PROBETA 1113-T3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE TRACCIÓN DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	1113-T3	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:			Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional			
Instrumento.	Máquina Universal Capacidad 30 Tn					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.		Espesor de la probeta.	6 mm		
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	49242 N	Longitud de la probeta	250 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Resistencia a la tracción (Sut)	446.1 MPa.	% Elongación en 50mm	28.2 %			
Resistencia a la fluencia (Sy)	287.5 MPa.	Falla en:	FJS			
Observaciones: Falla en Junta Soldada (FJS)						
Elaborado por: Juan Muquinche						



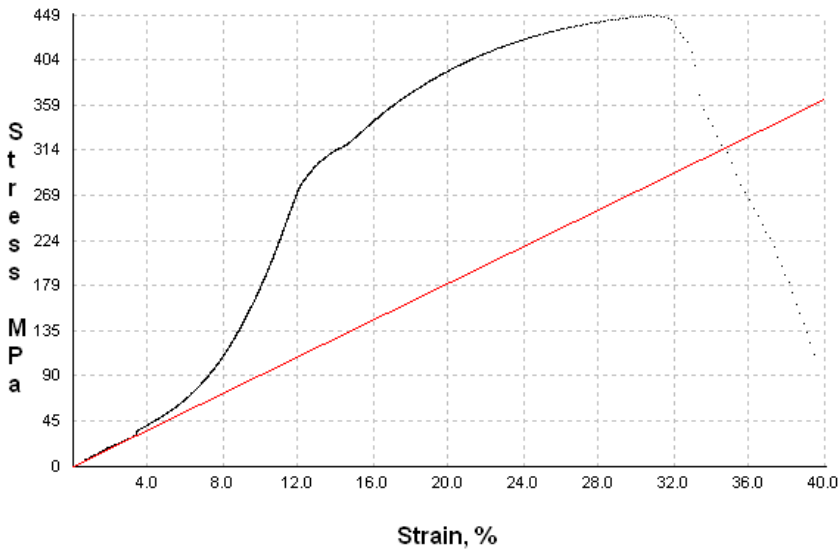
PROBETA 1113-T4

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE TRACCIÓN DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	1113-T4	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional				
Instrumento.	Máquina Universal Capacidad 30 Tn					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.	Espesor de la probeta.	6 mm			
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	51955 N	Longitud de la probeta	250 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Resistencia a la tracción (Sut)	467.3 MPa.	% Elongación en 50mm	31 %			
Resistencia a la fluencia (Sy)	311.6 MPa.	Falla en:	FMB			
Observaciones: Falla en Metal Base (FMB)						
Elaborado por: Juan Muquinche						



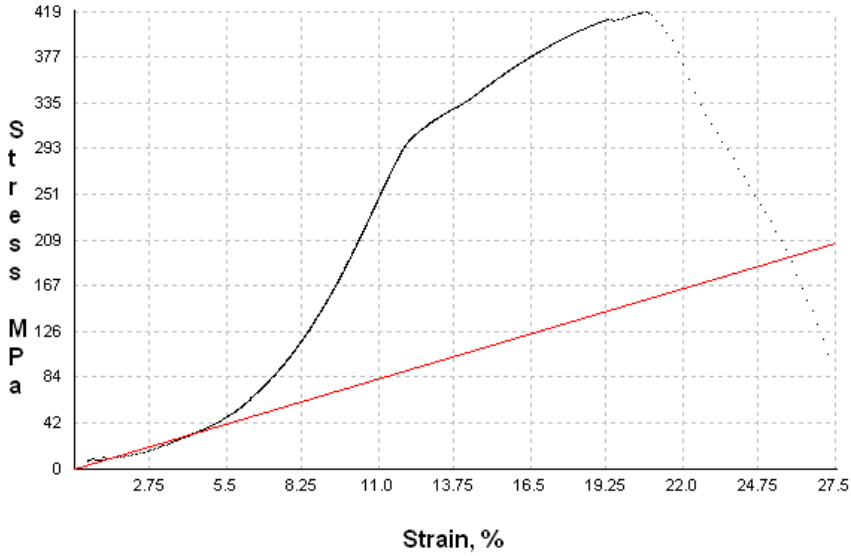
PROBETA 1113-T5

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE TRACCIÓN DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	1113-T5	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional				
Instrumento.	Máquina Universal Capacidad 30 Tn					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.		Espesor de la probeta.	6 mm		
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	50220 N	Longitud de la probeta	250 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Resistencia a la tracción (Sut)	451.1 MPa.	% Elongación en 50mm	27.2 %			
Resistencia a la fluencia (Sy)	296.6 MPa.	Falla en:	FMB			
Observaciones: Falla en Metal Base (FMB)						
Elaborado por: Juan Muquinche						



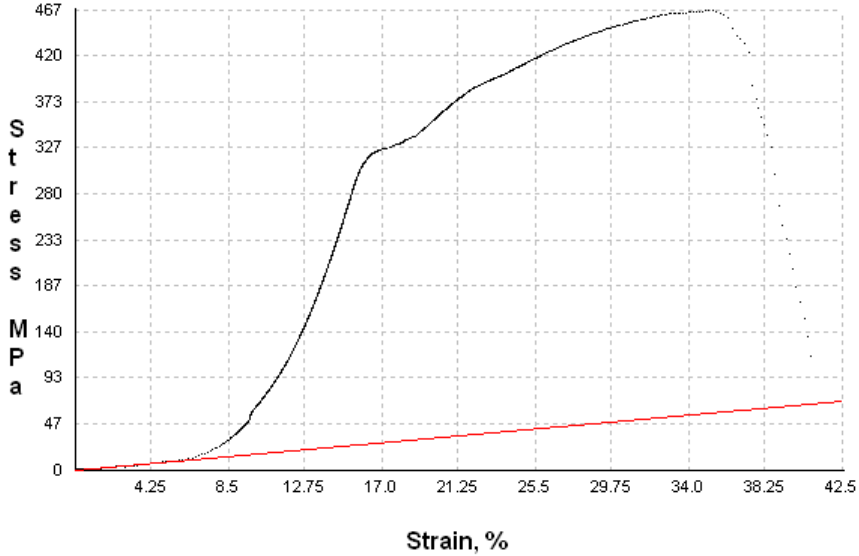
PROBETA 1118-T1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE TRACCIÓN DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	1118-T1	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:			Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional			
Instrumento.	Máquina Universal Capacidad 30 Tn					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.		Espesor de la probeta.	6 mm		
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	49954 N	Longitud de la probeta	250 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Resistencia a la tracción (Sut)	447.1 MPa.	% Elongación en 50mm	24 %			
Resistencia a la fluencia (Sy)	290.2 MPa.	Falla en:	FJS			
Observaciones: Falla en Junta Soldada (FJS)						
Elaborado por: Juan Muquinche						



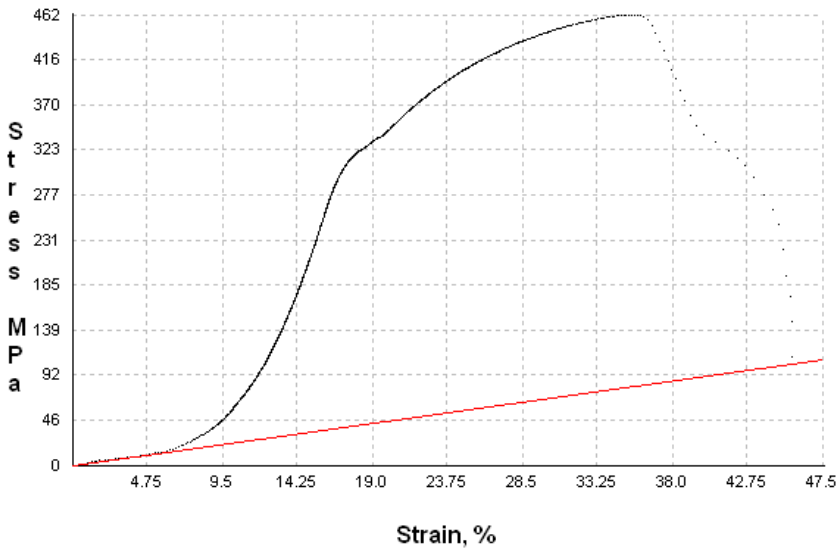
PROBETA 1118-T2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE TRACCIÓN DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	1118-T2	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:			Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional			
Instrumento.	Máquina Universal Capacidad 30 Tn					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.		Espesor de la probeta.	6 mm		
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	46751 N	Longitud de la probeta	250 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Resistencia a la tracción (Sut)	417.8 MPa.	% Elongación en 50mm	14 %			
Resistencia a la fluencia (Sy)	306.3 MPa.	Falla en:	FJS			
Observaciones: Falla en Junta Soldada (FJS)						
Elaborado por: Juan Muquinche						



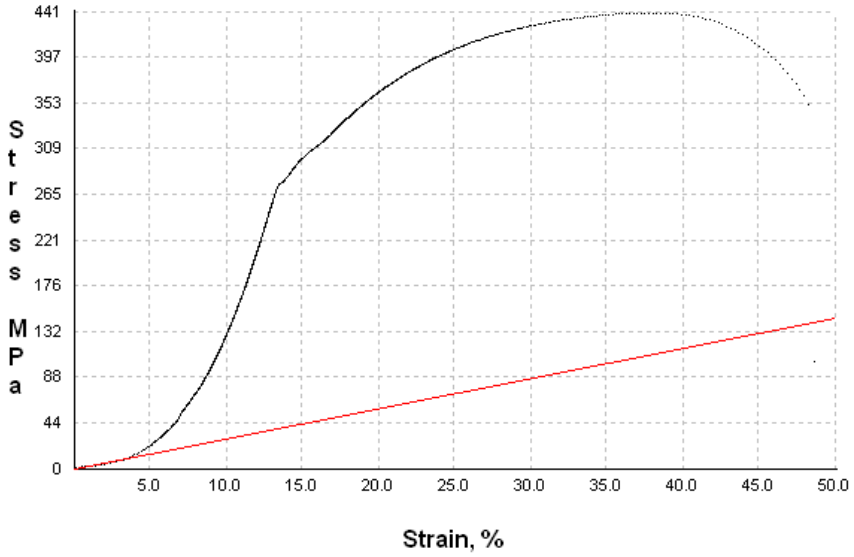
PROBETA 1118-T3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE TRACCIÓN DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	1118-T3	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:			Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional			
Instrumento.	Máquina Universal Capacidad 30 Tn					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.		Espesor de la probeta.	6 mm		
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	49464 N	Longitud de la probeta	250 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Resistencia a la tracción (Sut)	465.4 MPa.	% Elongación en 50mm	21.6 %			
Resistencia a la fluencia (Sy)	317.0 MPa.	Falla en:	FJS			
Observaciones: Falla en Junta Soldada (FJS)						
Elaborado por: Juan Muquinche						

PROBETA 1118-T4

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE TRACCIÓN DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	1118-T4	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:			Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional			
Instrumento.	Máquina Universal Capacidad 30 Tn					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.		Espesor de la probeta.	6 mm		
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	53156 N	Longitud de la probeta	250 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Resistencia a la tracción (Sut)	462.0 MPa.	% Elongación en 50mm	23.2 %			
Resistencia a la fluencia (Sy)	304.6 MPa.	Falla en:	FJS			
Observaciones: Falla en Junta Soldada (FJS)						
Elaborado por: Juan Muquinche						

PROBETA 1118-T5

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE TRACCIÓN DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	1113-T5	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional				
Instrumento.	Máquina Universal Capacidad 30 Tn					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.		Espesor de la probeta.	6 mm		
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	50843 N	Longitud de la probeta	250 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Resistencia a la tracción (Sut)	439.6 MPa.	% Elongación en 50mm	30.4 %			
Resistencia a la fluencia (Sy)	277.9 MPa.	Falla en:	FMB			
Observaciones: Falla en Metal Base (FMB)						
Elaborado por: Juan Muquinche						

4.1.10. ENSAYO DE DOBLADO

4.1.10.1. PREPARACIÓN DEL ENSAYO

Corte de la probeta principal



Figura 4. 14 Corte metal base

Fuente: El autor

Corte de las probetas según diferentes combinaciones



Figura 4. 15 Soldado de probetas

Fuente: El autor

Designación de las probetas soldadas



Figura 4. 16 Designación de probetas

Fuente: El autor

Máquina Universal Tinus Olsen Super L120 a reloj



Figura 4. 17 Máquina para ensayos de doblado

Fuente: El autor

Montaje de las probetas en la máquina y realización de los ensayos



Figura 4. 18 Doblado de probetas

Fuente: El autor

Resultados de doblado en las probetas



Figura 4. 19 Probetas dobladas




Fuente: El autor

4.1.10.2. ENSAYOS DE DOBLADO DE CARA Y RAÍZ

PROBETA R 1013-1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE DOBLADO RAÍZ DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	R 1013	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional				
Instrumento.	Máquina Universal Tinus Olsen Super L120					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.		Espesor de la probeta.	6 mm		
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	60000 kgf	Longitud de la probeta	150 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Fisuras mayores a 3mm	Si (4mm)	Fisura en esquina	No			
Sumatoria fisuras < 3mm	0	Aprueba	No			
Observaciones: Se observa una discontinuidad de 4,0 mm en el cordón de soldadura.						
Elaborado por: Juan Muquinche						

PROBETA C 1013-1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE DOBLADO CARA DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	C 1013	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional				
Instrumento.	Máquina Universal Tinus Olsen Super L120					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.	Espesor de la probeta.	6 mm			
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	60000 kgf	Longitud de la probeta	150 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Fisuras mayores a 3mm	No	Fisura en esquina	No			
Sumatoria fisuras < 3mm	0	Aprueba	Si			
Observaciones: No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura						
Elaborado por: Juan Muquinche						

PROBETA R 1018-1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE DOBLADO RAÍZ DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	R 1018	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional				
Instrumento.	Máquina Universal Tinus Olsen Super L120					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.	Espesor de la probeta.	6 mm			
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	60000 kgf	Longitud de la probeta	150 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Fisuras mayores a 3mm	No	Fisura en esquina	No			
Sumatoria fisuras < 3mm	0	Aprueba	Si			
Observaciones: No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura						
Elaborado por: Juan Muquinche						


PROBETA C 1018-1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE DOBLADO CARA DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	C 1018	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional				
Instrumento.	Máquina Universal Tinus Olsen Super L120					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.	Espesor de la probeta.	6 mm			
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	60000 kgf	Longitud de la probeta	150 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Fisuras mayores a 3mm	No	Fisura en esquina	No			
Sumatoria fisuras < 3mm	3.2mm	Aprueba	Si			
Observaciones: Se observa discontinuidades de 1.7mm y 1.5mm						
Elaborado por: Juan Muquinche						

PROBETA R 1113-1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE DOBLADO RAÍZ DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	R 1113	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional				
Instrumento.	Máquina Universal Tinus Olsen Super L120					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.	Espesor de la probeta.	6 mm			
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	60000 kgf	Longitud de la probeta	150 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Fisuras mayores a 3mm	Si	Fisura en esquina	Si			
Sumatoria fisuras < 3mm	0	Aprueba	No			
Observaciones: Se observa una discontinuidad en la esquina de 5.4mm						
Elaborado por: Juan Muquinche						

PROBETA C 1113-1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		ENSAYO DE DOBLADO CARA DATOS INFORMATIVOS				
Probeta N°	C 1113	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional				
Instrumento.	Máquina Universal Tinus Olsen Super L120					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.	Espesor de la probeta.	6 mm			
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	60000 kgf	Longitud de la probeta	150 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Fisuras mayores a 3mm	No	Fisura en esquina	No			
Sumatoria fisuras < 3mm	0	Aprueba	Si			
Observaciones: No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura						
Elaborado por: Juan Muquinche						

PROBETA R 1118-1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE DOBLADO RAÍZ DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	R 1118	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional				
Instrumento.	Máquina Universal Tinus Olsen Super L120					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.	Espesor de la probeta.	6 mm			
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	60000 kgf	Longitud de la probeta	150 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Fisuras mayores a 3mm	No	Fisura en esquina	No			
Sumatoria fisuras < 3mm	0	Aprueba	Si			
Observaciones: No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura						
Elaborado por: Juan Muquinche						

PROBETA C 1118-1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE DOBLADO CARA DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	C 1118	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional				
Instrumento.	Máquina Universal Tinus Olsen Super L120					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.	Espesor de la probeta.	6 mm			
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	60000 kgf	Longitud de la probeta	150 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Fisuras mayores a 3mm	No	Fisura en esquina	No			
Sumatoria fisuras < 3mm	0	Aprueba	Si			
Observaciones: No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura						
Elaborado por: Juan Muquinche						

SEGUNDO ENSAYO

PROBETA R 1013-2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE DOBLADO RAIZ DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	R 1013	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional				
Instrumento.	Máquina Universal Tinus Olsen Super L120					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.		Espesor de la probeta.	6 mm		
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	60000 kgf	Longitud de la probeta	150 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Fisuras mayores a 3mm	No	Fisura en esquina	Si			
Sumatoria fisuras < 3mm	0.9 mm	Aprueba	Si			
Observaciones: Se observa una discontinuidad de 0.9 mm en el cordón de soldadura.						
Elaborado por: Juan Muquinche						



PROBETA C 1013-2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		ENSAYO DE DOBLADO CARA DATOS INFORMATIVOS				
Probeta N°	C 1013	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional				
Instrumento.	Máquina Universal Tinus Olsen Super L120					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.	Espesor de la probeta.	6 mm			
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	60000 kgf	Longitud de la probeta	150 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Fisuras mayores a 3mm	No	Fisura en esquina	No			
Sumatoria fisuras < 3mm	0	Aprueba	Si			
Observaciones: No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura						
Elaborado por: Juan Muquinche						


PROBETA R 1018-2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE DOBLADO RAÍZ DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	R 1018	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional				
Instrumento.	Máquina Universal Tinus Olsen Super L120					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.		Espesor de la probeta.	6 mm		
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	60000 kgf	Longitud de la probeta	150 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Fisuras mayores a 3mm	No	Fisura en esquina	No			
Sumatoria fisuras < 3mm	0	Aprueba	Si			
Observaciones: No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura						
Elaborado por: Juan Muquinche						



PROBETA C 1018-2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE DOBLADO CARA DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	C 1018	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional				
Instrumento.	Máquina Universal Tinus Olsen Super L120					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.		Espesor de la probeta.		6 mm	
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	60000 kgf	Longitud de la probeta		150 mm		
RESULTADOS CALCULADOS						
Fisuras mayores a 3mm	No	Fisura en esquina		No		
Sumatoria fisuras < 3mm	1.2mm	Aprueba		Si		
Observaciones: Se observa discontinuidades de 1.2 mm						
Elaborado por: Juan Muquinche						




PROBETA R 1113-2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		ENSAYO DE DOBLADO RAIZ DATOS INFORMATIVOS				
Probeta N°	R 1113	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional				
Instrumento.	Máquina Universal Tinus Olsen Super L120					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.	Espesor de la probeta.		6 mm		
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	60000 kgf	Longitud de la probeta		150 mm		
RESULTADOS CALCULADOS						
Fisuras mayores a 3mm	Si	Fisura en esquina		Si		
Sumatoria fisuras < 3mm	0	Aprueba		No		
Observaciones: No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura						
Elaborado por: Juan Muquinche						




PROBETA C 1113-2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		ENSAYO DE DOBLADO CARA DATOS INFORMATIVOS				
Probeta N°	C 1113	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional				
Instrumento.	Máquina Universal Tinus Olsen Super L120					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.	Espesor de la probeta.	6 mm			
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	60000 kgf	Longitud de la probeta	150 mm			
RESULTADOS CALCULADOS						
Fisuras mayores a 3mm	No	Fisura en esquina	No			
Sumatoria fisuras < 3mm	0	Aprueba	Si			
Observaciones: No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura						
Elaborado por: Juan Muquinche						

PROBETA R 1118-2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE DOBLADO RAÍZ DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	R 1118	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional				
Instrumento.	Máquina Universal Tinus Olsen Super L120					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.		Espesor de la probeta.		6 mm	
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	60000 kgf	Longitud de la probeta		150 mm		
RESULTADOS CALCULADOS						
Fisuras mayores a 3mm	No	Fisura en esquina		No		
Sumatoria fisuras < 3mm	0	Aprueba		Si		
Observaciones: Se observa discontinuidades de 1.5 mm						
Elaborado por: Juan Muquinche						

PROBETA C 1118-2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO DE DOBLADO CARA DATOS INFORMATIVOS						
Probeta N°	C 1118	Proceso de soldado:	SMAW	Amperaje:	100 Amp	
Voltaje	—	Norma aplicable:	AWS D1.1			
Centro de Estudio y Análisis:		Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional				
Instrumento.	Máquina Universal Tinus Olsen Super L120					
Fecha de ejecución:	29/04/2015	Realizado por:	Juan Muquinche			
Método	Deformación controlada.		Espesor de la probeta.		6 mm	
RESULTADOS						
						
PARAMETROS PARA LOS ENSAYOS						
Carga máxima.	60000 kgf	Longitud de la probeta		150 mm		
RESULTADOS CALCULADOS						
Fisuras mayores a 3mm	No	Fisura en esquina		No		
Sumatoria fisuras < 3mm	0	Aprueba		Si		
Observaciones: Se observa discontinuidades de 0.7 mm						
Elaborado por: Juan Muquinche						

4.1.11. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS TINTAS PENETRANTES

4.1.11.1. PREPARACIÓN DEL ENSAYO

Para el ensayo de tintas penetrantes en la soldadura se tomaron cuatro columnas laterales en las cuales se realizaron las diferentes combinaciones de electrodos y así poder verificar si existen discontinuidades en la soldadura, todo esto según los criterios de aceptación presentados por la AWS D1.1. Capítulo 6 Apartado C y según la tabla 6.1.

Plegado de la Columna



Figura 4. 20 Plegado de Columnas

Fuente: El autor

Soldado de tapas laterales en la columna



Figura 4. 21 Soldado laterales columna

Fuente: El autor

Transporte de la columna a la sección de armado



Figura 4. 22 Transporte de columna

Fuente: El autor

Colocación y punteo de las columnas con abertura según norma



Figura 4. 23 Pre soldeo de columnas

Fuente: El autor

Soldeo con penetración electrodos E-6010 y E-6011



Figura 4. 24 Soldadura de penetración en columnas

Fuente: El autor

Limpieza de la soldadura de penetración para soldadura de acabado



Figura 4. 25 Limpieza de soldadura de penetración

Fuente: El autor

Soldadura de acabado E-6013 y E-7018



Figura 4. 26 Soldadura de acabado

Fuente: El autor

Aplicación de tintas penetrantes



Figura 4. 27 Tintas penetrantes

Fuente: El autor

Limpieza de la sección soldada y aplicación de cleaner con waype



Figura 4. 28 Aplicación del Limpiador (cleaner)

Fuente: El autor

Aplicación del penetrante en las columnas



Figura 4. 29 Aplicación del penetrante en la soldadura

Fuente: El autor

Aplicación del revelador y examen visual de criterios de aceptación



Figura 4. 30 Aplicación del revelador en la soldadura



Fuente: El autor





DATOS INFORMATIVOS DEL ENSAYO

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
DATOS INFORMATIVOS					
Probeta:	N°	Autorizada por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Juan Muquinche
Lugar de realización		Metal Mecánica Antonio Tirado		Fecha de ejecución	29/04/2015
Temperatura ambiente del lugar			22 °C	Flujo de aire del medio	Estático
ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA					
Procedimiento: ASTM E 165				Posición:	Plana Horizontal 1G
Tipo:	Soldadura CJP	Un solo lado	Sí	Técnica:	Cordón rectilíneo
		Ambos Lados	No		Raíz, Acabado
Abertura de raíz:		3 mm		Proceso:	SMAW
Tipo de unión		A tope		Tipo:	Manual
METAL BASE					
Especificaciones del material			Acero Estructural		
Tipo o grado:			ASTM A-36		
Espesor:			6 mm		
Longitud de la probeta			125 mm		
Característica:			Chapa metálica (tol)		
Metal de aporte:			AWS E-6011		
Amperaje/Voltaje:			90 A / 35V		
					
Columnas soldadas					
Elaborado por: Juan Muquinche					

Combinación E-6010 con E-6013



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
DATOS INFORMATIVOS					
Probeta:	Nº1	Autorizada por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Juan Muquinche
Lugar de realización		Metal Mecánica Antonio Tirado		Fecha de ejecución	29/04/2015
Temperatura ambiente del lugar			22 °C	Flujo de aire del medio	Estático
ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA					
Combinación de electrodos en columna: TP 1013				Posición:	Plana Horizontal 1G
Tipo:	Soldadura CJP	Un solo lado	Sí	Técnica:	Cordón rectilíneo
		Ambos Lados	No		Raíz, Acabado
Abertura de raíz:		3 mm		Proceso:	SMAW
Tipo de unión		A tope		Tipo:	Manual
METAL BASE					
Especificaciones del material			Acero Estructural		
Tipo o grado:			ASTM A-36		
Espesor:			6 mm		
Longitud de la probeta			500 mm		
Característica:			Chapa metálica (tol)		
Metal de aporte:			AWS E-6010 y E-6013		
Amperaje/Voltaje:			90 A / 35V		
					
Combinación de soldadura TP 1013					
Elaborado por: Juan Muquinche					





		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
		INFORME POR LÍQUIDOS PENETRANTES VISIBLES			
Ensayo N°	1	Probeta N°1	TP 1013		
Solicitado por:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
Procedimiento:	Líquidos penetrantes	Material base:	ASTM A36		
Técnica:	Visibles	Material de aporte:	E-6010 E-6013		
LIMPIEZA INICIAL					
Tipo:	Pulverizador en aerosol	Marca:	SPOTCHECK		
Modelo de aplicación:	Cleaner/ Remover				
Tiempo de limpieza:	3 min	Secado:	Evaporación normal		
LÍQUIDO PENETRANTE					
Tipo:	Pulverizador en aerosol	Marca:	SPOTCHECK		
Modelo de aplicación:	Penetrant				
Tiempo de penetrado:	25min	Secado:	Evaporación normal		
REVELADO					
Tipo:	Pulverizador en aerosol	Marca:	SPOTCHECK		
Modelo de aplicación:	Developer				
Tiempo de revelado:	10min	Secado:	Evaporación normal		
RESULTADOS					
Defectos			Observación		
Grietas			No		
Fusión de la soldadura			Adecuada		
Cráter de sección transversal			No		
Socavado			<1mm, aprueba		
Tiempo de inspección			Inmediato		
Porosidad			No		
Iluminación:	Normal				
Posición de soldadura	Tipo de soldadura		Calificación		
1G Plana	SMAW		SI	NO	
Diámetro o longitud inspeccionada (mm)		600	x		

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p>	
<p>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p>		
<p>LIMPIEZA PENETRACIÓN Y REVELADO</p>		
<p>Etapa de Penetración</p>		
		
<p>Etapa de Revelado y Visualización del ensayo</p>		
		
<p>CRITERIOS DE ACEPTACIÓN</p>		
<p>Para aceptar o rechazar un ensayo la soldadura en el ensayo de tintas penetrantes debe estar conforme a los requerimientos presentados en la Tabla 6.1 de la AWS D1.1, en donde cualquier grieta es inaceptable, sin importar el tamaño o ubicación, se puede observar que la soldadura está libre de esta discontinuidad, también se puede observar que presenta pequeños socavados siendo estos <1 mm por lo que no representan falla, la fusión de soldadura es adecuada según el análisis visual.</p>		
<p>OBSERVACIONES</p>		
<p>El análisis visual en la probeta donde se aplicó tintas penetrantes indica que la soldadura es adecuada y no presenta discontinuidades relevantes</p>		
<p>Elaborado por: Juan Muquinche</p>		

Combinación Electrodo E-6010 con E-7018



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
DATOS INFORMATIVOS					
Probeta:	Nº2	Autorizada por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Juan Muquinche
Lugar de realización		Metal Mecánica Antonio Tirado		Fecha de ejecución	29/04/2015
Temperatura ambiente del lugar			22 °C	Flujo de aire del medio	Estático
ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA					
Combinación de electrodos en columna: TP 1018				Posición:	Plana Horizontal 1G
Tipo:	Soldadura CJP	Un solo lado	Sí	Técnica:	Cordón rectilíneo
		Ambos Lados	No		Raíz, Acabado
Abertura de raíz:		3 mm		Proceso:	SMAW
Tipo de unión		A tope		Tipo:	Manual
METAL BASE					
Especificaciones del material			Acero Estructural		
Tipo o grado:			ASTM A-36		
Espesor:			6 mm		
Longitud de la probeta			500 mm		
Característica:			Chapa metálica (tol)		
Metal de aporte:			AWS E-6010 y E-7018		
Amperaje/Voltaje:			90 A / 35V		
					
Combinación de soldadura TP 1018					
Elaborado por: Juan Muquinche					




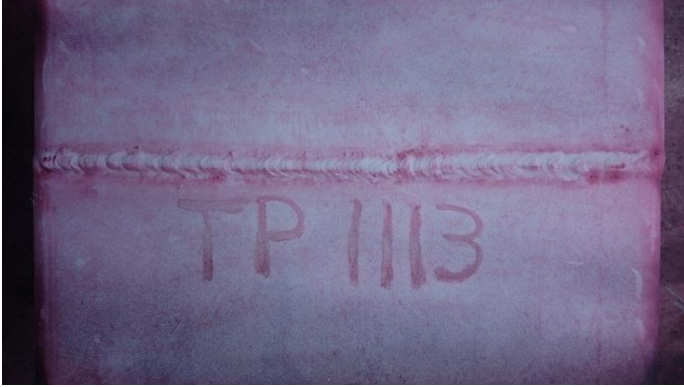
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
		INFORME POR LÍQUIDOS PENETRANTES VISIBLES			
Ensayo N°	2	Probeta N°2	TP 1018		
Solicitado por:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
Procedimiento:	Líquidos penetrantes	Material base:	ASTM A36		
Técnica:	Visibles	Material de aporte:	E-6010 E-7018		
LIMPIEZA INICIAL					
Tipo:	Pulverizador en aerosol	Marca:	SPOTCHECK		
Modelo de aplicación:	Cleaner/ Remover				
Tiempo de limpieza:	3 min	Secado:	Evaporación normal		
LÍQUIDO PENETRANTE					
Tipo:	Pulverizador en aerosol	Marca:	SPOTCHECK		
Modelo de aplicación:	Penetrant				
Tiempo de penetrado:	25min	Secado:	Evaporación normal		
REVELADO					
Tipo:	Pulverizador en aerosol	Marca:	SPOTCHECK		
Modelo de aplicación:	Developer				
Tiempo de revelado:	10min	Secado:	Evaporación normal		
RESULTADOS					
Defectos			Observación		
Grietas			No		
Fusión de la soldadura			Completa		
Cráter de sección transversal			Si		
Socavado			<1mm, aprueba		
Tiempo de inspección			Inmediato		
Porosidad			No		
Iluminación:	Normal				
Posición de soldadura	Tipo de soldadura		Calificación		
1G Plana	SMAW		SI	NO	
Diámetro o longitud inspeccionada (mm)		600	x		

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
LIMPIEZA PENETRACIÓN Y REVELADO		
Etapa de Penetración		
		
Etapa de Revelado y Visualización del ensayo		
		
CRITERIOS DE ACEPTACIÓN		
En esta probeta podemos observar que existe adecuada fusión de material base, además de no presentar grietas en el cordón de soldadura ni en la zona térmica afectada (ZAT), se presentan cráteres de sección transversal los mismo que son rellenados según los criterios de aceptación de la Tabla 6.1 de la AWS D1.1, existen pequeños socavados en la soldadura pero no representan falla		
OBSERVACIONES		
El análisis visual en la probeta donde se aplicó tintas penetrantes indica que la soldadura es adecuada y no presenta discontinuidades relevantes		
Elaborado por: Juan Muquinche		

Combinación Electrodo E-6011 con E-6013



		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
					
DATOS INFORMATIVOS					
Probeta:	Nº3	Autorizada por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Juan Muquinche
Lugar de realización		Metal Mecánica Antonio Tirado		Fecha de ejecución	29/04/2015
Temperatura ambiente del lugar			22 °C	Flujo de aire del medio	Estático
ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA					
Combinación de electrodos en columna: TP 1113				Posición:	Plana Horizontal 1G
Tipo:	Soldadura CJP	Un solo lado	Sí	Técnica:	Cordón rectilíneo
		Ambos Lados	No		Raíz, Acabado
Abertura de raíz:		3 mm		Proceso:	SMAW
Tipo de unión		A tope		Tipo:	Manual
METAL BASE					
Especificaciones del material			Acero Estructural		
Tipo o grado:			ASTM A-36		
Espesor:			6 mm		
Longitud de la probeta			500 mm		
Característica:			Chapa metálica (tol)		
Metal de aporte:			AWS E-6011 y E-6013		
Amperaje/Voltaje:			90 A / 35V		
					
Combinación de soldadura TP 1113					
Elaborado por: Juan Muquinche					

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
		INFORME POR LÍQUIDOS PENETRANTES VISIBLES			
Ensayo N°	3	Probeta N°3	TP 1113		
Solicitado por:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
Procedimiento:	Líquidos penetrantes	Material base:	ASTM A36		
Técnica:	Visibles	Material de aporte:	E-6011 E-6013		
LIMPIEZA INICIAL					
Tipo:	Pulverizador en aerosol	Marca:	SPOTCHECK		
Modelo de aplicación:	Cleaner/ Remover				
Tiempo de limpieza:	3 min	Secado:	Evaporación normal		
LÍQUIDO PENETRANTE					
Tipo:	Pulverizador en aerosol	Marca:	SPOTCHECK		
Modelo de aplicación:	Penetrant				
Tiempo de penetrado:	25min	Secado:	Evaporación normal		
REVELADO					
Tipo:	Pulverizador en aerosol	Marca:	SPOTCHECK		
Modelo de aplicación:	Developer				
Tiempo de revelado:	10min	Secado:	Evaporación normal		
RESULTADOS					
Defectos			Observación		
Grietas			No		
Fusión de la soldadura			Completa		
Cráter de sección transversal			No		
Socavado			<1mm, aprueba		
Tiempo de inspección			Inmediato		
Porosidad			No		
Iluminación:	Normal				
Posición de soldadura	Tipo de soldadura		Calificación		
1G Plana	SMAW		SI	NO	
Diámetro o longitud inspeccionada (mm)		600	x		

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p>	
<p>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p>		
<p>LIMPIEZA PENETRACIÓN Y REVELADO</p>		
<p>Etapa de Penetración</p>		
		
<p>Etapa de Revelado y Visualización del ensayo</p>		
		
<p>CRITERIOS DE ACEPTACIÓN</p>		
<p>La soldadura no presenta grietas que es el principal factor presentado por los criterios de aceptación en la Tabla 6.1 de la AWS D1.1, además se puede observar que la fusión de material base es adecuada, se presentan varios cráteres de fusión de soldadura los mismos que serán rellenados para proporcionar un tamaño de soldadura adecuado, no se presenta socavado en la soldadura</p>		
<p>OBSERVACIONES</p>		
<p>El análisis visual en la probeta donde se aplicó tintas penetrantes indica que la soldadura es adecuada y no presenta discontinuidades relevantes</p>		
<p>Elaborado por: Juan Muquinche</p>		

Combinación Electrodo E-6011 con E-7018

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
DATOS INFORMATIVOS						
Probeta:	N°4	Autorizada por:	Ing. Mg. Henry Vaca	Realizado por:	Juan Muquinche	
Lugar de realización		Metal Mecánica Antonio Tirado		Fecha de ejecución	29/04/2015	
Temperatura ambiente del lugar			22 °C	Flujo de aire del medio	Estático	
ESPECIFICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA						
Combinación de electrodos en columna: TP 1118				Posición:	Plana Horizontal 1G	
Tipo:	Soldadura CJP	Un solo lado	Sí	Técnica:	Cordón rectilíneo	
		Ambos Lados	No		Raíz, Acabado	
Abertura de raíz:		3 mm		Proceso:	SMAW	
Tipo de unión		A tope		Tipo:	Manual	
METAL BASE						
Especificaciones del material			Acero Estructural			
Tipo o grado:			ASTM A-36			
Espesor:			6 mm			
Longitud de la probeta			500 mm			
Característica:			Chapa metálica (tol)			
Metal de aporte:			AWS E-6011 y E-7018			
Amperaje/Voltaje:			90 A / 35V			
						
Combinación de soldadura TP 1118						
Elaborado por: Juan Muquinche						

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
INFORME POR LÍQUIDOS PENETRANTES VISIBLES					
Ensayo N°	4	Probeta N°3	TP 1118		
Solicitado por:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
Procedimiento:	Líquidos penetrantes	Material base:	ASTM A36		
Técnica:	Visibles	Material de aporte:	E-6011 E-7018		
LIMPIEZA INICIAL					
Tipo:	Pulverizador en aerosol	Marca:	SPOTCHECK		
Modelo de aplicación:	Cleaner/ Remover				
Tiempo de limpieza:	3 min	Secado:	Evaporación normal		
LÍQUIDO PENETRANTE					
Tipo:	Pulverizador en aerosol	Marca:	SPOTCHECK		
Modelo de aplicación:	Penetrant				
Tiempo de penetrado:	25min	Secado:	Evaporación normal		
REVELADO					
Tipo:	Pulverizador en aerosol	Marca:	SPOTCHECK		
Modelo de aplicación:	Developer				
Tiempo de revelado:	10min	Secado:	Evaporación normal		
RESULTADOS					
Defectos			Observación		
Grietas			No		
Fusión de la soldadura			Completa		
Cráter de sección transversal			Si		
Socavado			<1mm, aprueba		
Tiempo de inspección			Inmediato		
Porosidad			No		
Iluminación:	Normal				
Posición de soldadura	Tipo de soldadura		Calificación		
1G Plana	SMAW		SI	NO	
Diámetro o longitud inspeccionada (mm)		600	x		

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
LIMPIEZA PENETRACIÓN Y REVELADO		
Etapa de Penetración		
		
Etapa de Revelado y Visualización del ensayo		
		
CRITERIOS DE ACEPTACIÓN		
En esta combinación de electrodos se presentan pequeñas porosidades pero que no representan falla, no se presentan grietas, aun así se pueden observar pequeños socavados en la parte de la zona térmica afectada que no son relevantes según la Tabla 6.1 de la AWS D1.1		
OBSERVACIONES		
El análisis visual en la probeta donde se aplicó tintas penetrantes indica que la soldadura es adecuada y no presenta discontinuidades relevantes		
Elaborado por: Juan Muquinche		

4.1.12. ENSAYOS METALOGRAFICOS

4.1.12.1. PREPARACION DEL ENSAYO

Extracción de las probetas de las diferentes combinaciones de electrodos

Tabla 4. 6 Extracción de probetas para ensayo metalográfico

Probeta	Combinación	Designación
1	Combinación E-6010, E-6013	M 1013
2	Combinación E-6010, E-7018	M 1018
3	Combinación E-6011, E-6013	M 1113
4	Combinación E-6011, E-7018	M 1118

Fuente: El autor



Figura 4. 31 Extracción de probetas para ensayo metalográfico

Fuente: El autor

Para la extracción de las probetas se lo realizó de una manera que no que no alterare de ninguna manera las propiedades mecánicas, esto es no usar corte por plasma o discos abrasivos que generan calor. En este caso se realizó el corte por cizalla de una pequeña sección de la columna y posteriormente una sección más pequeña a sierra con el fin que se la pueda colocar en el recipiente de ensayo.

Posterior al corte se ubica a las probetas dentro de un recipiente en el cual se colocara una mezcla de cobalto con resinas que facilita la preparación de la probeta.



Figura 4. 32 Ubicación de las probetas en resina

Fuente: El autor

Después de un tiempo de 2 horas se retira la probeta del recipiente



Figura 4. 33 Ubicación de las probetas en resina

Fuente: El autor

Pulido de las probetas con diferentes espesor de lija



Figura 4. 34 Lijado de las probetas

Fuente: El autor

Después de tener una superficie adecuada se procede a colocar el agente químico que permitirá revelar el tamaño de grano como el porcentaje de ferrita y perlita en la probeta.



Figura 4. 35 Sustancia química utilizada para ensayo metalográfico

Fuente: El autor

Obtención de resultados mediante la ayuda de equipo de visualización en este caso un microscopio de diferentes lentes: 40x, 100x, 200x.

El mismo que cuenta con un sistema de captura de imágenes para luego poder procesarlas.



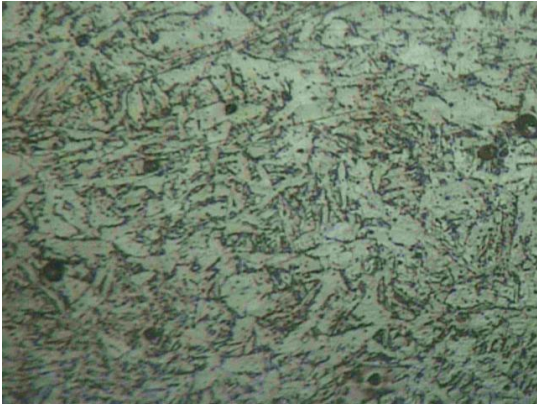


Figura 4. 36 Microscopio para obtención de microestructura

Fuente: El autor

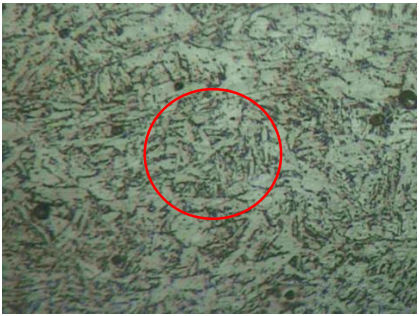
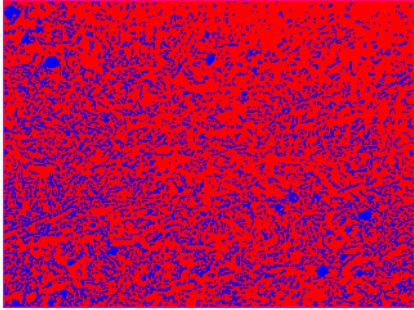
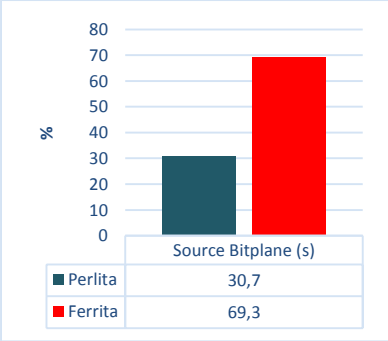
4.1.12.2. PRESENTACIÓN DE ENSAYOS METALOGRAFICOS

PROBETA M 1013 – METAL BASE



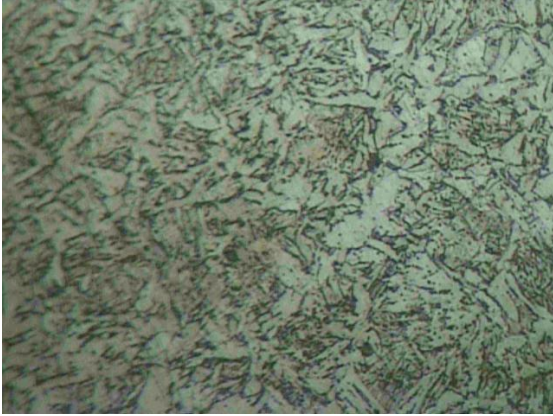
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO METALOGRAFICO						
DATOS INFORMATIVOS						
Proceso	SMAW	Amperaje	100[A]	Voltaje	70[V]	
Combinación Electrodo			E-6010, E-6013			
Realizado por:	Juan Muquinche	Material		ASTM A-36		
Ensayo N°	1	Fecha de ejecución		20/05/2015		
Solicitado por:	Juan Muquinche	Norma aplicable		ASTM E 3-01, ASTM E112-96		
Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca.					
Centro de Estudio y Análisis		Laboratorio de materiales de la (FICM)				
PARÁMETROS DE ENSAYOS DE METALOGRAFICO						
Parte Especifica: METAL BASE						
Acondicionamiento de superficie			Pulido mecánico.			
Temperatura durante el pulido			22 °C			
Superficie preparada en:			50 min.			
Ataque químico de la superficie con:				Nital 4 (Ácido nítrico 4ml, Alcohol Etflico 110 ml)		
Durante:	12 seg					
RESULTADO: Se presenta una microestructura adecuada						
						
Metal base 200x, Nital 4, 12 seg						
Elaborado por: Juan Muquinche						



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: JUNTA SOLDADA


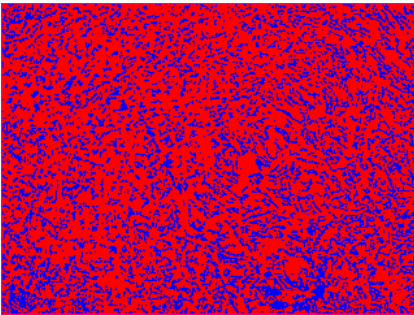
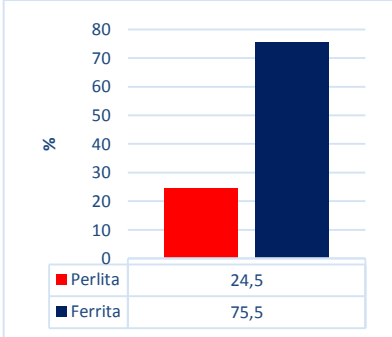
DATOS INFORMATIVOS									
Determinación de tamaño de grano		Microestructura: Metal Base							
Amperaje.	100 [A]	Voltaje	70[v] cc						
Norma aplicable		ASTM E112-96							
Calculo por procedimiento planimétrico.		Magnificación. 200X							
$NA = f \left(Ni + \frac{Nint}{2} \right) = 8 \left(165 + \frac{48}{2} \right)$ $f = 8 \text{ Jeffris para } 200x$ $\text{Medición } \varnothing 79.8 \text{ en } 5000mm^2$ $NA = 1512$ $G = 3.321918 * \text{Log}(NA) - 2.954$ $G = 7.6$									
Tamaño de grano ASTM	7.5								
COMPONENTES: Ferrita, Perlita									
		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Source Bitplane (s)</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Perlita</td> <td>30,7</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>69,3</td> </tr> </tbody> </table>		Source Bitplane (s)	%	Perlita	30,7	Ferrita	69,3
Source Bitplane (s)	%								
Perlita	30,7								
Ferrita	69,3								
CÁLCULO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN APROXIMADA									
$RTA = \frac{28 * \% Ferrita + 84 * \% Perlita}{100} = \frac{28 * 69.3 + 84 * 30.4}{100} = 45.19$									
R.T.A: 45.19 kg/mm ² = 443 Mpa									
<p>La microestructura estudiada está compuesta por un 69,3% de Ferrita y 30,4% de Perlita, presentando un tamaño de 7.5. Determinando una resistencia a la tracción teórica de 45,19 Kg/mm. La resistencia mecánica del material no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que la resistencia a la tracción del material base A36 está entre 400 ≤ RT ≤ 550 Kg/mm (Anexo A.1)</p>									
Elaborado por: Juan Muquinche									

PROBETA M 1013 – SOLDADURA



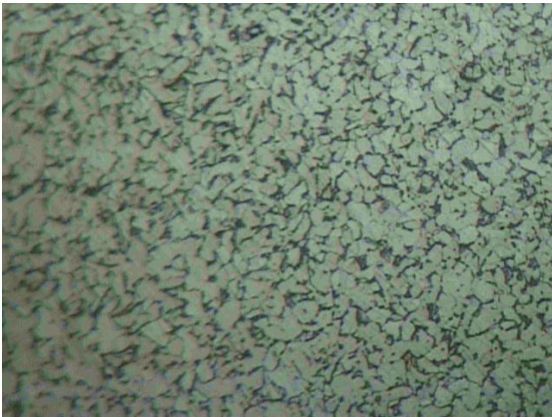
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		ENSAYO METALOGRAFICO				
DATOS INFORMATIVOS						
Proceso	SMAW	Amperaje	100[A]	Voltaje	70[V]	
Combinación Electroodos			E-6010, E-6013			
Realizado por:	Juan Muquinche		Material		ASTM A-36	
Ensayo N°	1	Fecha de ejecución		20/05/2015		
Solicitado por:	Juan Muquinche		Norma aplicable		ASTM E 3-01, ASTM E112-96	
Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca.					
Centro de Estudio y Análisis			Laboratorio de materiales de la (FICM)			
PARÁMETROS DE ENSAYOS DE METALOGRAFICO						
Parte Especifica: SOLDADURA						
Acondicionamiento de superficie			Pulido mecánico.			
Temperatura durante el pulido			22 °C			
Superficie preparada en:			50 min.			
Ataque químico de la superficie con:				Nital 4 (Ácido nítrico 4ml, Alcohol Etflico 110 ml)		
Durante:	12 seg					
RESULTADO: Se presenta una microestructura adecuada						
						
Soldadura 200x, Nital 4, 12 seg						
Elaborado por: Juan Muquinche						



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: JUNTA SOLDADA

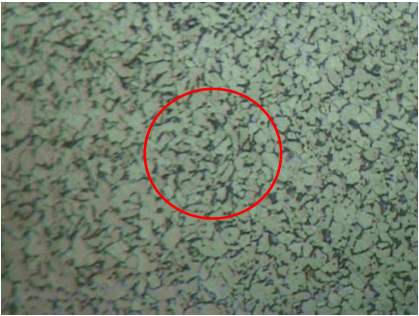
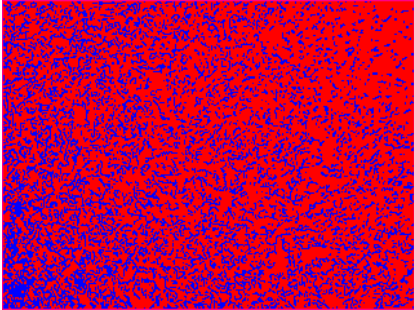
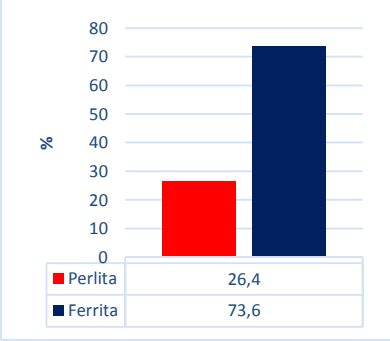
DATOS INFORMATIVOS									
Determinación de tamaño de grano		Microestructura: Soldadura							
Amperaje.	100 [A]	Voltaje	70[v] cc						
Norma aplicable		ASTM E112-96							
Calculo por procedimiento planimétrico.		Magnificación. 200X							
$NA = f \left(Ni + \frac{Nint}{2} \right) = 8 \left(228 + \frac{78}{2} \right)$ $f = 8 \text{ Jeffris para } 200x$ $\text{Medición } \varnothing 79.8 \text{ en } 5000mm^2$ $NA = 2136$ $G = 3.321918 * \text{Log}(NA) - 2.954$ $G = 8.11$									
Tamaño de grano ASTM	8								
COMPONENTES: Ferrita, Perlita									
		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Componente</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Perlita</td> <td>24,5</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>75,5</td> </tr> </tbody> </table>		Componente	%	Perlita	24,5	Ferrita	75,5
Componente	%								
Perlita	24,5								
Ferrita	75,5								
CÁLCULO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN APROXIMADA									
$RTA = \frac{28 * \% Ferrita + 84 * \% Perlita}{100} = \frac{28 * 75.5 + 84 * 24.5}{100} = 41.72$									
R.T.A: 41.72 kg/mm ² = 409 Mpa									
<p>La microestructura estudiada está compuesta por un 75.5% de Ferrita y 24.5% de Perlita, presentando un tamaño de 8. Determinando una resistencia a la tracción teórica de 41.72 Kg/mm. La resistencia mecánica del material no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que la resistencia a la tracción del material base A36 está entre 400 ≤ RT ≤ 550 Kg/mm (Anexo A.1)</p>									
Elaborado por: Juan Muquinche									

PROBETA M 1013 – ZONA ZAT




		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		ENSAYO METALOGRAFICO				
DATOS INFORMATIVOS						
Proceso	SMAW	Amperaje	100[A]	Voltaje	70[V]	
Combinación Electroodos			E-6010, E-6013			
Realizado por:	Juan Muquinche		Material		ASTM A-36	
Ensayo N°	1	Fecha de ejecución		20/05/2015		
Solicitado por:	Juan Muquinche		Norma aplicable		ASTM E 3-01, ASTM E112-96	
Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca.					
Centro de Estudio y Análisis			Laboratorio de materiales de la (FICM)			
PARÁMETROS DE ENSAYOS DE METALOGRAFICO						
Parte Especifica: ZONA ZAT						
Acondicionamiento de superficie			Pulido mecánico.			
Temperatura durante el pulido			22 °C			
Superficie preparada en:			50 min.			
Ataque químico de la superficie con:				Nital 4 (Ácido nítrico 4ml, Alcohol Etlíco 110 ml)		
Durante:	12 seg					
RESULTADO: Se presenta una microestructura adecuada						
						
Zona ZAT 200x, Nital 4, 12 seg						
Elaborado por: Juan Muquinche						



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: JUNTA SOLDADA

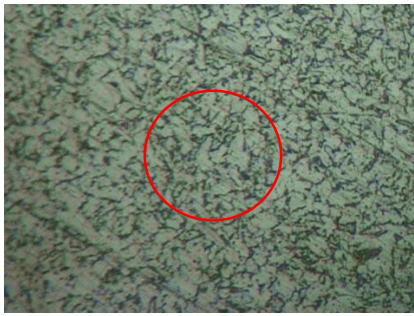
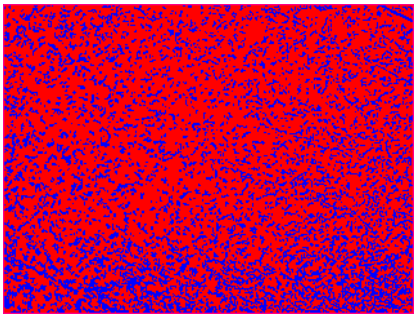
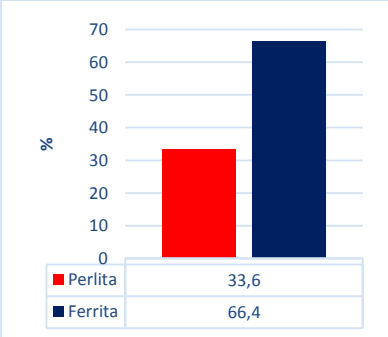
DATOS INFORMATIVOS									
Determinación de tamaño de grano		Microestructura: Zona ZAT							
Amperaje.	100 [A]	Voltaje	70[v] cc						
Norma aplicable		ASTM E112-96							
Calculo por procedimiento planimétrico.		Magnificación. 200X							
$NA = f \left(Ni + \frac{Nint}{2} \right) = 8 \left(161 + \frac{56}{2} \right)$ $f = 8 \text{ Jeffris para } 200x$ Medición \varnothing 79.8 en 5000mm ² $NA = 1512$ $G = 3.321918 * \text{Log}(NA) - 2.954$ $G = 7.61$									
Tamaño de grano ASTM	7.5								
COMPONENTES: Ferrita, Perlita									
		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Componente</th> <th>Porcentaje (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Perlita</td> <td>26,4</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>73,6</td> </tr> </tbody> </table>		Componente	Porcentaje (%)	Perlita	26,4	Ferrita	73,6
Componente	Porcentaje (%)								
Perlita	26,4								
Ferrita	73,6								
CÁLCULO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN APROXIMADA									
$RTA = \frac{28 * \% Ferrita + 84 * \% Perlita}{100} = \frac{28 * 73.6 + 84 * 26.4}{100} = 42.78$									
R.T.A: 42.78 kg/mm ² = 420 Mpa									
<p>La microestructura estudiada está compuesta por un 73.6% de Ferrita y 26.4% de Perlita, presentando un tamaño de 7.5. Determinando una resistencia a la tracción teórica de 42.78 Kg/mm. La resistencia mecánica del material no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que la resistencia a la tracción del material base A36 está entre 400 ≤ RT ≤ 550 Kg/mm (Anexo A.1)</p>									
Elaborado por: Juan Muquinche									

PROBETA M 1018 – METAL BASE



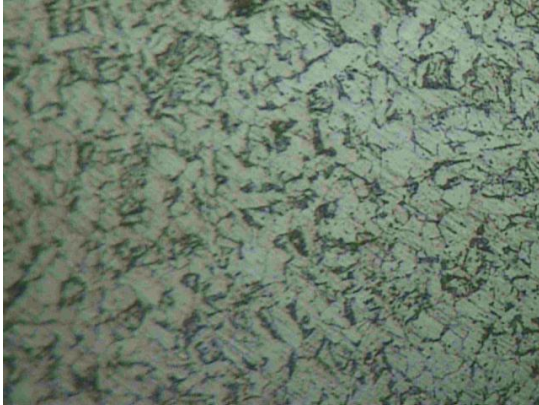
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
ENSAYO METALOGRAFICO						
DATOS INFORMATIVOS						
Proceso	SMAW	Amperaje	100[A]	Voltaje	70[V]	
Combinación Electroodos			E-6010, E-7018			
Realizado por:	Juan Muquinche		Material		ASTM A-36	
Ensayo N°	1	Fecha de ejecución		20/05/2015		
Solicitado por:	Juan Muquinche		Norma aplicable		ASTM E 3-01, ASTM E112-96	
Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca.					
Centro de Estudio y Análisis			Laboratorio de materiales de la (FICM)			
PARÁMETROS DE ENSAYOS DE METALOGRAFICO						
Parte Especifica: METAL BASE						
Acondicionamiento de superficie			Pulido mecánico.			
Temperatura durante el pulido			22 °C			
Superficie preparada en:			50 min.			
Ataque químico de la superficie con:				Nital 4 (Ácido nítrico 4ml, Alcohol Etlíco 110 ml)		
Durante:	12 seg					
RESULTADO: Se presenta una microestructura adecuada						
						
Metal Base 200x, Nital 4, 12 seg						
Elaborado por: Juan Muquinche						



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: JUNTA SOLDADA

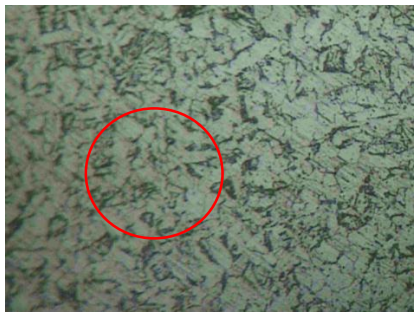
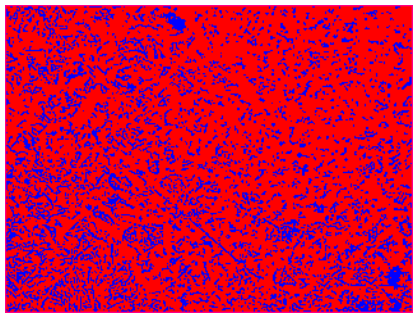
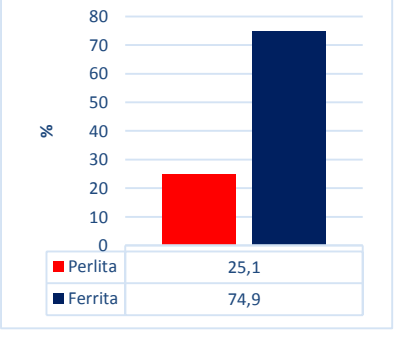
DATOS INFORMATIVOS							
Determinación de tamaño de grano		Microestructura: Metal Base					
Amperaje.	100 [A]	Voltaje	70[v] cc				
Norma aplicable		ASTM E112-96					
Calculo por procedimiento planimétrico.		Magnificación. 200X					
$NA = f \left(Ni + \frac{Nint}{2} \right) = 8 \left(78 + \frac{28}{2} \right)$ $f = 8 \text{ Jeffris para } 200x$ Medición \varnothing 79.8 en 5000mm ² $NA = 736$ $G = 3.321918 * \text{Log}(NA) - 2.954$ $G = 6.57$							
Tamaño de grano ASTM	6.5						
COMPONENTES: Ferrita, Perlita							
		 <table border="1"> <tr> <td>■ Pearlita</td> <td>33,6</td> </tr> <tr> <td>■ Ferrita</td> <td>66,4</td> </tr> </table>		■ Pearlita	33,6	■ Ferrita	66,4
■ Pearlita	33,6						
■ Ferrita	66,4						
CÁLCULO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN APROXIMADA							
$RTA = \frac{28 * \% Ferrita + 84 * \% Pearlita}{100} = \frac{28 * 66.4 + 84 * 33.6}{100} = 46.81$							
R.T.A: 46.81 kg/mm ² = 456 Mpa							
<p>La microestructura estudiada está compuesta por un 66,4% de Ferrita y 33,6% de Pearlita, presentando un tamaño de 6.5. Determinando una resistencia a la tracción teórica de 46.81 Kg/mm. La resistencia mecánica del material no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que la resistencia a la tracción del material base A36 está entre 400 ≤ RT ≤ 550 Kg/mm (Anexo A.1)</p>							
Elaborado por: Juan Muquinche							

PROBETA M 1018 – SOLDADURA



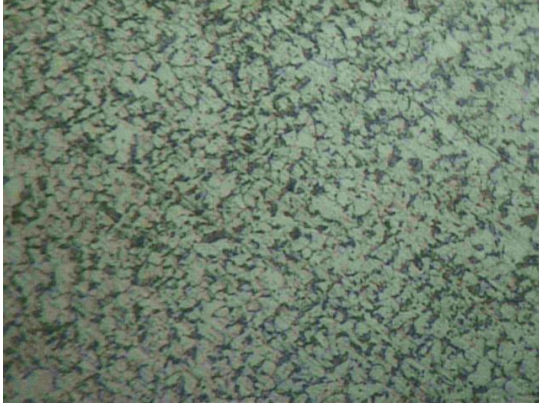
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		ENSAYO METALOGRAFICO				
DATOS INFORMATIVOS						
Proceso	SMAW	Amperaje	100[A]	Voltaje	70[V]	
Combinación Electroodos			E-6010, E-7018			
Realizado por:	Juan Muquinche		Material		ASTM A-36	
Ensayo N°	1	Fecha de ejecución		20/05/2015		
Solicitado por:	Juan Muquinche		Norma aplicable		ASTM E 3-01, ASTM E112-96	
Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca.					
Centro de Estudio y Análisis			Laboratorio de materiales de la (FICM)			
PARÁMETROS DE ENSAYOS DE METALOGRAFICO						
Parte Especifica: SOLDADURA						
Acondicionamiento de superficie			Pulido mecánico.			
Temperatura durante el pulido			22 °C			
Superficie preparada en:			50 min.			
Ataque químico de la superficie con:				Nital 4 (Ácido nítrico 4ml, Alcohol Etlíco 110 ml)		
Durante:	12 seg					
RESULTADO: Se presenta una microestructura adecuada						
						
Soldadura 200x, Nital 4, 12 seg						
Elaborado por: Juan Muquinche						



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: JUNTA SOLDADA


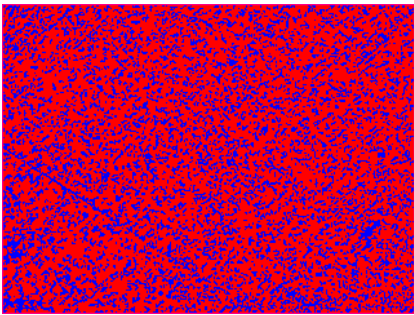
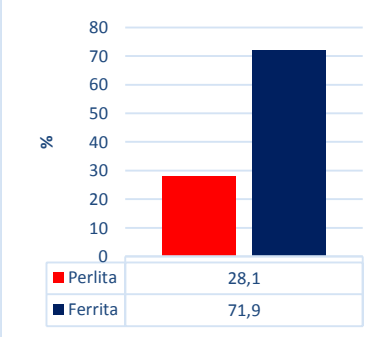
DATOS INFORMATIVOS									
Determinación de tamaño de grano		Microestructura: Soldadura							
Amperaje.	100 [A]	Voltaje	70[v] cc						
Norma aplicable		ASTM E112-96							
Calculo por procedimiento planimétrico.		Magnificación. 200X							
$NA = f \left(Ni + \frac{Nint}{2} \right) = 8 \left(94 + \frac{46}{2} \right)$ $f = 8 \text{ Jeffris para } 200x$ $\text{Medición } \varnothing 79.8 \text{ en } 5000mm^2$ $NA = 936$ $G = 3.321918 * \text{Log}(NA) - 2.954$ $G = 6.92$									
Tamaño de grano ASTM	7								
COMPONENTES: Ferrita, Perlita									
		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Componente</th> <th>Porcentaje (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Perlita</td> <td>25,1</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>74,9</td> </tr> </tbody> </table>		Componente	Porcentaje (%)	Perlita	25,1	Ferrita	74,9
Componente	Porcentaje (%)								
Perlita	25,1								
Ferrita	74,9								
CÁLCULO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN APROXIMADA									
$RTA = \frac{28 * \% Ferrita + 84 * \% Perlita}{100} = \frac{28 * 74.9 + 84 * 25.1}{100} = 42.05$									
R.T.A: 42.05 kg/mm ² = 412 Mpa									
<p>La microestructura estudiada está compuesta por un 74.9% de Ferrita y 25.1 % de Perlita, presentando un tamaño de 7. Determinando una resistencia a la tracción teórica de 42.05 Kg/mm. La resistencia mecánica del material no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que la resistencia a la tracción del material base A36 está entre 400 ≤ RT ≤ 550 Kg/mm (Anexo A.1)</p>									
Elaborado por: Juan Muquinche									

PROBETA M 1018 – ZONA ZAT



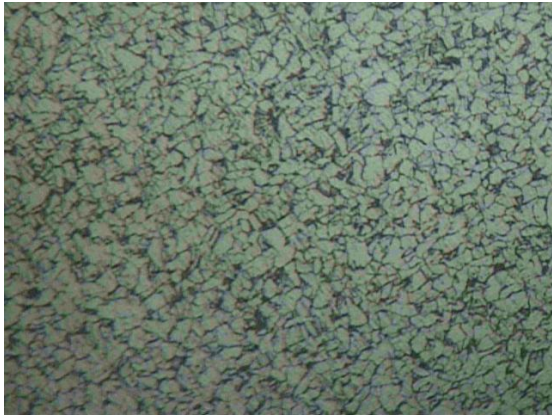
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		ENSAYO METALOGRAFICO				
DATOS INFORMATIVOS						
Proceso	SMAW	Amperaje	100[A]	Voltaje	70[V]	
Combinación Electroodos			E-6010, E-7018			
Realizado por:	Juan Muquinche		Material		ASTM A-36	
Ensayo N°	1	Fecha de ejecución		20/05/2015		
Solicitado por:	Juan Muquinche		Norma aplicable		ASTM E 3-01, ASTM E112-96	
Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca.					
Centro de Estudio y Análisis			Laboratorio de materiales de la (FICM)			
PARÁMETROS DE ENSAYOS DE METALOGRAFICO						
Parte Especifica: ZONA ZAT						
Acondicionamiento de superficie			Pulido mecánico.			
Temperatura durante el pulido			22 °C			
Superficie preparada en:			50 min.			
Ataque químico de la superficie con:				Nital 4 (Ácido nítrico 4ml, Alcohol Etflico 110 ml)		
Durante:	12 seg					
RESULTADO: Se presenta una microestructura adecuada						
						
Zona ZAT 200x, Nital 4, 12 seg						
Elaborado por: Juan Muquinche						



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: JUNTA SOLDADA

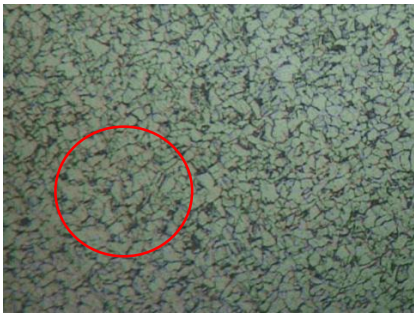
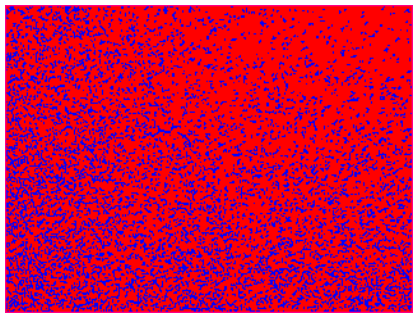
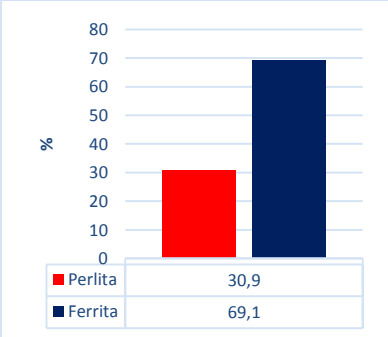
DATOS INFORMATIVOS			
Determinación de tamaño de grano		Microestructura: Zona ZAT	
Amperaje.	100 [A]	Voltaje	70[v] cc
Norma aplicable		ASTM E112-96	
Calculo por procedimiento planimétrico.		Magnificación. 200X	
$NA = f \left(Ni + \frac{Nint}{2} \right) = 8 \left(71 + \frac{28}{2} \right)$ $f = 8 \text{ Jeffris para } 200x$ $\text{Medición } \varnothing 79.8 \text{ en } 5000mm^2$ $NA = 680$ $G = 3.321918 * \text{Log}(NA) - 2.954$ $G = 6.46$			
Tamaño de grano ASTM	6.5		
COMPONENTES: Ferrita, Perlita			
			
CÁLCULO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN APROXIMADA			
$RTA = \frac{28 * \% Ferrita + 84 * \% Perlita}{100} = \frac{28 * 71.9 + 84 * 28.1}{100} = 43.73$			
R.T.A: $43.73 \text{ kg/mm}^2 = 429 \text{ Mpa}$			
<p>La microestructura estudiada está compuesta por un 71.9 % de Ferrita y 28.1 % de Perlita, presentando un tamaño de 6.5. Determinando una resistencia a la tracción teórica de 47.73 Kg/mm. La resistencia mecánica del material no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que la resistencia a la tracción del material base A36 está entre $400 \leq RT \leq 550 \text{ Kg/mm}$ (Anexo A.1)</p>			
Elaborado por: Juan Muquinche			

PROBETA M 1113 – METAL BASE



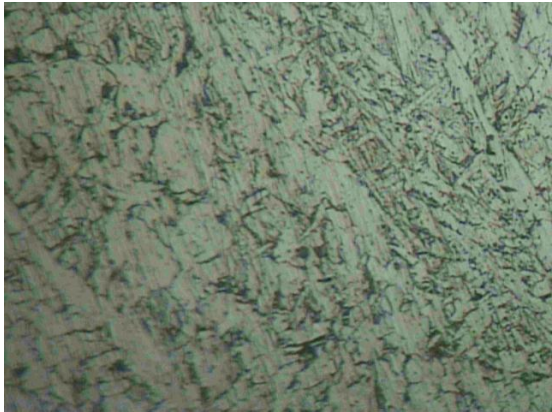
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		ENSAYO METALOGRAFICO				
DATOS INFORMATIVOS						
Proceso	SMAW	Amperaje	100[A]	Voltaje	70[V]	
Combinación Electroodos			E-6011, E-6013			
Realizado por:	Juan Muquinche		Material		ASTM A-36	
Ensayo N°	1	Fecha de ejecución		20/05/2015		
Solicitado por:	Juan Muquinche		Norma aplicable		ASTM E 3-01, ASTM E112-96	
Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca.					
Centro de Estudio y Análisis			Laboratorio de materiales de la (FICM)			
PARÁMETROS DE ENSAYOS DE METALOGRAFICO						
Parte Especifica: METAL BASE						
Acondicionamiento de superficie			Pulido mecánico.			
Temperatura durante el pulido			22 °C			
Superficie preparada en:			50 min.			
Ataque químico de la superficie con:				Nital 4 (Ácido nítrico 4ml, Alcohol Etlíco 110 ml)		
Durante:	12 seg					
RESULTADO: Se presenta una microestructura adecuada						
						
Metal Base 200x, Nital 4, 12 seg						
Elaborado por: Juan Muquinche						



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: JUNTA SOLDADA

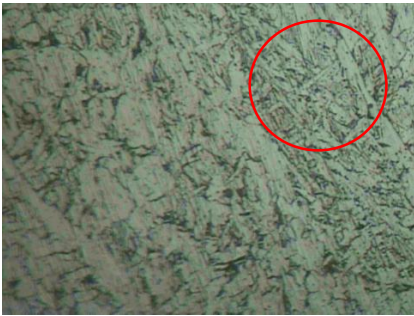
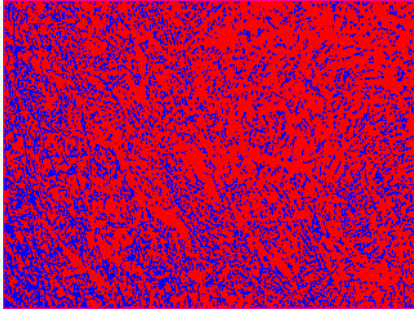
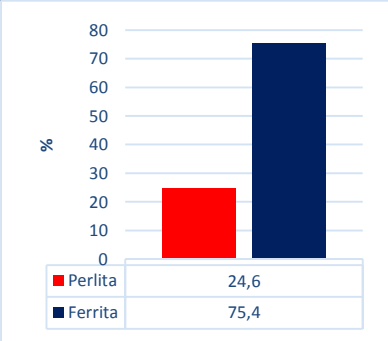
DATOS INFORMATIVOS									
Determinación de tamaño de grano		Microestructura: Metal Base							
Amperaje.	100 [A]	Voltaje	70[v] cc						
Norma aplicable		ASTM E112-96							
Calculo por procedimiento planimétrico.		Magnificación. 200X							
$NA = f \left(Ni + \frac{Nint}{2} \right) = 8 \left(126 + \frac{73}{2} \right)$ $f = 8 \text{ Jeffris para } 200x$ $\text{Medición } \varnothing 79.8 \text{ en } 5000mm^2$ $NA = 1300$ $G = 3.321918 * \text{Log}(NA) - 2.954$ $G = 7.4$									
Tamaño de grano ASTM	7.5								
COMPONENTES: Ferrita, Perlita									
		 <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Componente</th> <th>Porcentaje (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Perlita</td> <td>30,9</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>69,1</td> </tr> </tbody> </table>		Componente	Porcentaje (%)	Perlita	30,9	Ferrita	69,1
Componente	Porcentaje (%)								
Perlita	30,9								
Ferrita	69,1								
CÁLCULO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN APROXIMADA									
$RTA = \frac{28 * \% Ferrita + 84 * \% Perlita}{100} = \frac{28 * 69.1 + 84 * 30.9}{100} = 45.3$									
R.T.A: 45.3 kg/mm ² = 444 Mpa									
<p>La microestructura estudiada está compuesta por un 69,1% de Ferrita y 30,9% de Perlita, presentando un tamaño de 7.5. Determinando una resistencia a la tracción teórica de 45,3 Kg/mm. La resistencia mecánica del material no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que la resistencia a la tracción del material base A36 está entre 400 ≤ RT ≤ 550 Kg/mm (Anexo A.1)</p>									
Elaborado por: Juan Muquinche									

PROBETA M 1113 – SOLDADURA



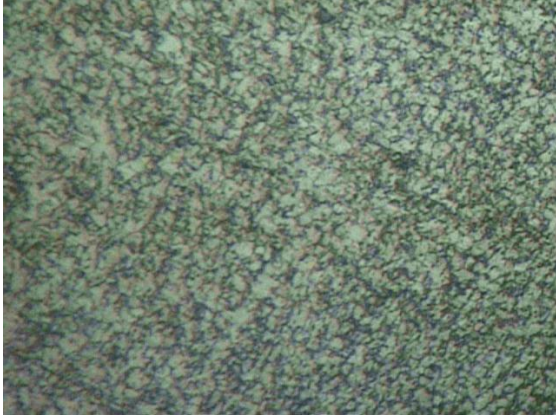
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		ENSAYO METALOGRAFICO				
DATOS INFORMATIVOS						
Proceso	SMAW	Amperaje	100[A]	Voltaje	70[V]	
Combinación Electroodos			E-6011, E-6013			
Realizado por:	Juan Muquinche		Material		ASTM A-36	
Ensayo N°	1	Fecha de ejecución		20/05/2015		
Solicitado por:	Juan Muquinche		Norma aplicable		ASTM E 3-01, ASTM E112-96	
Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca.					
Centro de Estudio y Análisis			Laboratorio de materiales de la (FICM)			
PARÁMETROS DE ENSAYOS DE METALOGRAFICO						
Parte Especifica: SOLDADURA						
Acondicionamiento de superficie			Pulido mecánico.			
Temperatura durante el pulido			22 °C			
Superficie preparada en:			50 min.			
Ataque químico de la superficie con:				Nital 4 (Ácido nítrico 4ml, Alcohol Etflico 110 ml)		
Durante:	12 seg					
RESULTADO: Se presenta una microestructura adecuada						
						
Soldadura 200x, Nital 4, 12 seg						
Elaborado por: Juan Muquinche						



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: JUNTA SOLDADA


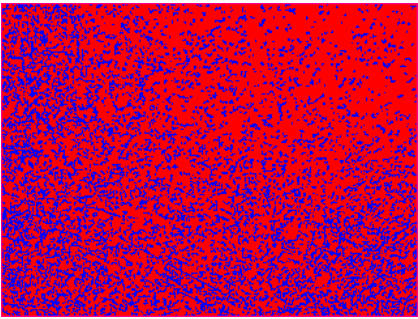
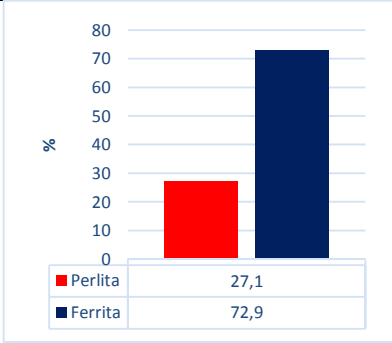
DATOS INFORMATIVOS							
Determinación de tamaño de grano		Microestructura: Soldadura					
Amperaje.	100 [A]	Voltaje	70[v] cc				
Norma aplicable		ASTM E112-96					
Calculo por procedimiento planimétrico.		Magnificación. 200X					
$NA = f \left(Ni + \frac{Nint}{2} \right) = 8 \left(173 + \frac{54}{2} \right)$ $f = 8 \text{ Jeffris para } 200x$ $\text{Medición } \varnothing 79.8 \text{ en } 5000mm^2$ $NA = 1600$ $G = 3.321918 * \text{Log}(NA) - 2.954$ $G = 7.69$							
Tamaño de grano ASTM	7.5						
COMPONENTES: Ferrita, Perlita							
		 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>■ Perlita</td> <td>24,6</td> </tr> <tr> <td>■ Ferrita</td> <td>75,4</td> </tr> </table>		■ Perlita	24,6	■ Ferrita	75,4
■ Perlita	24,6						
■ Ferrita	75,4						
CÁLCULO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN APROXIMADA							
$RTA = \frac{28 * \% Ferrita + 84 * \% Perlita}{100} = \frac{28 * 75.4 + 84 * 24.6}{100} = 41.77$							
R.T.A: $41.77 \text{ kg/mm}^2 = 410 \text{ Mpa}$							
<p>La microestructura estudiada está compuesta por un 75.4% de Ferrita y 24.6% de Perlita, presentando un tamaño de 7.5. Determinando una resistencia a la tracción teórica de 41.77 Kg/mm. La resistencia mecánica del material no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que la resistencia a la tracción del material base A36 está entre $400 \leq RT \leq 550 \text{ Kg/mm}$ (Anexo A.1)</p>							
Elaborado por: Juan Muquinche							

PROBETA M 1113 – ZONA ZAT



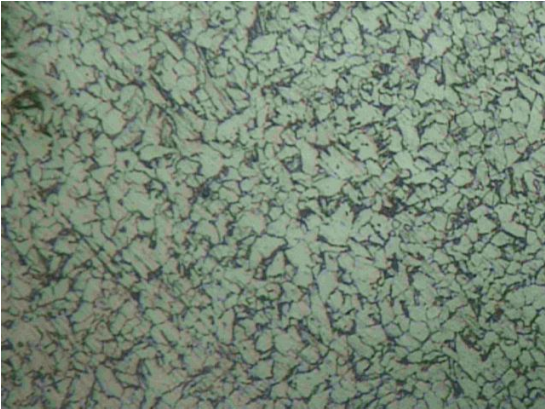
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		ENSAYO METALOGRAFICO				
DATOS INFORMATIVOS						
Proceso	SMAW	Amperaje	100[A]	Voltaje	70[V]	
Combinación Electrodo			E-6011, E-6013			
Realizado por:	Juan Muquinche		Material		ASTM A-36	
Ensayo N°	1	Fecha de ejecución		20/05/2015		
Solicitado por:	Juan Muquinche		Norma aplicable		ASTM E 3-01, ASTM E112-96	
Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca.					
Centro de Estudio y Análisis			Laboratorio de materiales de la (FICM)			
PARÁMETROS DE ENSAYOS DE METALOGRAFICO						
Parte Especifica: ZONA ZAT						
Acondicionamiento de superficie			Pulido mecánico.			
Temperatura durante el pulido			22 °C			
Superficie preparada en:			50 min.			
Ataque químico de la superficie con:				Nital 4 (Ácido nítrico 4ml, Alcohol Etilico 110 ml)		
Durante:	12 seg					
RESULTADO: Se presenta una microestructura adecuada						
						
Zona ZAT 200x, Nital 4, 12 seg						
Elaborado por: Juan Muquinche						



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: JUNTA SOLDADA

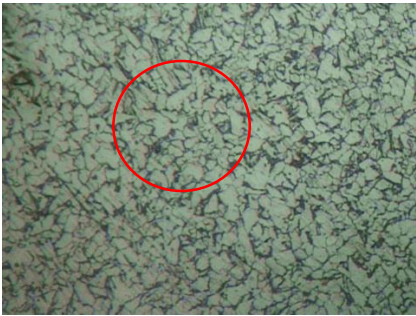
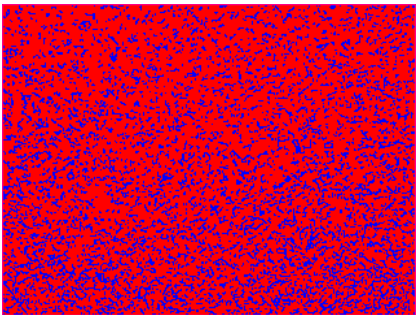
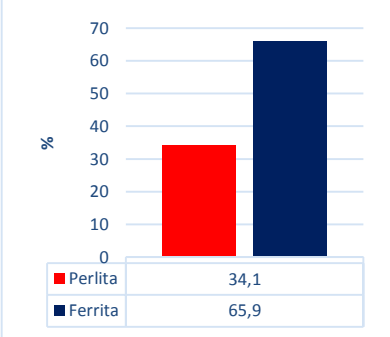
DATOS INFORMATIVOS									
Determinación de tamaño de grano		Microestructura: Zona ZAT							
Amperaje.	100 [A]	Voltaje	70[v] cc						
Norma aplicable		ASTM E112-96							
Calculo por procedimiento planimétrico.		Magnificación. 200X							
$NA = f \left(Ni + \frac{Nint}{2} \right) = 8 \left(146 + \frac{56}{2} \right)$ $f = 8 \text{ Jeffris para } 200x$ Medición \varnothing 79.8 en 5000mm ² $NA = 1392$ $G = 3.321918 * \text{Log}(NA) - 2.954$ $G = 7.5$									
Tamaño de grano ASTM	7.5								
COMPONENTES: Ferrita, Perlita									
		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Componente</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Perlita</td> <td>27,1</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>72,9</td> </tr> </tbody> </table>		Componente	%	Perlita	27,1	Ferrita	72,9
Componente	%								
Perlita	27,1								
Ferrita	72,9								
CÁLCULO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN APROXIMADA									
$RTA = \frac{28 * \% Ferrita + 84 * \% Perlita}{100} = \frac{28 * 75.2 + 84 * 24.8}{100} = 43.17$									
R.T.A: 43.17 kg/mm ² = 423 Mpa									
<p>La microestructura estudiada está compuesta por un 75.2 % de Ferrita y 24.8 % de Perlita, presentando un tamaño de 7.5. Determinando una resistencia a la tracción teórica de 43.17 Kg/mm. La resistencia mecánica del material no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que la resistencia a la tracción del material base A36 está entre 400 ≤ RT ≤ 550 Kg/mm (Anexo A.1)</p>									
Elaborado por: Juan Muquinche									

PROBETA M 1118 – MATERIAL BASE



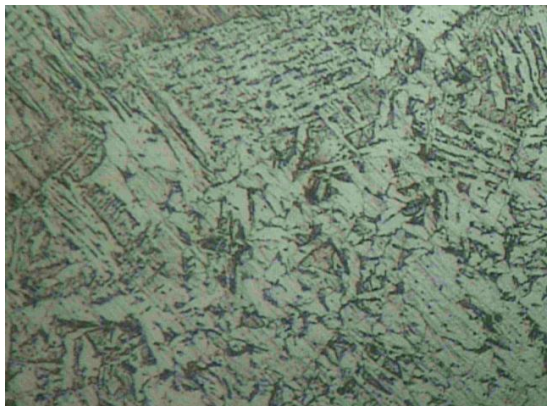
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		ENSAYO METALOGRAFICO				
DATOS INFORMATIVOS						
Proceso	SMAW	Amperaje	100[A]	Voltaje	70[V]	
Combinación Electrodo			E-6011, E-7018			
Realizado por:	Juan Muquinche		Material		ASTM A-36	
Ensayo N°	1	Fecha de ejecución		20/05/2015		
Solicitado por:	Juan Muquinche		Norma aplicable		ASTM E 3-01, ASTM E112-96	
Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca.					
Centro de Estudio y Análisis			Laboratorio de materiales de la (FICM)			
PARÁMETROS DE ENSAYOS DE METALOGRAFICO						
Parte Especifica: MATERIAL BASE						
Acondicionamiento de superficie			Pulido mecánico.			
Temperatura durante el pulido			22 °C			
Superficie preparada en:			50 min.			
Ataque químico de la superficie con:				Nital 4 (Ácido nítrico 4ml, Alcohol Etilico 110 ml)		
Durante:	12 seg					
RESULTADO: Se presenta una microestructura adecuada						
						
Material Base 200x, Nital 4, 12 seg						
Elaborado por: Juan Muquinche						



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: JUNTA SOLDADA


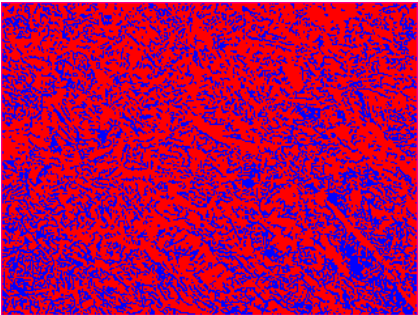
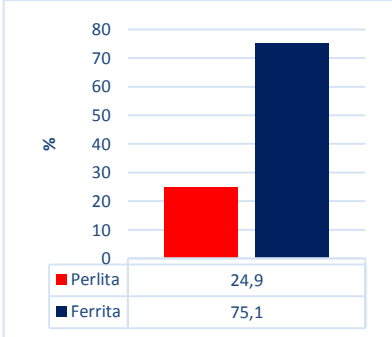
DATOS INFORMATIVOS									
Determinación de tamaño de grano		Microestructura: Material Base							
Amperaje.	100 [A]	Voltaje	70[v] cc						
Norma aplicable		ASTM E112-96							
Calculo por procedimiento planimétrico.		Magnificación. 200X							
$NA = f \left(Ni + \frac{Nint}{2} \right) = 8 \left(84 + \frac{35}{2} \right)$ $f = 8 \text{ Jeffris para } 200x$ Medición $\varnothing 79.8$ en $5000mm^2$ $NA = 812$ $G = 3.321918 * \text{Log}(NA) - 2.954$ $G = 6.71$									
Tamaño de grano ASTM	7								
COMPONENTES: Ferrita, Perlita									
		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Componente</th> <th>Porcentaje (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Perlita</td> <td>34,1</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>65,9</td> </tr> </tbody> </table>		Componente	Porcentaje (%)	Perlita	34,1	Ferrita	65,9
Componente	Porcentaje (%)								
Perlita	34,1								
Ferrita	65,9								
CÁLCULO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN APROXIMADA									
$RTA = \frac{28 * \% Ferrita + 84 * \% Perlita}{100} = \frac{28 * 65.9 + 84 * 34.1}{100} = 47.09$									
R.T.A: $47.09 \text{ kg/mm}^2 = 460 \text{ Mpa}$									
<p>La microestructura estudiada está compuesta por un 65.9 % de Ferrita y 34.1 % de Perlita, presentando un tamaño de 7. Determinando una resistencia a la tracción teórica de 47.09 Kg/mm. La resistencia mecánica del material no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que la resistencia a la tracción del material base A36 está entre $400 \leq RT \leq 550 \text{ Kg/mm}$ (Anexo A.1)</p>									
Elaborado por: Juan Muquinche									

PROBETA M 1118 – SOLDADURA



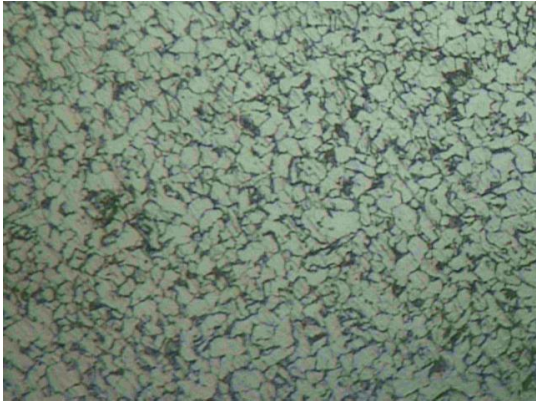
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		ENSAYO METALOGRAFICO				
DATOS INFORMATIVOS						
Proceso	SMAW	Amperaje	100[A]	Voltaje	70[V]	
Combinación Electroodos			E-6011, E-7018			
Realizado por:	Juan Muquinche		Material		ASTM A-36	
Ensayo N°	1	Fecha de ejecución		20/05/2015		
Solicitado por:	Juan Muquinche		Norma aplicable		ASTM E 3-01, ASTM E112-96	
Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca.					
Centro de Estudio y Análisis			Laboratorio de materiales de la (FICM)			
PARÁMETROS DE ENSAYOS DE METALOGRAFICO						
Parte Especifica: SOLDADURA						
Acondicionamiento de superficie			Pulido mecánico.			
Temperatura durante el pulido			22 °C			
Superficie preparada en:			50 min.			
Ataque químico de la superficie con:				Nital 4 (Ácido nítrico 4ml, Alcohol Etflico 110 ml)		
Durante:	12 seg					
RESULTADO: Se presenta una microestructura adecuada						
						
Soldadura 200x, Nital 4, 12 seg						
Elaborado por: Juan Muquinche						



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: JUNTA SOLDADA

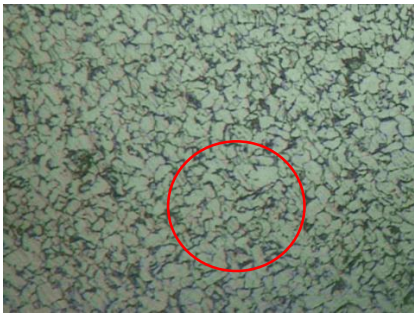
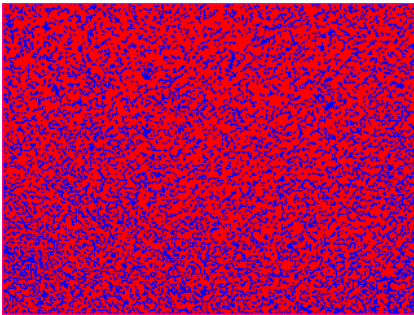
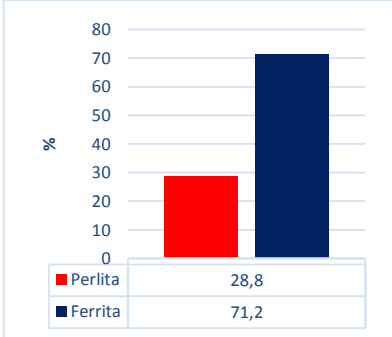
DATOS INFORMATIVOS									
Determinación de tamaño de grano		Microestructura: Soldadura							
Amperaje.	100 [A]	Voltaje	70[v] cc						
Norma aplicable		ASTM E112-96							
Calculo por procedimiento planimétrico.		Magnificación. 200X							
$NA = f \left(Ni + \frac{Nint}{2} \right) = 8 \left(68 + \frac{24}{2} \right)$ $f = 8 \text{ Jeffris para } 200x$ $\text{Medición } \varnothing 79.8 \text{ en } 5000mm^2$ $NA = 640$ $G = 3.321918 * \text{Log}(NA) - 2.954$ $G = 6.37$									
Tamaño de grano ASTM	6								
COMPONENTES: Ferrita, Perlita									
		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Componente</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Perlita</td> <td>24,9</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>75,1</td> </tr> </tbody> </table>		Componente	%	Perlita	24,9	Ferrita	75,1
Componente	%								
Perlita	24,9								
Ferrita	75,1								
CÁLCULO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN APROXIMADA									
$RTA = \frac{28 * \% Ferrita + 84 * \% Perlita}{100} = \frac{28 * 75.1 + 84 * 24.9}{100} = 41.94$									
R.T.A: 41.94 kg/mm ² = 411 Mpa									
<p>La microestructura estudiada está compuesta por un 75.1% de Ferrita y 24.9% de Perlita, presentando un tamaño de 6. Determinando una resistencia a la tracción teórica de 41.94 Kg/mm. La resistencia mecánica del material no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que la resistencia a la tracción del material base A36 está entre 400 ≤ RT ≤ 550 Kg/mm (Anexo A.1)</p>									
Elaborado por: Juan Muquinche									

PROBETA M 1118 – ZONA ZAT

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		ENSAYO METALOGRAFICO				
DATOS INFORMATIVOS						
Proceso	SMAW	Amperaje	100[A]	Voltaje	70[V]	
Combinación Electroodos			E-6011, E-7018			
Realizado por:	Juan Muquinche		Material		ASTM A-36	
Ensayo N°	1	Fecha de ejecución		20/05/2015		
Solicitado por:	Juan Muquinche		Norma aplicable		ASTM E 3-01, ASTM E112-96	
Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca.					
Centro de Estudio y Análisis			Laboratorio de materiales de la (FICM)			
PARÁMETROS DE ENSAYOS DE METALOGRAFICO						
Parte Especifica: ZONA ZAT						
Acondicionamiento de superficie			Pulido mecánico.			
Temperatura durante el pulido			22 °C			
Superficie preparada en:			50 min.			
Ataque químico de la superficie con:				Nital 4 (Ácido nítrico 4ml, Alcohol Etlíco 110 ml)		
Durante:	12 seg					
RESULTADO: Se presenta una microestructura adecuada						
						
Zona ZAT 200x, Nital 4, 12 seg						
Elaborado por: Juan Muquinche						



EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA: JUNTA SOLDADA

DATOS INFORMATIVOS							
Determinación de tamaño de grano		Microestructura: Zona ZAT					
Amperaje.	100 [A]	Voltaje	70[v] cc				
Norma aplicable		ASTM E112-96					
Calculo por procedimiento planimétrico.		Magnificación. 200X					
$NA = f \left(Ni + \frac{Nint}{2} \right) = 8 \left(57 + \frac{21}{2} \right)$ $f = 8 \text{ Jeffris para } 200x$ $\text{Medición } \varnothing 79.8 \text{ en } 5000mm^2$ $NA = 540$ $G = 3.321918 * \text{Log}(NA) - 2.954$ $G = 6.12$							
Tamaño de grano ASTM	6						
COMPONENTES: Ferrita, Perlita							
		 <table border="1"> <tr> <td>■ Perlita</td> <td>28,8</td> </tr> <tr> <td>■ Ferrita</td> <td>71,2</td> </tr> </table>		■ Perlita	28,8	■ Ferrita	71,2
■ Perlita	28,8						
■ Ferrita	71,2						
CÁLCULO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN APROXIMADA							
$RTA = \frac{28 * \% Ferrita + 84 * \% Perlita}{100} = \frac{28 * 71.2 + 84 * 28.8}{100} = 44.12$							
R.T.A: 44.12 kg/mm ² = 433 Mpa							
<p>La microestructura estudiada está compuesta por un 71.2% de Ferrita y 28.8% de Perlita, presentando un tamaño de 6. Determinando una resistencia a la tracción teórica de 44.12 Kg/mm. La resistencia mecánica del material no se ha visto afectada en mayor grado, puesto que la resistencia a la tracción del material base A36 está entre 400 ≤ RT ≤ 550 Kg/mm (Anexo A.1)</p>							
Elaborado por: Juan Muquinche							

4.2. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.2.1. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS A TRACCIÓN

Datos obtenidos en las pruebas para la soldadura con combinación de electrodos E-6010 para raíz y E-6013 para acabado como se muestra a continuación.

Tabla 4. 7 Resultados de ensayos a tracción para combinación E-6010 y E-6013

Designación de probeta	Carga máxima registrada		Límite de fluencia		Resistencia a la tracción		% Elongación en 50mm
	N	lbf	N	ksi	N	ksi	
1013-T1	49420	11110	330.9	48	425.3	61.7	14
1013-T2	47151	10600	305.3	44.3	433.8	62.9	13.2
1013-T3	55603	12500	302.1	43.8	464.6	67.4	28.2
1013-T4	52133	11720	293	42.5	464.8	67.4	31.6
1013-T5	51688	11620	303.8	44.1	467.9	67.9	27.8
Promedio	51199	11510	307.02	44.54	451.28	65.46	22.96

Fuente: El autor

Datos obtenidos en las pruebas para la soldadura con combinación de electrodos E-6010 para raíz y E-7018 para acabado como se muestra a continuación.

Tabla 4. 8 Resultados de ensayos a tracción para combinación E-6010 y E-7018

Designación de probeta	Carga máxima registrada		Límite de fluencia		Resistencia a la tracción		% Elongación en 50mm
	N	lbf	N	ksi	N	ksi	
1018-T1	51955	11680	303.4	44	465.2	67.5	29.4
1018-T2	52578	11820	312.8	45.4	476.9	69.2	31.2
1018-T3	51955	11680	318.1	46.1	479.7	69.6	28.3
1018-T4	44883	10090	339.8	49.3	423.2	61.4	10.9
1018-T5	50532	11360	302.6	43.9	466.8	67.7	28.5
Promedio	50381	11326	315.3	45.7	462.4	67.1	25.7

Fuente: El autor

Datos obtenidos en las pruebas para la soldadura con combinación de electrodos E-6011 para raíz y E-6013 para acabado como se muestra a continuación.

Tabla 4. 9 Resultados de ensayos a tracción para combinación E-6011 y E-6013

Designación de probeta	Carga máxima registrada		Límite de fluencia		Resistencia a la tracción		% Elongación en 50mm
	N	lbf	N	ksi	N	ksi	
1113-T1	50176	11280	297	43.1	453.1	65.7	25.3
1113-T2	49509	11130	290.2	42.1	438	63.5	24.3
1113-T3	49242	11070	287.5	41.7	446.1	64.7	28.2
1113-T4	51955	11680	311.6	45.2	467.3	67.8	31
1113-T5	50220	11290	296.6	43	451.1	65.4	27.2
Promedio	50220.4	11290	296.58	43.02	451.12	65.42	27.2

Fuente: El autor

Datos obtenidos en las pruebas para la soldadura con combinación de electrodos E-6011 para raíz y E-7018 para acabado como se muestra a continuación.

Tabla 4. 10 Resultados de ensayos a tracción para combinación E-6011 y E-7018

Designación de probeta	Carga máxima registrada		Límite de fluencia		Resistencia a la tracción		% Elongación en 50mm
	N	lbf	N	ksi	N	ksi	
1118-T1	49954	11230	290.2	42.1	447.1	64.8	24
1118-T2	46751	10510	306.3	44.4	417.8	60.6	14
1118-T3	49464	11120	317	46	465.4	67.5	21.6
1118-T4	53156	11950	304.6	44.2	462	67	23.2
1118-T5	50843	11430	277.9	40.3	439.6	63.8	30.4
Promedio	50033,6	11248	299,2	43,4	446,38	64,74	22,64

Fuente: El autor

4.2.1.1. COMPARACIÓN DE RESULTADOS PARA VALORES DE RESISTENCIA A FLUENCIA

La resistencia a la fluencia es uno de las principales propiedades mecánicas de los metales, es por tal razón que se ha incluido en el análisis mas no obstante para la aplicación de la AWS D1.1 no es tan relevante esta propiedad en la soldadura.

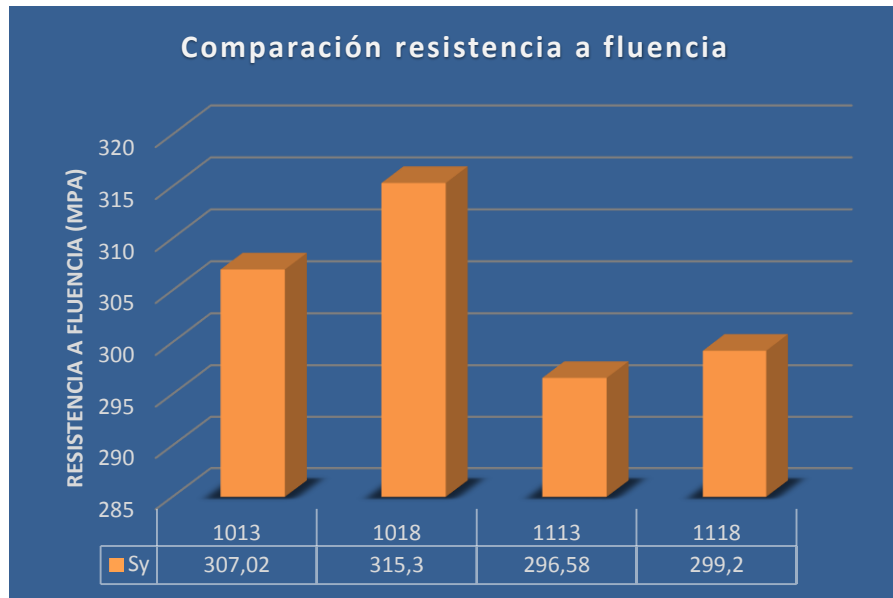


Figura 4. 37 Comparación de la resistencia a fluencia para las diferentes combinaciones de electrodos

Fuente: El autor

Como podemos observar en los datos obtenidos la resistencia a la fluencia en la soldadura el mayor valor de resistencia corresponde a la combinación de electrodos E - 6010 para soldadura de raíz y E-7018 para soldadura de terminado con una valor de 315 Mpa, de igual manera se observó el valor más alto en esta misma combinación para los resultados mostrados en la resistencia a tracción. Podemos observar además que el valor de resistencia más bajo corresponde a la soldadura con combinación de electrodos E- 6011 para soldadura de raíz y E-6013 para soldadura de terminado con una valor de 296.58 Mpa,

4.2.1.2. COMPARACIÓN DE RESULTADOS PARA VALORES DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN

Según los datos obtenidos se realiza una comparación de resultados con los valores promedio de cada combinación de soldadura.

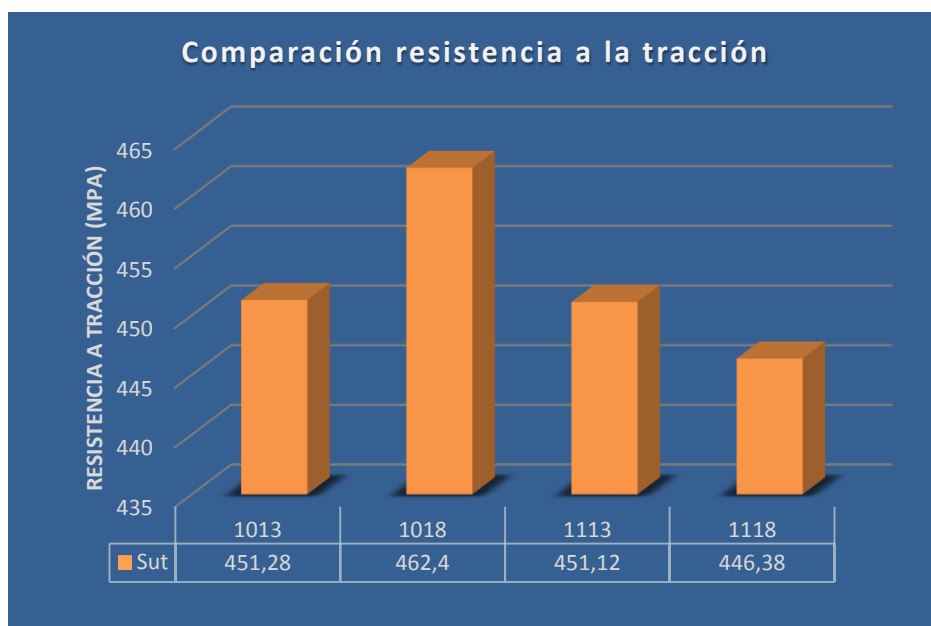


Figura 4. 38 Comparación de la resistencia a tracción para las diferentes combinaciones de electodos

Fuente: El autor

Según los datos presentados podemos observar que el mayor valor de resistencia a la tracción lo encontramos en la soldadura con combinación de electodos E-6010 para soldadura de raíz y E-7018 para soldadura de terminado, esto según su resistencia a tracción promedio en las probetas ensayadas que es 462.4 Mpa, cabe mencionar que los criterios de aceptación para ensayos mecánicos según AWS D1.1 especifica que la resistencia a tracción en la soldadura no debe ser menor que el valor mínimo del rango de tracción especificado por el metal base utilizado que en nuestro caso es de 400 Mpa min para ASTM A-36.

4.2.1.3. COMPARACIÓN DE RESULTADOS PARA VALORES DE PORCENTAJE DE ELONGACION EN 50mm

Los valores determinados para la elongación de la junta soldada corresponden a una distancia de 50 mm calibrada en el ensayo

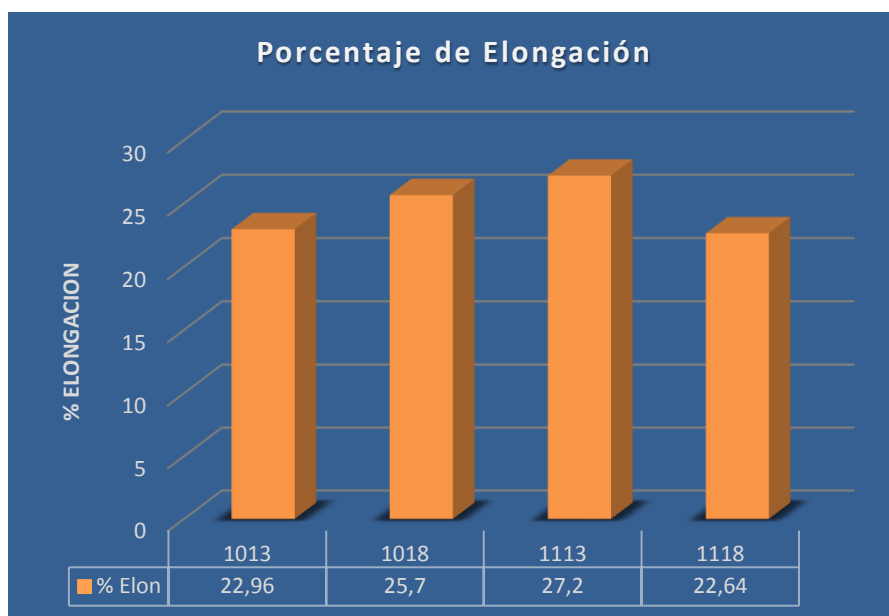


Figura 4. 39 Comparación del porcentaje de elongación para las diferentes combinaciones de electrodos

Fuente: El autor

Según los datos observados podemos observar que el porcentaje de elongación que corresponde a la ductilidad de la junta soldada al momento de presentar cargas es mayor para la combinación de electrodos E - 6011 para soldadura de raíz y E-6013 para soldadura de terminado con una valor de 27.2. Además podemos observar que valor más bajo para el porcentaje de elongación es para la combinación de electrodos E - 6011 para soldadura de raíz y E-7018 para soldadura de terminado con una valor de 22.64

4.2.2. INTERPRETRACIÓN DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS A DOBLADO

Tabla 4. 11 Resultados de ensayo de probetas de doblado cara y raíz

Ensayo 1

Probeta	Observaciones	Aprueba
R 1013	Discontinuidad de 4,0mm en el cordón de soldadura	No
C 1013	No se observa discontinuidades en el cordón de soldadura	Si
R 1018	No se observa discontinuidades en el cordón de soldadura	Si
C 1018	Discontinuidad de 1,7mm y 1.5 mm en el cordón de soldadura	Si
R 1113	Discontinuidad de 5,4 mm en el cordón de soldadura	No
C 1113	No se observa discontinuidades en el cordón de soldadura	Si
R 1118	No se observa discontinuidades en el cordón de soldadura	Si
C 1118	No se observa discontinuidades en el cordón de soldadura	Si

Ensayo 2

Probeta	Observaciones	Aprueba
R 1013	Discontinuidad de 0.9 mm en el cordón de soldadura	Si
C 1013	No se observa discontinuidades en el cordón de soldadura	Si
R 1018	No se observa discontinuidades en el cordón de soldadura	Si
C 1018	Discontinuidad de 1,2 mm en el cordón de soldadura	Si
R 1113	No se observa discontinuidades en el cordón de soldadura	Si
C 1113	No se observa discontinuidades en el cordón de soldadura	Si
R 1118	Discontinuidad de 1,5 mm en el cordón de soldadura	Si
C 1118	Discontinuidad de 0.7 mm en el cordón de soldadura	Si

Fuente: El autor

Según los datos presentados podemos observar que hay más posibilidad que la soldadura falle cuando se realiza el doblado en raíz, esto por la falta de penetración al momento de realizar la soldadura.

Según la AWS D1.1 en los criterios de aceptación nos dice que la soldadura es aceptable cuando las discontinuidades son menores a 3mm, además de presentarse discontinuidades menores a 3mm la suma de estas debe ser menor a 10 mm.

4.2.3. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE ENSAYOS METALOGRAFICOS

El objetivo de realizar el análisis metalográfico en las diferentes combinaciones de electrodos es verificar el tamaño de grano que relaciona directamente las propiedades mecánicas del material como es la resistencia a tracción que aumenta cuando el grano es más pequeño al igual que la maleabilidad del material.

Según los ensayos realizados se ha determinado el tamaño de grano en las diferentes combinaciones de soldadura.

Tabla 4. 12 Variación del tamaño de grano en la soldadura

Variación del tamaño de grano en la soldadura			
Probeta	Tamaño de grano ASTM		
	Metal Base	Soldadura	ZAT
Combinación E-6010, E-6013	7,6	8,1	7,6
Combinación E-6010, E-7018	6,5	6,9	6,4
Combinación E-6011, E-6013	7,4	7,7	7,5
Combinación E-6011, E-7018	6,7	6,3	6

Fuente: El autor

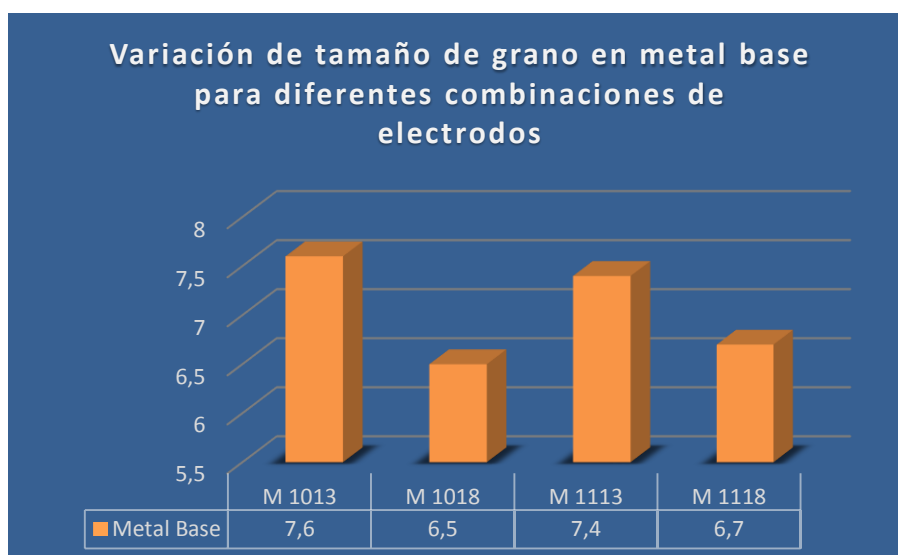


Figura 4. 40 Variación del tamaño de grano para combinaciones de electrodos en metal base

Fuente: El autor

En la figura 4.41 podemos observar que el tamaño más pequeño de grano es la combinación es 1018 y en la 1118 donde las propiedades mecánicas son mejores esto es la resistencia a la tracción que es lo más relevante en esta investigación y según el requerimiento de la AWS D1.1.

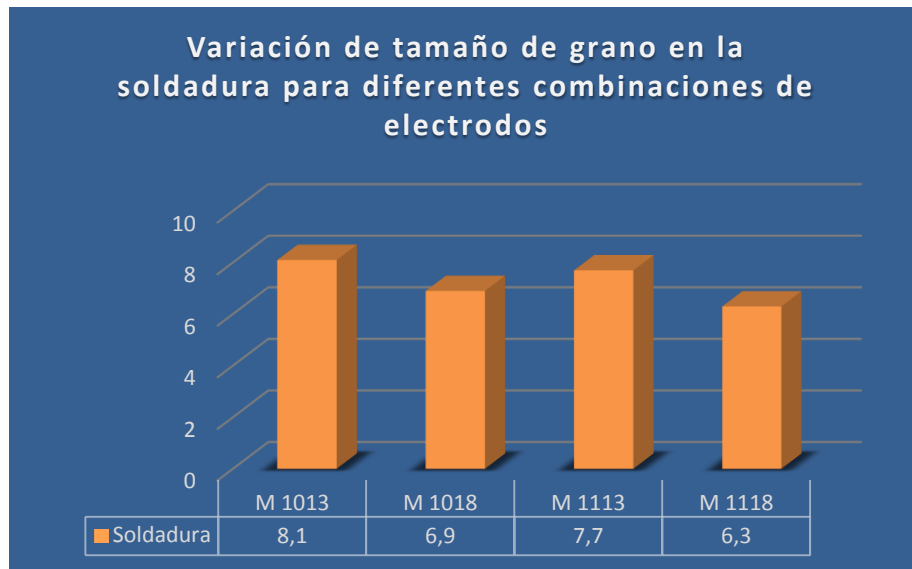


Figura 4. 41 Variación del tamaño de grano para combinaciones de electrodos en la soldadura

Fuente: El autor

En la figura podemos observar que el tamaño de grano en la soldadura aumenta debido a las características aleantes de los electrodos con que ha realizado la soldadura, con esto podemos decir que las propiedades mecánicas en esta zona son afectadas reduciéndose la resistencia a la tracción y pudiendo crearse fisuras en la misma.

Hay que mencionar que el tamaño de grano en los metales aumenta a altas temperaturas, en este caso el proceso de soldadura produce temperaturas alrededor de 3500 °C en un arco intenso focalizado lo que produce el crecimiento del grano en esta zona.

Según la ASTM E112 nos da estándares de tamaño de grano como se puede observar en el Anexo 2

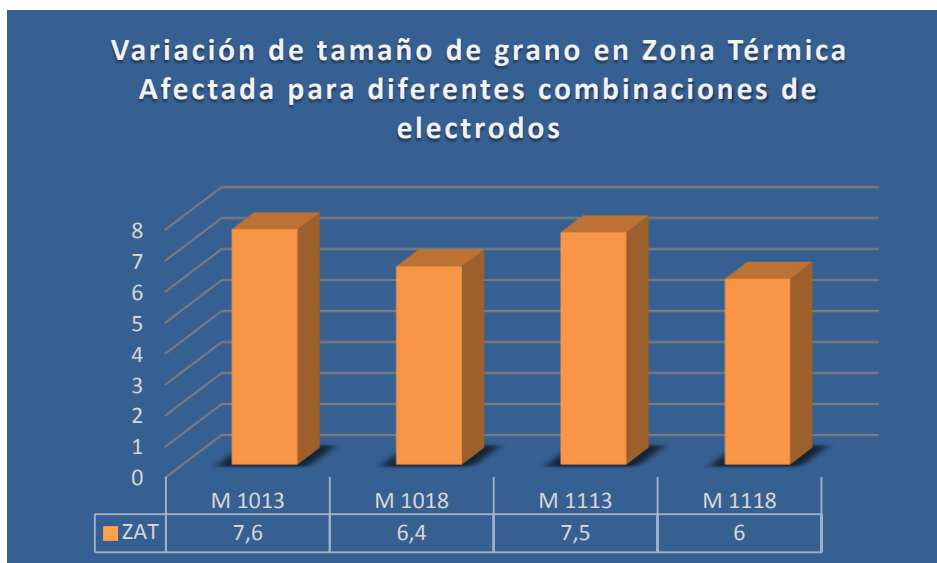


Figura 4. 42 Variación del tamaño de grano para combinaciones de electrodos en la Zona térmica afectada

Fuente: El autor

En la figura podemos observar un tamaño de grano promedio en relación al metal base y soldadura además de una resistencia a la tracción siendo los valores más aceptables los mostrados en la soldadura con combinación E-6010 y E-7018.

PORCENTAJE DE PERLITA Y FERRITA EN JUNTA SOLDADA PARA DIFERENTES COMBINACIONES DE ELECTRODOS

La ferrita está presente en mayor porcentaje cuando el material es poco resistente y dúctil mientras que la perlita está presente en la mayor parte de los aceros comerciales debido a sus versátiles características mecánicas.

4.2.3.1. INTERPETRACIÓN DE LA PERLITA Y FERRITA EN EL METAL BASE DE LA PROBETA

El primer análisis que se realizó fue en la zona reconocida como metal base de la probeta extraída para poder determinar los porcentajes de micro estructura presentes.

Tabla 4. 13 Variación de Perlita combinaciones de electrodos en Metal Base

Soldadura	Perlita
Combinación E-6010, E-6013 (M 1013)	30,7
Combinación E-6010, E-7018 (M 1018)	33,6
Combinación E-6011, E-6013 (M 1113)	30,9
Combinación E-6011, E-7018 (M 1118)	34,1

Fuente: El autor

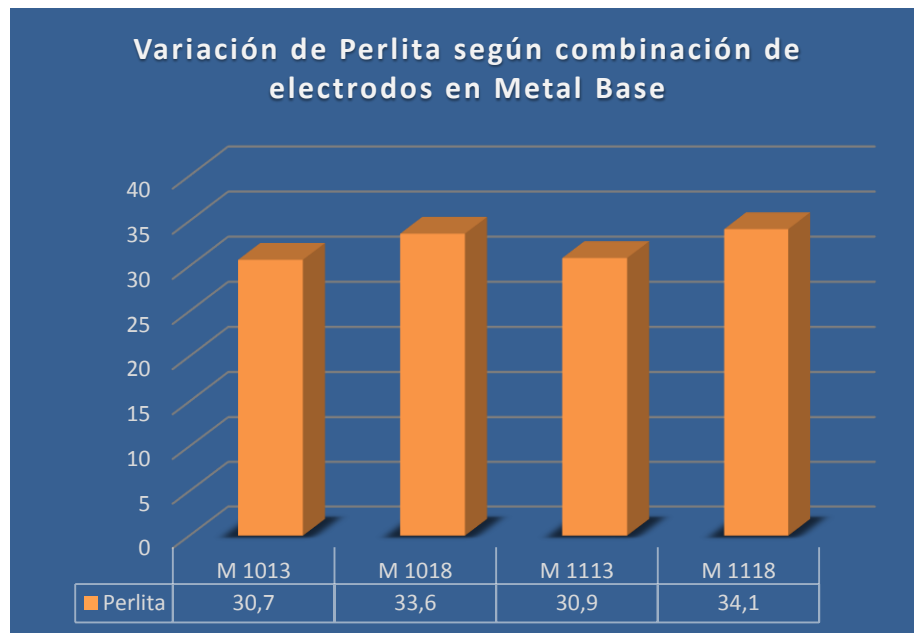


Figura 4. 43 Variación de Perlita combinación de electrodos en Metal Base

Fuente: El autor

Tabla 4. 14 Variación de Ferrita combinaciones de electrodos en Metal Base

Soldadura	Ferrita
Combinación E-6010, E-6013 (M 1013)	69,3
Combinación E-6010, E-7018 (M 1018)	66,4
Combinación E-6011, E-6013 (M 1113)	69,1
Combinación E-6011, E-7018 (M 1118)	65,9

Fuente: El autor

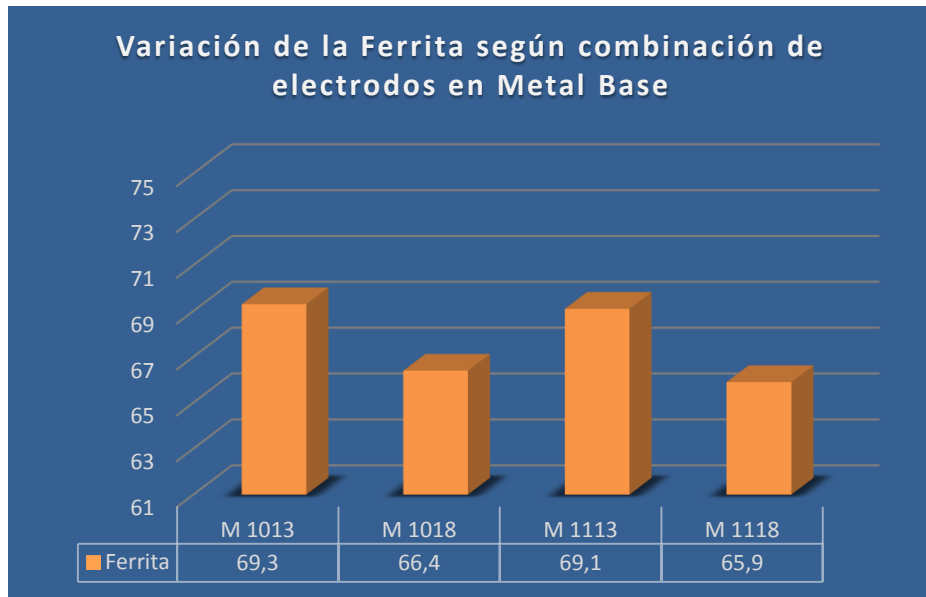


Figura 4. 44 Variación de la Ferrita combinación de electrodos en Metal Base

Fuente: El autor

Podemos observar que el porcentaje de perlita en esta sección es relativamente alto debido a que esta sección no es afectada en gran manera por la fusión y aleaciones del electrodo siendo el valor más alto para la probeta M 1018 y M1118 con 33.6% y 34.1% respectivamente por ende esta combinación de electrodos presento mayor valor de resistencia aproximada.

4.2.3.2. INTERPETRACIÓN DE LA PERLITA Y FERRITA EN LA SECCIÓN DE SOLDADURA DE LA PROBETA.

Tabla 4. 15 Variación de Perlita combinaciones de electrodos en Soldadura

Soldadura	Perlita
Combinación E-6010, E-6013 (M 1013)	24,5
Combinación E-6010, E-7018 (M 1018)	25,1
Combinación E-6011, E-6013 (M 1113)	24,6
Combinación E-6011, E-7018 (M 1118)	24,9

Fuente: El autor



Figura 4. 45 Variación de la Perlita combinación de electrodos en sección soldada

Fuente: El autor

Tabla 4. 16 Variación de Ferrita combinaciones de electrodos en Soldadura

Soldadura	Ferrita
Combinación E-6010, E-6013 (M 1013)	75,5
Combinación E-6010, E-7018 (M 1018)	74,9
Combinación E-6011, E-6013 (M 1113)	75,4
Combinación E-6011, E-7018 (M 1118)	75,1

Fuente: El autor

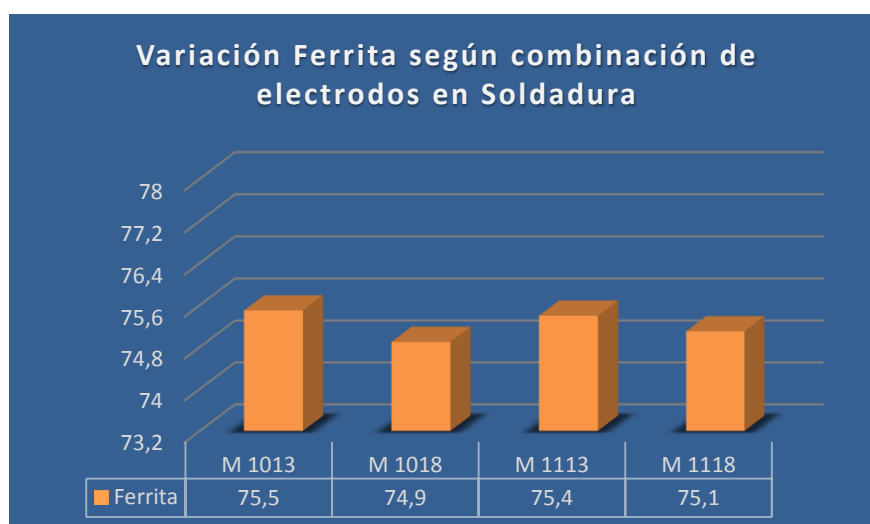


Figura 4. 46 Variación de la Ferrita combinación de electrodos en la sección soldada

Fuente: El autor

En esta zona podemos observar que el porcentaje de Perlita no varía demasiado entre las diferentes combinaciones de electrodos y es relativamente baja en donde la combinación de electrodos que se realizó con electrodo E-7018 presenta mayor porcentaje siendo el mayor valor 25.1% para la probeta M1018. Es importante mencionar que si no se realiza adecuadamente la unión y posterior soldadura es más probable que la unión falle en esta zona.

4.2.3.3. INTERPRETACIÓN DE LA PERLITA Y FERRITA EN LA SECCIÓN DE LA ZONA TÉRMICA AFECTA DE LA PROBETA

Tabla 4. 17 Variación de Perlita combinaciones de electrodos en Zona Térmica Afectada

Soldadura	Perlita
Combinación E-6010, E-6013 (M 1013)	26,4
Combinación E-6010, E-7018 (M 1018)	28,1
Combinación E-6011, E-6013 (M 1113)	27,1
Combinación E-6011, E-7018 (M 1118)	28,8

Fuente: El autor

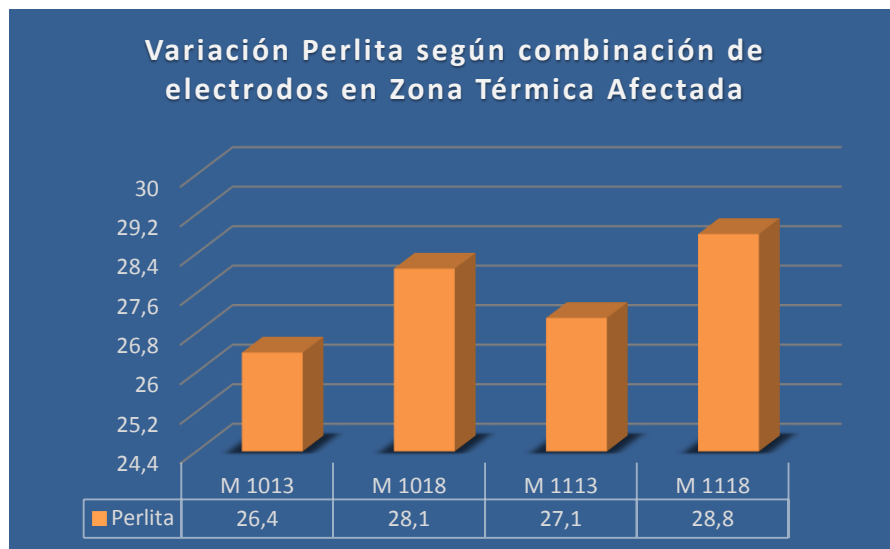


Figura 4. 47 Variación de la Perlita combinación de electrodos en la ZAT

Fuente: El autor

Tabla 4. 18 Variación de Ferrita combinaciones de electrodos en Zona Térmica Afectada

Soldadura	Ferrita
Combinación E-6010, E-6013 (M 1013)	73,6
Combinación E-6010, E-7018 (M 1018)	71,9
Combinación E-6011, E-6013 (M 1113)	72,9
Combinación E-6011, E-7018 (M 1118)	71,2

Fuente: El autor

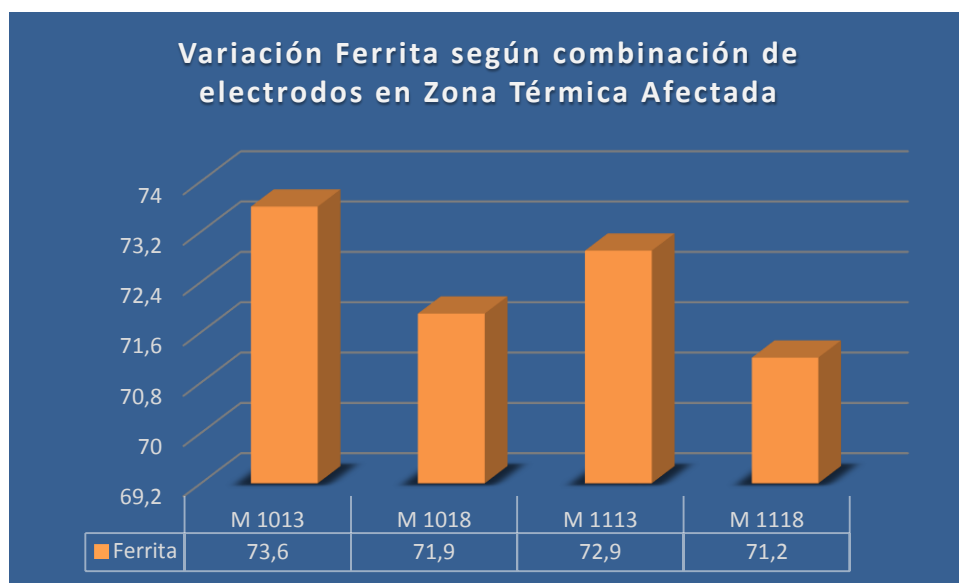


Figura 4. 48 Variación de la Ferrita combinación de electrodos en la ZAT

Fuente: El autor

Según los resultados presentados se pudo observar que el porcentaje de perlita en esta zona aún permanece de manera aceptable, en esta zona es más común la falla por efectos térmicos, observamos que hay un mayor porcentaje de perlita para la combinación M 1118 con un valor de 28.8 % y un valor de 28.1% para la combinación M 1018

4.3. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Después de realizado el análisis destructivos y no destructivos en la soldadura se verifica mediante análisis estadístico la variación de las propiedades mecánicas presentadas en los ensayos a tracción para las diferentes combinaciones de electrodos, esto de acuerdo a que este ensayo presenta la propiedad más relevante en la unión soldada ya que garantiza que la resistencia de la misma será igual al metal base, como si fuera este un solo elemento. En acuerdo a esto se verifica que la hipótesis planteada debe ser aceptada o rechazada.

4.3.1. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

Ha = La variación de los parámetros de soldadura SMAW en la fabricación de columnas armadas en estructuras metálicas influirá en las propiedades mecánicas de las mismas

Ho = La variación de los parámetros de soldadura SMAW en la fabricación de columnas armadas en estructuras metálicas no influirá en las propiedades mecánicas de las mismas

Nivel de significancia

El nivel de significancia tiene un valor de 5 % (0.05) para la verificación de la hipótesis presentada

Selección de datos para análisis estadístico

Para el análisis estadístico es necesario tomar datos de las diferentes combinaciones de soldadura y sus respectivos ensayos de tracción que es la propiedad mecánica más relevante en lo requerido por la AWS D1.1. Para en este análisis se tomaron tres ensayos de tracción por cada combinación.

Prueba T student para una muestra

$$t = \frac{x - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Donde:

x = media de la muestra

μ = media poblacional

S = Desviación estandar

n = número de muestra

Tabla 4. 19 Valores muestra

Combinación	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5
M 1013	425,3	433,8	464,6	464.8	467.9
M 1018	465,2	476,9	479,7	423.2	466.8
M 1113	453,1	438	446,1	467.3	451.1
M 1118	447,1	417,8	465,4	462	439.6

Fuente: El autor

Tabla 4. 20 Estadísticos para una muestra

	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
com1013	5	451,2800	20,10565	8,99152
com1018	5	462,3600	22,76715	10,18178
com1113	5	451,1200	10,75928	4,81169
com1118	5	446,3800	19,16408	8,57044

Fuente: El autor

Tabla 4. 21 Prueba para una muestra

Valor de prueba de 400 Mpa				
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias
com1013	5,703	4	,005	51,28000
com1018	6,125	4	,004	62,36000
com1113	10,624	4	,001	51,12000
com1118	5,412	4	,006	46,38000

Fuente: El autor

Según los resultados obtenidos por la prueba t de student con un valor de referencia de 400 Mpa como media poblacional equivalente al límite menor de la resistencia a la tracción en el metal base, se toma en cuenta que este valor que debe ser igual o mayor en la soldadura de acuerdo a la especificación de la norma, dado esto observamos que ningún valor de significancia bilateral (valor critico a doble cola) es mayor a $0.05/2$ (valor es tomado como el grado de significancia), los valores mostrados en la presente tabla muestran que si existirá variación en las propiedades mecánicas según la combinación de electrodos, pero esta tiene una diferencia moderada.

Siendo los valores encontrados en el analisis aceptamos la hipotesis alternativa y rechazamos la nula concluyendo que:

La variación de los parámetros de soldadura SMAW en la fabricación de columnas armadas en estructuras metálicas influirá en las propiedades mecánicas de las mismas.

Según el análisis presentado se ha verificado estadísticamente que la variación de los parámetros de soldadura SMAW en esta caso realizando diferentes combinación de electrodos y seleccionando adecuadamente la junta de soldadura influye directamente en las propiedades mecánicas del material siendo la propiedad más relevante la resistencia a la tracción que es la especificada por la AWS D1.1 para garantizar que la soldadura se encuentra correctamente realizada, el esfuerzo a tracción en una junta es la carga más crítica a la que puede estar sometida una unión,

ya que hay distintos puntos donde puede fallar, por eso se utilizó los resultados de ensayos a tracción en las diferentes probetas para verificar que efectivamente la variación de los parámetros antes mencionados afecta directamente a esta propiedad mecánica.

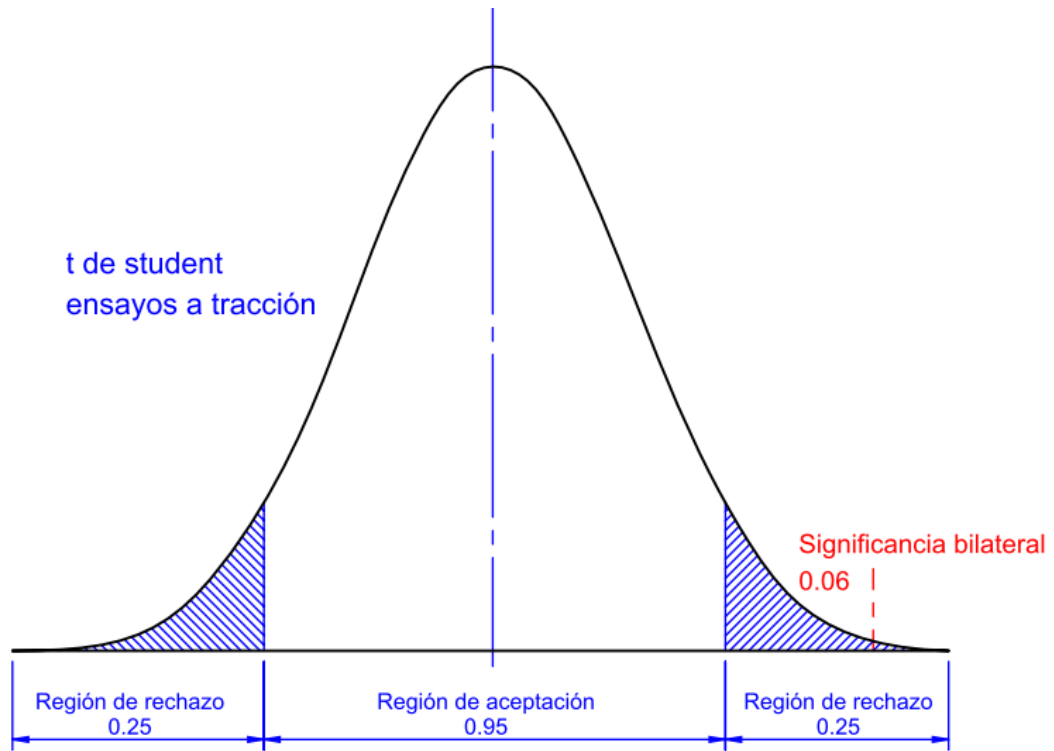


Figura 4. 49 Grafica t de student para ensayos de tracción

Fuente: El autor

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Para el correcto análisis de los ensayos se procedió a realizar la soldadura basada en principios dados por la AWS D1.1. Es importante mencionar que la soldadura la realizó un profesional con varios años de experiencia dentro de la empresa.

Por tanto luego de realizar el estudio de las diferentes combinaciones de electrodos para la construcción de columnas armadas podemos concluir que:

- Se determinó por medio de los ensayos presentados que la mejor combinación de electrodos en la soldadura para columnas de la estructura metálica es la presentada en la E-6010 con E-7018 con una resistencia a la tracción mayor a las demás combinaciones.
- Es importante destacar la utilización de la Norma Ecuatoriana de la construcción (NEC) referentes a estructuras de acero para garantizar la fiabilidad y un correcto diseño de la misma, además de los procesos constructivos para toda empresa dedicada a este ámbito.
- Para la ejecución de un adecuado cordón de soldadura es importante mantener parámetros adecuados como las posiciones de soldadura descritas en la ejecución de los ensayos, además de un correcto amperaje que garantice una raíz de soldadura adecuada como un acabado adecuado de la misma.

- La importancia de crear documentación relacionada con procesos de soldadura dentro del conformado de los diferentes elementos que constituyen la estructura metálica está directamente relacionada con la calidad de los procesos que contemplan la AWS D1.1.
- Es importante contar con un control adecuado de soldadura, en este caso se determinaron posibles fallos por medio de tintas penetrantes aplicados a la junta soldada en la estructura, donde se determinó si la junta es aceptable o no, por medio de la tabla 6.1 de la AWS D1.1.
- Los lineamientos de procesos de construcción y soldadura que son descritos por la persona a cargo de la construcción y montaje de la estructura metálica deben ser acatados de manera obligatoria por los encargados del proceso de soldadura.
- Para una adecuada fusión del cordón es necesario realizar una soldadura de raíz y una soldadura de acabado, para asegurar la unión de la columna que se encuentra conformada en tramos de 2.44 metros y verificar el tipo de unión que recomienda la AWS D1.1 según el espesor del material.
- El porcentaje de carbono presente en los electrodos para las diferentes combinaciones es directamente proporcional a las propiedades mecánicas de la junta soldada la misma que varía según se observó en los análisis. Este porcentaje de carbono relaciona también los porcentajes de Ferrita y Perlita presente en la microestructura de la junta.
- Según los resultados presentados en los ensayos a tracción la resistencia promedio fue de un valor aceptable según los criterios de aceptación presentados en la AWS D1.1 que indica que el valor en el ensayo debe ser superior al mínimo especificado del material base en este caso ASTM A36 (400 Mpa min, 500 Mpa máx.) El valor promedio más alto presentado fue para la combinación de electrodos E-6010 y E7018 con una resistencia a la tracción de 462.4 Mpa.
- Para los ensayos de doblado de cara y raíz se concluye que la falla más frecuente se presenta en la raíz de la soldadura, sin embargo como se observó en el análisis las probetas están dentro de los criterios de aceptación indicados para este tipo de

ensayo en la AWS D1.1 donde no se presentaron fisuras considerables con resultados adecuados.

- El tamaño de grano en la microestructura de la soldadura, metal base, zona termina afectada (ZAT) nos indica que entre menor sea el valor del mismo se incrementa la resistencia a la tracción y la ductilidad. En los ensayos realizados podemos observar que el tamaño de grano más pequeño lo encontramos en la junta con combinación de electrodos E-6010 y E-7018 que coincide con la resultados de ensayos a tracción donde en la misma combinación se presenta la mejor resistencia a tracción.

- La micro estructura presente en la junta soldada está en función del porcentaje de carbono tanto del material base como de los elementos aleantes de los electrodos, esto corresponde también a la temperatura que alcanza la junta al momento de producirse el arco eléctrico y fusión, los porcentajes de Perlita y Ferrita indican la resistencia a tracción de la junta. Todo esto mediante la obtención de porcentajes obtenidos en la zona principal del cordón, como es el metal base, zona de soldadura y zona térmica afectada, entre más perlita es mejor las propiedades mecánicas de la misma.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la validación del diseño de carga y resistencia en los elementos sometidos a flexo compresión como en este caso las columnas armadas de cajón y tanto el material como el espesor que son los factores más importantes a considerar en el diseño de la estructura. Todo esto basado en la NEC y los métodos de diseño que recomienda para estructuras metálicas como es la ASD y la LFRD

- Elaborar documentación para procesos repetibles de soldadura, como en este caso la construcción de las columnas armadas que comprenden gran numero en una estructura metálica y que deben estar basados en la AWS D1.1 como son WPS y PQR estructurados específicamente para este proceso de armado.

- Es importante la selección del tipo de junta que se va a realizar mediante la AWS D1.1 y desarrollar el procedimiento especificado para la misma, como son

distancias de abertura según el espesor de material y las posiciones adecuadas que debe adoptar el soldador.

- Es recomendable contar con un material de aporte adecuado es decir que se encuentre en condiciones adecuadas de almacenamiento, libre de humedad y de agentes externos que puedan provocar inestabilidad del arco y una mala fusión con el material base.

- Establecer procedimientos de seguridad y condiciones de trabajo adecuadas para el área de soldadura en la empresa en lo que refiere a equipo de protección personal como a la evacuación de gases producidos por la soldadura.

- Es importante también contar con una adecuada máquina de soldar que cuente con un rectificador, es decir que sea capaz de transformar la corriente alterna en corriente continua para poder realizar un cambio de polaridad al momento de soldar, se utiliza la polaridad inversa para soldadura de penetración y la polaridad directa para soldadura de acabado.

- Al momento de unir los tramos de las columnas es recomendable se lo realice con la ayuda de guías para que sea correcta la unión de la junta, además de que ambos tramos sean colineales entre sí.

- Para el proceso de transporte de las secciones al área de armado es recomendable utilizar el puente grúa con un sistema de electroimán para poder sujetar el tramo de columnas y evitar esfuerzos innecesarios del trabajador

- Para el ensayo de tracción es recomendable utilizar las mordazas adecuadas que evite la probeta resbale al momento de realizar la tracción y evitar posibles errores en los resultados.

- Es recomendable no utilizar procedimientos térmicos para cortar las probetas que serán sometidas a tracción y metalografías ya que cualquier cambio de temperatura puede modificar las propiedades mecánicas del material y junta.

- Para los ensayos metalográficos se recomienda la utilización adecuada de los agentes químicos que se utilizan para poder visualizar la microestructura y tamaño

de grano, ya que cualquier contacto puede causar severos daños a la persona que los realiza.

- Para los ensayos de doblado es recomendable ubicar correctamente la probeta con el fin de que no se desvíe de la guía al momento de realizar la presión con la matriz.

- Se recomienda además tener un registro y codificación adecuado de las probetas a ensayar para que no exista confusión en el momento de los ensayos

- Ser recomienda en el ensayo de tintas penetrante utilizar elementos de protección personal como guantes y protección nasal ya que los agentes del ensayo son altamente volátiles y pueden causar daños a la salud. Además es recomendable seguir las instrucciones del fabricante.

CAPÍTULO VI

6. PROPUESTA

Implementación y desarrollo de procedimientos de soldadura SMAW (WPS), según AWS D1.1 en columnas armadas y verificación de esfuerzos según cargas sísmicas y no sísmicas comprendidas en la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) sección de Estructuras Metálicas.

6.1. DATOS INFORMATIVOS

La presente investigación se basa en el estudio de normas aplicables al proceso de soldadura SMAW en la construcción de columnas armadas por lo cual se propone el tema mencionado.

La propuesta se ejecutó en la empresa “Metal Mecánica Antonio Tirado” que se encuentra ubicada en la ciudad de Ambato en la panamericana norte Km 7, donde actualmente se viene realizando trabajos de construcción y montaje de estructuras metálicas sin aplicar las normativas vigentes en el país.

Para poder analizar la soldadura en las diferentes probetas se contó con la ayuda de los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato donde se realizaron los ensayos de tracción y de metalografía, además se realizaron ensayos de doblado en probetas soldadas en la EPN (Escuela Politécnica Nacional) todos estos ensayos y probetas se realizaron según normativa AWS.

6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

En contexto a investigaciones previas se puede mencionar que la implementación de procedimientos de soldadura adecuados son fundamentales en la empresa para poder asegurar su trabajo y competitividad en el mercado, es por esta razón que se han realizado varios procesos investigativos de diferentes universidades con el fin de mejorar los procesos de soldadura en la industria.

Es importante entender que la competitividad en el mercado demanda calidad y bajos costos, es por esta razón que diferentes empresas e instituciones invierten en investigación para mejorar y optimizar el área de soldadura para poder justificar sus procedimientos bajo la normativa de regulación nacional y brindar estándares altos de calidad en el proceso de construcción y montaje de estructuras metálicas.

En la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato se han realizado proyectos investigativos en soldadura principalmente donde se analiza las propiedades de metálicas y la defectología con diferentes variables de proceso, cabe mencionar que la universidad cuenta con los laboratorios necesarios para realizar investigación en soldadura

6.3. JUSTIFICACIÓN

Es importante la implementación de la propuesta presentada para garantizar la calidad de los procesos de soldadura en las columnas conformadas para estructuras metálicas, según la normativa internacional AWS D1.1 que sustenta de información fundamental para los procedimientos descritos, según la normativa NEC (Norma Ecuatoriana de construcción) especifica los requerimientos necesarios de la soldadura y la importancia de esta tanto en la fabricación como en el montaje de las estructuras metálicas, es también importante contar con la documentación adecuada en los diferentes procedimientos de soldadura como son las WPS (Welding Procedure Specification) o según la NEC las EPS (Especificaciones de procedimientos de soldadura) especialmente en las SDC (soldadura de demanda crítica) especificada en el artículo 7.3 de la NEC.

Las columnas en las estructuras metálica son los elementos que van a resistir la mayor cantidad de esfuerzo y carga, es por esta razón que el procedimiento de construcción debe estar conforme a las normativas antes mencionadas, y realizada por soldadores capacitados capaces de interpretar las EPS, es importante mencionar que tanto el material de la columna como la sección transversal de la misma debe tener base técnica y sustentado en el respectivo calculo estructural para garantizar la confiabilidad de la estructura.

Para garantizar que la soldadura sea realizada correctamente se realizaron varios ensayos de tracción, de doblado, de tintas penetrantes y de metalografía todo esto con el fin de analizar los procedimientos existentes, los defectos en la soldadura y según esto implementar acciones correctivas al proceso actual de la empresa.

6.4. OBJETIVOS

6.4.1. OBJETIVO GENERAL

Implementar y desarrollar procedimientos de soldadura SMAW según AWS D1.1 en columnas armadas, además de verificar la resistencia de la misma según análisis estructural.

6.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Elaborar WPS según AWS D1.1 para procedimientos de soldadura SMAW en columnas armadas para estructuras metálicas.

Establecer las cargas sísmicas y no sísmicas adecuadas para el diseño estructural según NEC.

Verificar la resistencia de la columna sometida a la carga máxima del puente grúa por análisis de flexo compresión.

Realizar el desarrollo de un procedimiento adecuado para la construcción de columnas plegadas y armadas tipo cajón.

6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

Para el presente proyecto se tomó en cuenta la factibilidad de documentación aplicable al proceso de construcción y soldadura de estructuras metálicas tanto en instituciones pertenecientes al área de construcción como en universidades y politécnicas que se encargan de investigar los diferentes procesos de soldadura aplicables a la industria, y a gracias a estos se ha obtenido una adecuada referencia bibliográfica para realizar la propuesta del presente trabajo investigativo.

Además de la referencia mencionada es importante señalar que todo el proceso está basado en normativas internacionales, que se encuentran disponibles de manera gratuita en la red como es la AWS D1.1 que nos sirve de base para generar las WPS ó EPS.

Para el proceso de análisis de soldadura es relevante mencionar que se contó con los laboratorios de la FICM (Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica) de la Universidad Técnica de Ambato y de la FIM (Facultad de Ingeniería Mecánica) de la EPN (Escuela Politécnica Nacional) donde brindan un servicio adecuado y de calidad en lo que respecta a ensayos destructivos y no destructivos en probetas soldadas según sea el requerimiento, todo esto en bien de la comunidad estudiantil y del sector empresarial.

Hay que mencionar también que los electrodos a los que se hace referencia en la investigación son fáciles de conseguir en el mercado local.

6.6. FUNDAMENTACIÓN

La primer parte del proceso de construcción y montaje de una estructura metálica es realizar el diseño de la misma basado en la normativa NEC en el capítulo de estructura metálicas edición 2015 donde se hace referencia a los métodos y lineamientos a tomar en cuenta en el diseño para posteriormente pasar a la construcción la misma que se fundamenta en la AWS D1.1 para procesos de soldadura, características de la junta como también simbología de la misma en los planos de construcción como de montaje.

En lo referente a la fundamentación para los ensayos tanto destructivos como no destructivos se tomó en consideración para tracción y doblado la AWS B4.0 que hace referencia a los ensayos estándar para los ensayos mecánicos de la soldadura, mientras que en el ensayo no destructivo se utilizarán las tintas penetrantes que están basadas en la normativa AWS D1.1 apartado 6.1 como también en la ASTM E-1220.

Para el análisis del tamaño del grano de la microestructura en la soldadura se fundamentará en la norma ASTM E-3.

En la propuesta de la investigación se elaboraron WPS basados en la AWS D1.1 los mismos que se utilizarán para los diferentes procesos similares de soldadura en la empresa lo que garantizará la calidad de la misma.

6.6.1.1. PLEGADO DE CHAPAS METÁLICAS PARA CONFORMADO DEL CAJÓN

Para la construcción de las columnas armadas tipo cajón es necesario cumplir con las especificaciones de la norma NEC sección de estructuras metálicas.

Dentro de la presente propuesta se construirán las columnas a partir de chapa metálica plegada y unida por medio de soldadura para formar el cajón y para ensamblar cada tramo.

El proceso de corte y plegado es uno de los procesos principales ya que es en donde se debe optimizar el material al máximo y además cumplir con los requerimientos estructurales.

6.6.1.2. DEDUCCIÓN DEL FACTOR K

Previo al diseño de los pliegues se determinó el factor K de plegado para la matriz que se utilizó en el conformado. El procedimiento descrito a continuación es aplicable para cualquier matriz de plegado.

Lo primero es plegar una probeta a partir una chapa metálica de longitud 200 mm x 40 mm x 6mm

El pliegue se lo realizará en la mitad de la probeta

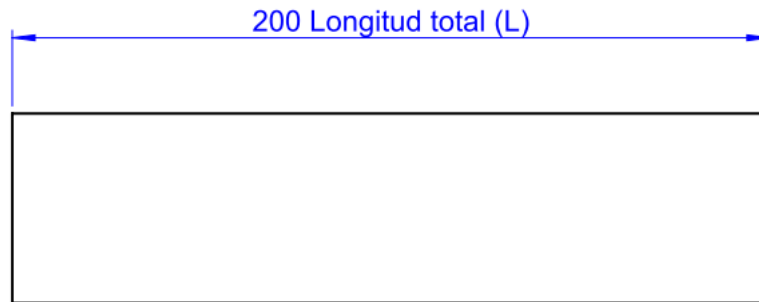


Figura 6. 1 Probeta K para determinar factor K

Fuente: El autor

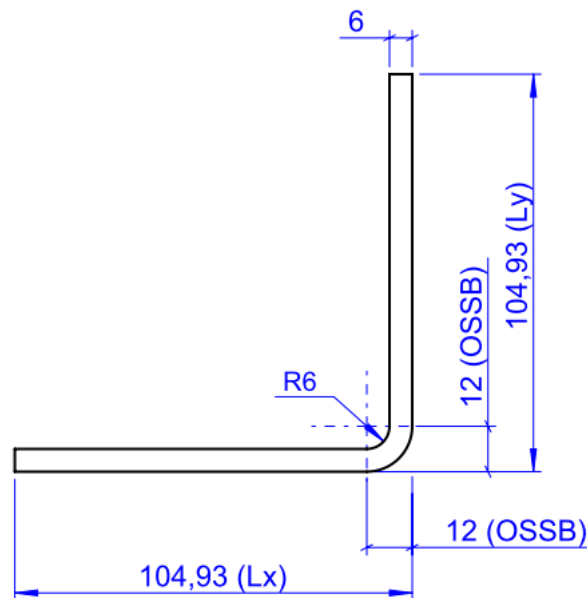


Figura 6. 2 Probeta K plegada

Fuente: El autor

Lo primero que debemos determinar es la deducción de doblado (BD) que es igual

a:

Ecuaciones según (thefabricator.com, 2011)

$$BD = Lx + Ly - L$$

Donde:

$$BD = \text{Deducción de doblado}$$

$Lx = \text{Longitud } x$

$Ly = \text{Longitud } y$

$$BD = 104.93 + 104.93 - 200$$

$$BD = 9.86\text{mm}$$

Posteriormente deducimos la tolerancia de doblado (BA) que es igual:

$$BA = 2(OSSB) - BD$$

Donde:

$OSSB = \text{Longitud interior del doblado (Outside Setback)}$

$$BA = 2(12) - 9.86$$

$$BA = 14.14 \text{ mm}$$

Por medio de galgas se determinó que el radio interior de pliegue es de 6 mm

$$R = 6\text{mm}$$

Deducción del factor K

$$K = \frac{-R + \left(\frac{BA}{\frac{(\pi * 90)}{180}} \right)}{t}$$

Donde:

$K = \text{Factor } K$

$R = \text{Radio}$

$t = \text{espesor}$

$$K = \frac{-6 + \left(\frac{14.14}{1.57}\right)}{6}$$

$$K = 0.5$$

Este factor es determinante para poder diseñar pliegues adecuados según la matriz existente en el taller y no desperdiciar material en el corte ya que se obtendrán despliegues exactos en el software de diseño.

6.7. METODOLOGÍA. MODELO OPERATIVO

6.7.1. VERIFICACIÓN DE SEGURIDAD DE LAS COLUMNAS ARMADAS SOMETIDAS A FLEXO-COMPRESIÓN

Para poder determinar que la columna metálica armada es capaz de resistir a todos los esfuerzos a los que está sometido a través de elementos de conexión analizamos todas las cargas externas como cargas muertas.

El diseño no es un análisis exacto como lo es el cálculo, se basa en una serie de iteraciones, suposiciones y consideraciones que deben ser comprobadas en la posterioridad.

Las suposiciones y consideraciones que se tomarán en cuenta se basan en parámetros aproximados resultantes de consultas bibliográficas y técnicas que permitan aproximar dichas consideraciones y suposiciones a valores lo más reales posibles. (Silva & Morales, 2011, pág. 142)

Objetivos

Determinar la resistencia y la rigidez de la estructura metálica conformada por columnas armadas mediante el proceso de soldadura SMAW, además de analizar los parámetros relacionados con el diseño, como son las cargas actuantes a las que va a estar sometida la estructura.

DATOS DE LA ESTRUCTURA

Área entre ejes: (12 m x 48 m) x2: 1152 m²

Área total de la cubierta: 51 m x 26m: 1326 m²

Longitud del arco: 13.2m

Luz: 12 m

Claro: 5 m

Numero de pórticos: 9

Material de la cubierta: Estil panel AR 2000 (Anexo 3)

Ubicación: Puerto Arturo

Aplicación: Cubierta de uso múltiple

Tipo de estructura: Parcialmente Cerrada

Tipo de suelo de sustentación: Intermedio

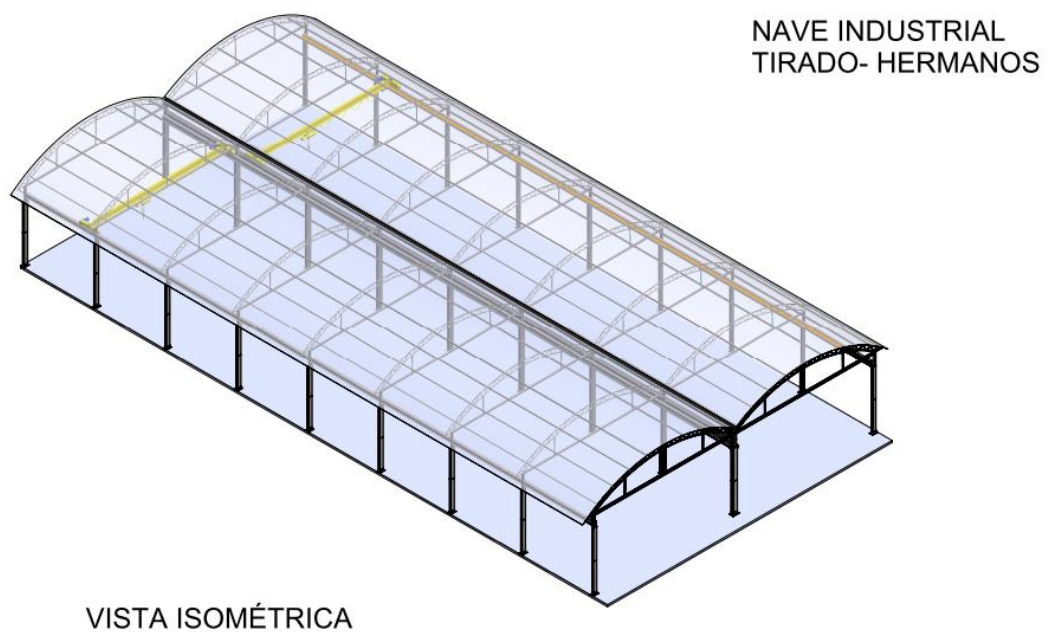


Figura 6. 3 Isométrica de la estructura

Fuente: El autor

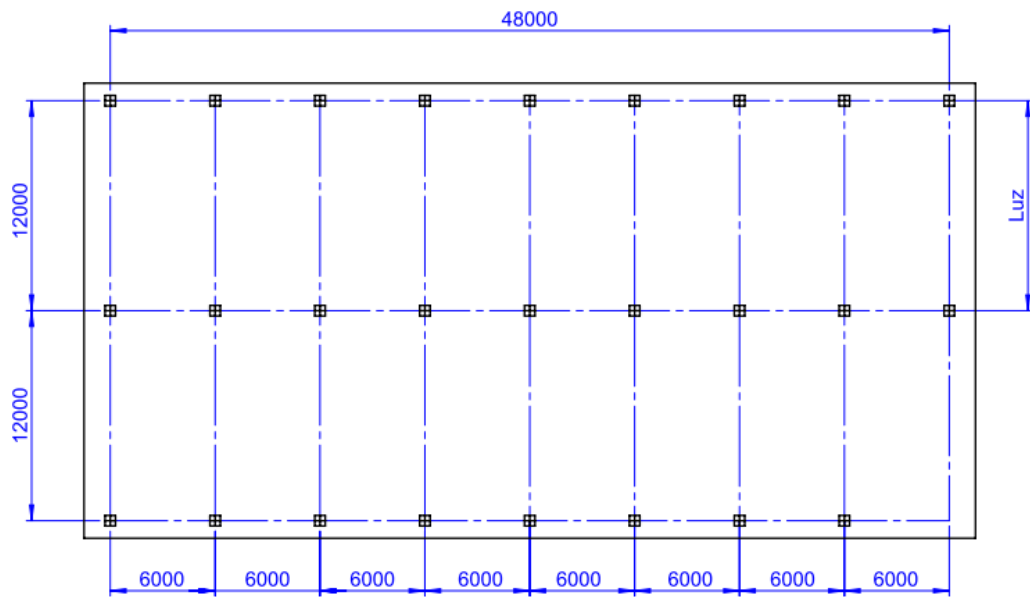


Figura 6. 4 Especificación de la estructura

Fuente: El autor

Inclinación de la cubierta: 30°

Espesor de la Estilpanel: 0.4mm

Ancho útil: 1 m

Peso: 4.35 Kg/m² Según Estil panel AR 2000

Mínima pendiente: 4°

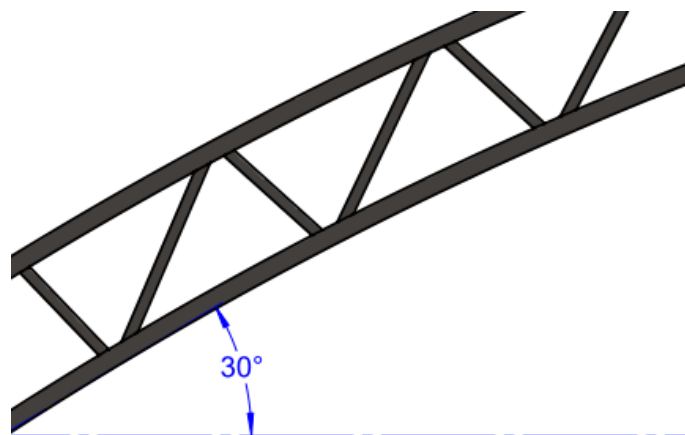


Figura 6. 5 Ángulo de inclinación de la estructura

Fuente: El autor

Angulo según especificaciones de fabricantes de techo

CALCULO DE CARGAS

CARGA MUERTA (D)

DISEÑO DE LAS CORREAS

Una de las principales consideraciones a tomar en cuenta es el factor económico para la selección del tipo de perfil en la estructura metálica

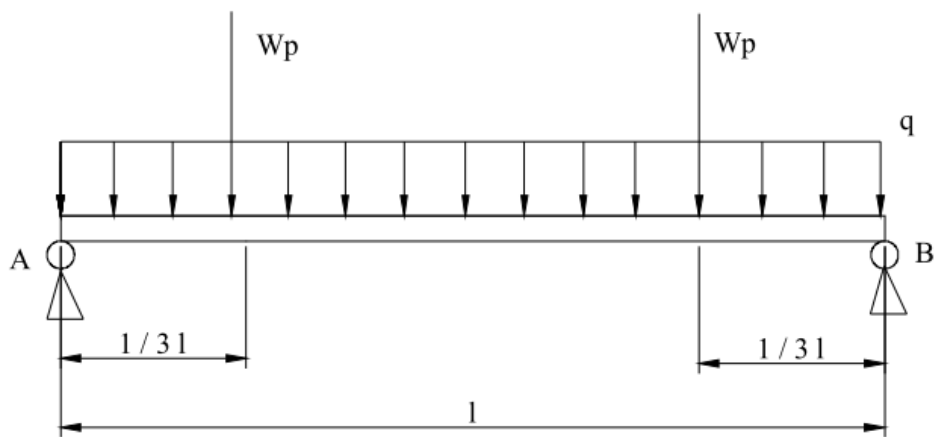


Figura 6. 6 Distribución de cargas para la correa

Fuente: Diseño de una nave Industrial, López Gonzalo

$$M_{max} = \frac{ql^2}{8} + \frac{Wpl}{3}$$

Carga muerta en la correa

$$d = P_{cubierta} = 4.35 \frac{Kg}{m^2}$$

Carga viva en la correa

$$l = R + G + C = 0$$

Entonces

$$q = d + l = 4.35 \frac{Kg}{m^2}$$

Separación entre apoyos 1.5m

$$q = 4.35 \frac{Kg}{m^2} * 1.5m = 6.5 \frac{Kg}{m} = 0.065 \frac{Kg}{cm}$$

Se considera que la instalación del techo se lo realizará por dos personas de aproximadamente 60 Kg ubicadas a 1/3 de la longitud de la viga

$$Wp = 60Kg$$

$$M_{max} = \frac{0.065(600)^2}{8} + \frac{60(600)}{3} = 14925 Kg.cm$$

$$fb = \frac{M_{max}}{W} \leq Fb$$

$fb =$ Esfuerzo maximo de flexión

$Fb =$ Esfuerzo permisible a flexión

$Fb = 0.6 Fy Qs$ (McCormac & Csernak, 2012, pág. 123)

$Qs =$ Factor de pandeo local 0.9 (perfil pequeño)

$Fy = 2500 \frac{Kg}{cm^2}$ Limite de fluencia Acero A36

$$Fb = 0.6 \left(2500 \frac{Kg}{cm^2} \right) * 0.9 = 1350 \frac{Kg}{cm^2}$$

$$\frac{M_{max}}{W_3} = 1350 \frac{Kg}{cm^2} \rightarrow W_3 = \frac{14925Kg.cm}{1350 \frac{Kg}{cm^2}} = 11.07cm^3$$

Seleccionamos un perfil adecuado que nos permita sujetar adecuadamente el techo, que tenga un módulo de sección mayor al calculado y con un costo moderado.

Seleccionamos el perfil 125x50x15x3 cuyo peso es 33.24 Kg en 6m de longitud

$$M_{\text{peso}} = \frac{ql^2}{8} = \left(\frac{5.54 \frac{\text{kg}}{\text{m}}}{8} \right) (6\text{m})^2 = 24.93 \text{kg} \cdot \text{m} = 2493 \text{kg} \cdot \text{cm}$$

$$W_{\text{req}} = \frac{M_T}{F_b} = \frac{(14925 + 2493) \text{kg} \cdot \text{cm}}{1367 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 12.74 \text{cm}^3$$

$$W_{\text{req}} \leq W_3$$

Según la verificación realizada podemos observar que el módulo de sección requerido es menor al tabulado lo que nos indica que el perfil seleccionado cumple con los requerimientos de carga.

Propiedades del perfil 125x50x15x3 (Anexo B3)

Peso es 33.24 Kg en 6m de longitud

Peso total de correas

En la estructura final existe un total de 160 correas de 6m de longitud

$$Peso = \mathbf{5318.4 \text{ kg}}$$

Peso del Pórtico

Datos tomados del software de diseño SolidWorks Licencia N°

Ver pesos Anexo E planos

$$Peso \text{ columna lateral} = 229.5 \text{ kg} \times 2 = 459 \text{ kg}$$

$$Peso \text{ columna central} = 314.5 \text{ kg}$$

$$Peso \text{ cercha} = 135.5 \text{ kg} \times 2 = 271 \text{ kg}$$

$$Peso \text{ conector cerchas} = 9.71 \text{ kg}$$

$$Peso \text{ refuerzo rigidizador} = 133.8 \text{ kg} \times 2 = 267.6 \text{ kg}$$

PESO TOTAL PÓRTICO = 1321.8 kg

Peso de techo estilpanel

Peso: 4.53 Kg/m² Según Estil panel AR 2000

Área del techo = 659.9m²

$$Peso = 659.9m^2 \times 4.53 \frac{kg}{m^2} = 2989 kg \times 2 = \mathbf{5978.69 kg}$$

Peso de las vigas carrileras

Perfil IPE 330

Según software de diseño la viga total tiene un peso de:

$$Peso viga carrilera = 2359 kg \times 4 vigas = \mathbf{9436 kg}$$

Peso de las lámparas

Peso tomado para 4 lámparas por cada pórtico

Peso lámpara ≈ 12 kg

$$Nl = \text{Número de lámparas} = 4 * 16 porticos = 64$$

$$Peso = 64 * 12kg = \mathbf{768 kg}$$

Carga total

$$D = P correas + 18 (P pórtico) + P carrileras + P lámparas + P techo$$

$$D = (5318.4 + 9(1321.8) + 9436 + 768 + 5978.7)kg$$

$$D = 33397.3 kg$$

Por el área total de la cubierta

$$D = \frac{33397.3kg}{1152 m^2} = \mathbf{28.9 \frac{kg}{m^2}}$$

CARGA DE SISMO

Cálculo aplicado según (NEC, 2015)

Cortante basal

$$V = \frac{IS_a}{R \phi_p \phi_E} W$$

Donde:

S_a = *Espectro de diseño en aceleración*

$\phi_p \phi_E$ = *Coeficientes de configuración en planta y elevación*

I = *Coeficiente de importancia*

R = *Factor de reducción de resistencia sísmica*

V = *Cortante basal total de diseño*

W = *Carga sísmica reactiva*

Primero se determina el periodo de vibración

$$T = C_t h_n^\alpha$$

Donde:

C_t = *Coeficiente que depende del tipo de edificio*

h_n = *Altura máxima de la edificación de n pisos*

T = *Periodo de vibración*

Entonces:

$$h_n = 8 \text{ m}$$

Tipo de estructura	C_t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.055	0.75

Figura 6. 7 Valores de C_t

Fuente: (NEC, 2015)

Al ser una estructura sin arriostramientos seleccionamos:

$$C_t = 0.072$$

$$\alpha = 0.8$$

$$T = (0.072)(8)^{0.8}$$

$$T = 0.38$$

Periodo límite de vibración T_c

$$T_c = 0.55 F_s \frac{F_d}{F_a}$$

Donde:

F_a = Coeficiente de amplificación del suelo en la zona de periodo corto

F_d = Coeficiente de amplificación del suelo

F_s = Coeficiente comportamiento no lineal

Para determinar este periodo es necesario conocer el tipo de suelo que está dado en la tabla 2 correspondiente a la clasificación de los perfiles de suelo de la NEC (Anexo 5)

Ademas es necesario conocer la zona sismica por lo que nos basamos en la tabla 1 correspondiente a valores del factor Z en funcion de la zona sismica adoptada de la NEC 2015 (Anexo 6)

Se determino el suelo tipo D y una zona sismica tipo V equivalente a 0.40 con una caracterizacion del peligro sismico alto, todo esto de acuerdo a las características del suelo donde se ubicó la estructura.

Coficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto F_a

$$F_a = 1.2 \text{ Según (Anexo 7)}$$

Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca F_d

$$F_d = 1.19 \text{ Según (Anexo 7)}$$

Comportamiento no lineal de los suelos F_s

$$F_s = 1.28 \text{ (Anexo 8)}$$

Entonces:

$$T_c = 0.55(1.28) \frac{1.19}{1.2}$$

$$T_c = 0.69$$

Espectro de diseño de aceleración

$$S_a = nZF_a \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_c$$

Donde:

n = *razon entre la aceleracion espectral*

Z = *aceleración maxima en roca esperada para el sismo de diseño*

$$S_a = ZF_a$$

Razón entre la aceleración espectral

$$n = 2.48 \text{ (Anexo 9)}$$

Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño

$$Z = 0.4 \text{ (Anexo 10)}$$

Entonces:

$$S_a = 2.48 * 0.4 * 1.2$$

$$S_a = 1.19$$

Ahora el cortante basal

$$V = \frac{IS_a}{R \phi_p \phi_E} W$$

Coefficiente de regularidad en planta ϕ_P

$$\phi_p = 1 \text{ (Anexo 11)}$$

Coefficiente de regularidad en elevación ϕ_E

$$\phi_E = 1 \text{ (Anexo 11)}$$

Factor de reducción de resistencia sísmica

$$R = 8 \text{ (Anexo 12)}$$

Coefficiente de importancia

$$I = 1 \text{ (Anexo 13)}$$

$$V = \frac{1(1.19)}{8 * 1 * 1} W$$

$$V = 0.148 W \text{ kg}$$

Donde:

$W = D + 0.25 L$ Según (NEC, Peligro Sismico, Diseño Sismo resistente, 2015, pág. 55)

El valor de carga viva es de 0.7 KN/m² según anexo B16

Donde:

$$D = \text{carga muerta} = 28.9 \frac{kg}{m^2}$$

$$L = \text{carga viva} = 71 \frac{kg}{m^2}$$

$$W = 46.65 \frac{kg}{m^2}$$

Carga aplicada (Cortante Basal)

$$V = 6.9 \frac{kg}{m^2} = 0.0069 \frac{Tn}{m^2}$$

CARGAS DE VIENTO

Velocidad instantánea máxima del viento

La velocidad de diseño para viento hasta 10 m de altura será la adecuada a la velocidad máxima para la zona de ubicación de la edificación, pero no será menor a 21m/s (75 km/h).

Velocidad corregida del viento

La velocidad instantánea máxima del viento se multiplicará por un coeficiente de corrección σ que depende de la altura y de las características topográficas y/o de edificación del entorno (nivel de exposición al viento), de acuerdo con la Tabla 5 de la NEC. (Anexo 14)

$$V_b = V \cdot \sigma$$

Donde:

$V_b = \text{velocidad corregida del viento en m/s}$

$V = \text{velocidad máxima del viento en m/s, a 10 m de altura}$

$\sigma = \text{Coeficiente de corrección}$

La velocidad del viento fue tomada de la base de datos del INAMHI en el sector de Cunchibamba donde se ubica la estructura metálica, los datos corresponden a la última actualización publicada en el 2012

Se tomó el valor del mes que mayor velocidad fue registrada perteneciente al mes de Julio con un valor de 12m/s según el (Anexo 15).

El coeficiente de corrección para la velocidad es igual a:

$\sigma = 1$ Según (Anexo 14) aplicado para edificaciones sin obstrucción

Entonces:

$$V_b = V \cdot \sigma$$

$$V_b = 12 \text{ m/s} * 1$$

$$V_b = 12 \text{ m/s}$$

Presión del viento

Para determinar la presión que ejerce el viento sobre la estructura se aplica el siguiente proceso tomado de (Silva & Morales, 2011, pág. 152)

Donde:

$$Wv = C_e * C_q * q_s * I_w$$

$$q_s = 0.0637 * V_b^2 = 0.0637 * \left(12 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2$$

$$q_s = 9.17 \frac{kg}{m^2}$$

$$C_e = 1.54$$

$$C_q = 0.8$$

$$I_w = 1.15$$

$$W_v = 1.54 * 0.8 * 9.17 \frac{kg}{m^2} * 1.15$$

$$W_v = 13 \frac{kg}{m^2}$$

CARGA DE DISEÑO

Según el análisis en software de elementos finitos se determinó los siguientes momentos necesarios para poder verificar la resistencia de la columna soldada, el análisis se realizó por asignación de áreas cooperantes.

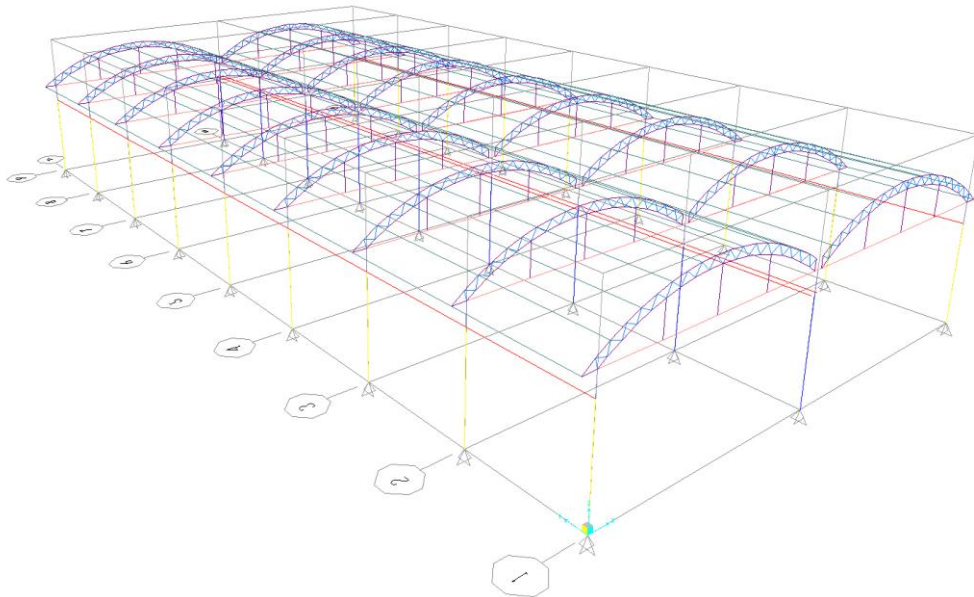


Figura 6. 8 Análisis estructural por medio de software de elementos finitos

Fuente: El autor

ASIGNACIÓN DE CARGAS

Para la asignación de cargas se determinó el área cooperante para cada columna y en cada una se aplica la carga calculada en la combinación más crítica de carga muerta y viva, esto tanto en la parte lateral de la estructura como en la parte frontal y central de la misma.

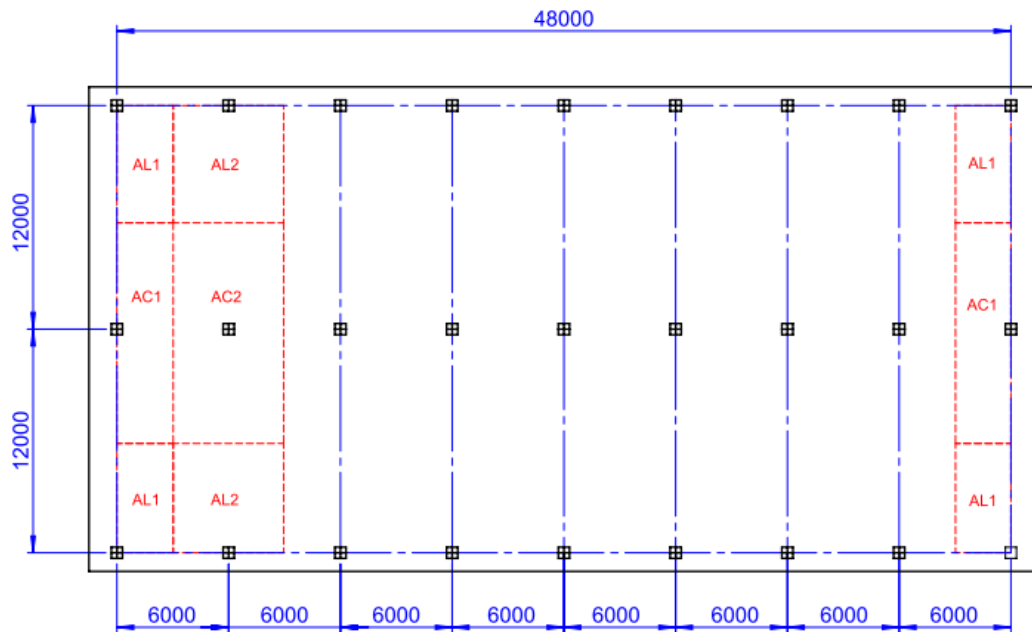


Figura 6. 9 Áreas cooperantes para cada columna

Fuente: El autor

$AL\ 1 = \text{Área lateral 1}$

$AL\ 2 = \text{Área lateral 2}$

$AC\ 1 = \text{Área central 1}$

$AC\ 2 = \text{Área central 2}$

Para determinar la carga aplicada se multiplica el cortante basal (V) por el área cooperante de cada columna según esto tenemos:

$$V = 6.9 \frac{kg}{m^2} = 0.0069 \frac{Tn}{m^2}$$

CARGAS EN COLUMNAS LATERALES DIRECCION EN X

Tabla 6. 1 Cargas aplicadas en columnas laterales dirección X

Columnas Laterales	Área cooperante(m ²)	Carga aplicada (ton/m ²)
1	18 (AL1)	0,124
2	36 (AL2)	0,249
3	36 (AL2)	0,249
4	36 (AL2)	0,249
5	36 (AL2)	0,249
6	36 (AL2)	0,249
7	36 (AL2)	0,249
8	36 (AL2)	0,249
9	18 (AL1)	0,124

Fuente: El autor

La asignación de las cargas laterales corresponde al lado derecho como al izquierdo de la estructura.

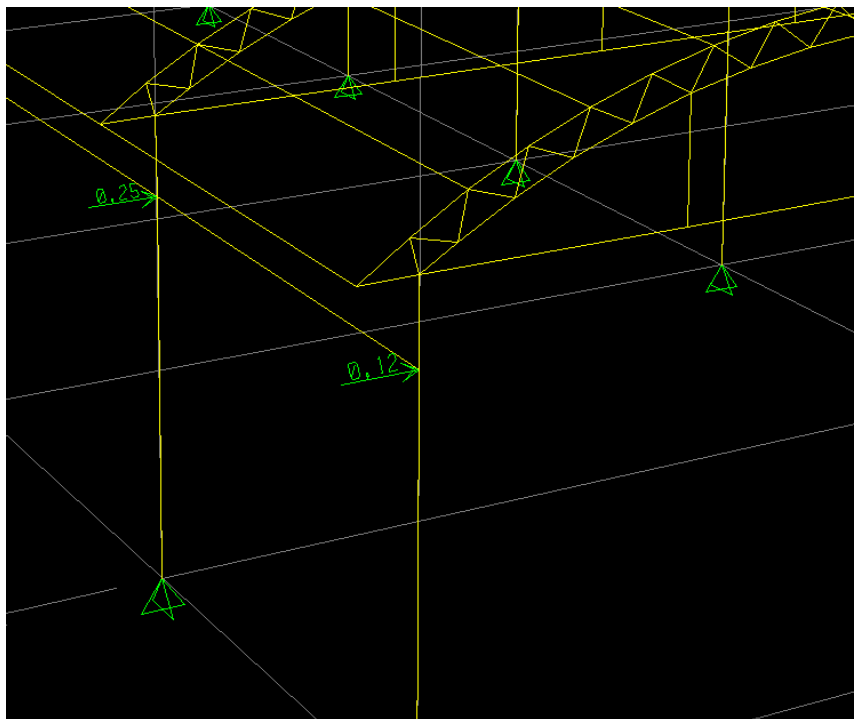


Figura 6. 10 Asignación de cargas en columnas laterales dir. x

Fuente: El autor

Para ubicar las cargas frontales en el sentido Y se verificó que la carga sísmica sea menor que la carga de viento en este punto, en donde se utiliza el área equivalente en este punto igual a la altura de la estructura y la distancia útil de la columna lateral, entonces:

$$AF 1 = h * luz(\text{Area lateral frontal izquierda y derecha})$$

$$AF 1 = (8.12 * 6)m/2 = 24.36m^2$$

$$AF 2 = h * luz(\text{Area central frontal})$$

$$AF 2 = (8.12 * 24)m/2 = 97.44 m^2$$

Estas áreas son afectadas por las cargas de viento, obtenemos la carga en cada columna multiplicando el área mencionada por la carga de viento.

$$Wv = 13 \frac{kg}{m^2}$$

Tabla 6. 2 Cargas frontal de la estructura

Columnas frontales	Área cooperante(m ²)	Carga aplicada (ton/m ²)
1	24.36	0,316
2	97.44	1.266
3	24.36	0,316

Fuente: El autor

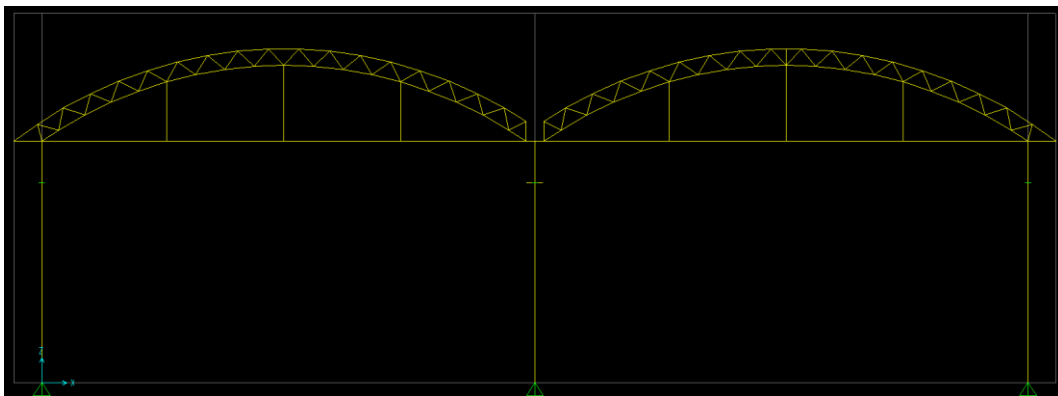


Figura 6. 11 Áreas afectadas por el viento

Fuente: El autor

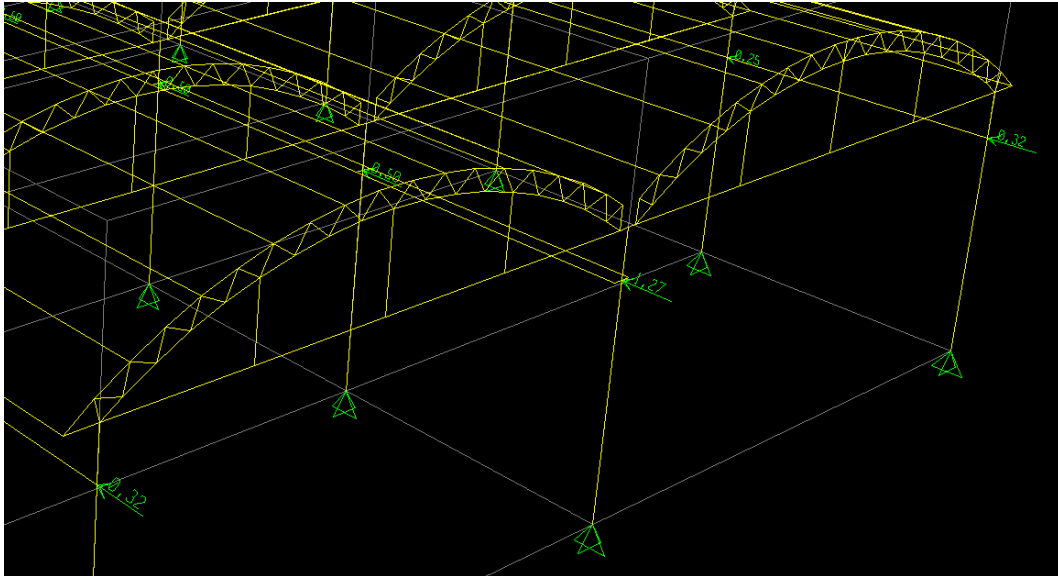


Figura 6. 12 Cargas aplicadas en la parte frontal de la estructura

Fuente: El autor

CARGAS EN COLUMNAS LATERALES DIRECCIÓN EN Y

Tabla 6. 3 Cargas aplicadas en columnas laterales dirección Y

Columnas Laterales	Área cooperante(m ²)	Carga aplicada (ton/m ²)
1	24.36 (AF1)	0,316
2	36 (AL2)	0,249
3	36 (AL2)	0,249
4	36 (AL2)	0,249
5	36 (AL2)	0,249
6	36 (AL2)	0,249
7	36 (AL2)	0,249
8	36 (AL2)	0,249
9	24.36 (AF1)	0,316

Fuente: El autor

CARGAS EN COLUMNAS CENTRALES DIRECCION EN X

Tabla 6. 4 Cargas aplicadas en columnas centrales dirección X

Columnas Laterales	Área cooperante(m ²)	Carga aplicada (ton/m ²)
1	36 (AC1)	0,248
2	72 (AC2)	0,497
3	72 (AC2)	0,497
4	72 (AC2)	0,497
5	72 (AC2)	0,497
6	72 (AC2)	0,497
7	72 (AC2)	0,497
8	72 (AC2)	0,497
9	36 (AC1)	0,248

Fuente: El autor

La asignación de las cargas presente en la tabla corresponde a las columnas de la parte central de la estructura como se muestra en la imagen.

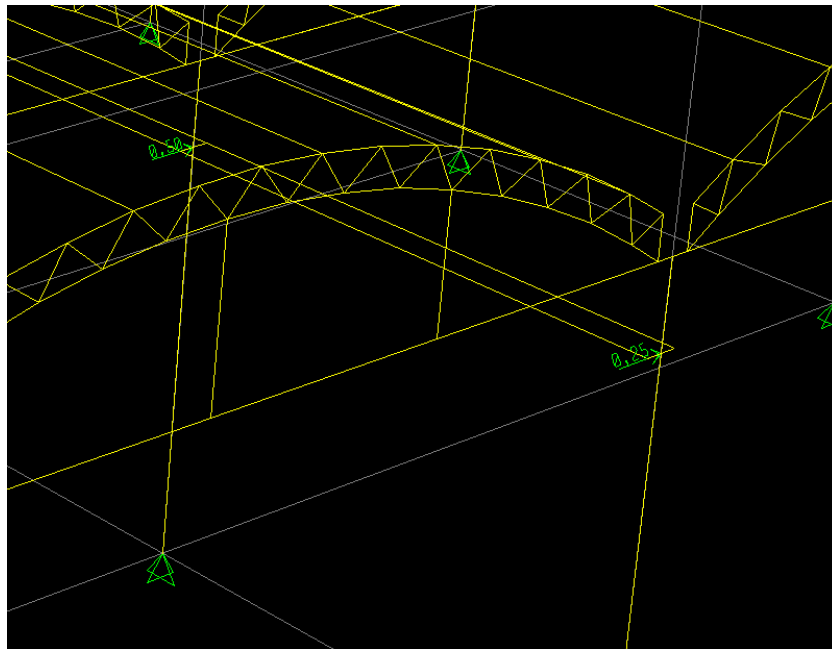


Figura 6. 13 Asignación de cargas en columnas centrales dir. x

Fuente: El autor

CARGAS EN COLUMNAS CENTRALES DIRECCION EN Y

Tabla 6. 5 Cargas aplicadas en columnas centrales dirección Y

Columnas Laterales	Área cooperante(m ²)	Carga aplicada (ton/m ²)
1	97.44 (AF2)	1,266
2	72 (AC2)	0,497
3	72 (AC2)	0,497
4	72 (AC2)	0,497
5	72 (AC2)	0,497
6	72 (AC2)	0,497
7	72 (AC2)	0,497
8	72 (AC2)	0,497
9	97.44 (AF2)	1,266

Fuente: El autor

Las cargas mostradas en la tabla representan los valores asignados a las columnas centrales de la estructura como se muestra en la imagen.

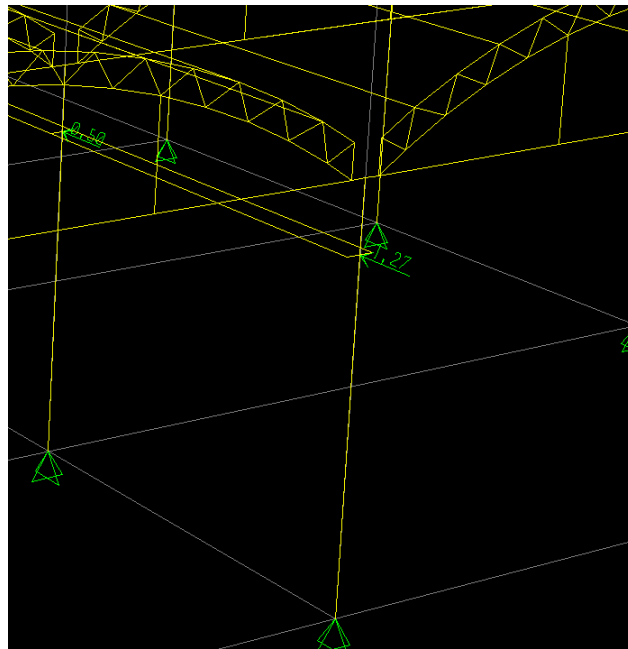


Figura 6. 14 Asignación de cargas en columnas centrales dir. y

Fuente: El autor

En el software se ingresaron las cargas de sismo, las cargas de viento y la carga muerta que es la combinación más crítica, así determinar la resistencia de cada elemento y obtener los momentos flexionantes en el codo de la columnas para poder verificar la resistencia a flexo compresión.

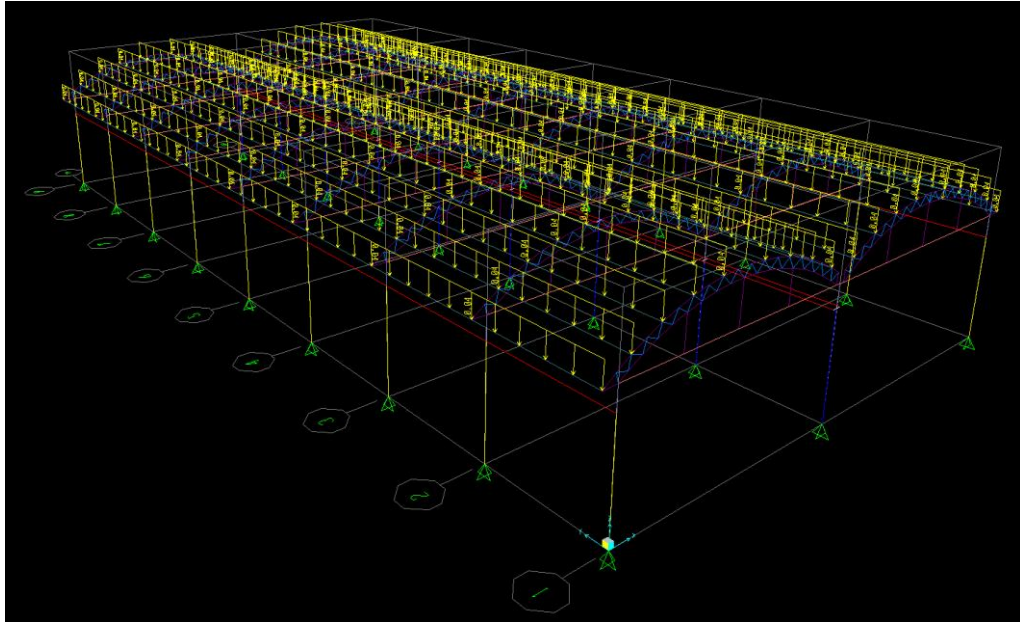


Figura 6. 15 Asignación de cargas distribuidas

Fuente: El autor

Carga muerta distribuida aplicada en la estructura. Aplicada en la correas distancia de separación 1.5 m entre sí.

$$D = \text{carga muerta} = 28.9 \frac{kg}{m^2}$$

$$\text{Carga asignada} = 0.0433 \frac{Ton}{m^2}$$

$$L = \text{carga viva} = 70 \frac{kg}{m^2}$$

$$\text{Carga asignada} = 0.105 \frac{Tn}{m^2}$$

ASIGNACIÓN CARGA MUERTA

$$Carga\ asignada = 0.0433 \frac{Ton}{m^2}$$

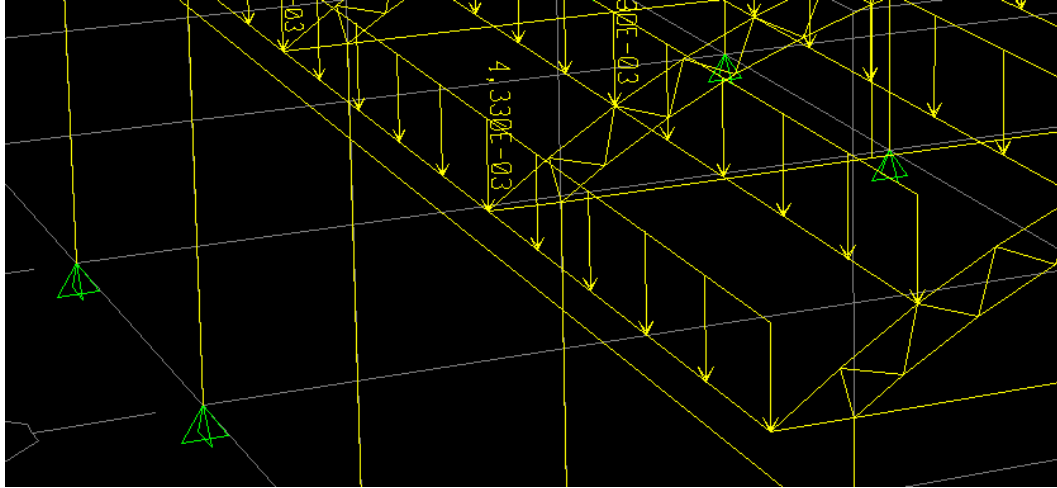


Figura 6. 16 Asignación de carga muerta

Fuente: El autor

ASIGNACION CARGA MUERTA

$$Carga\ asignada = 0.105 \frac{Tn}{m^2}$$

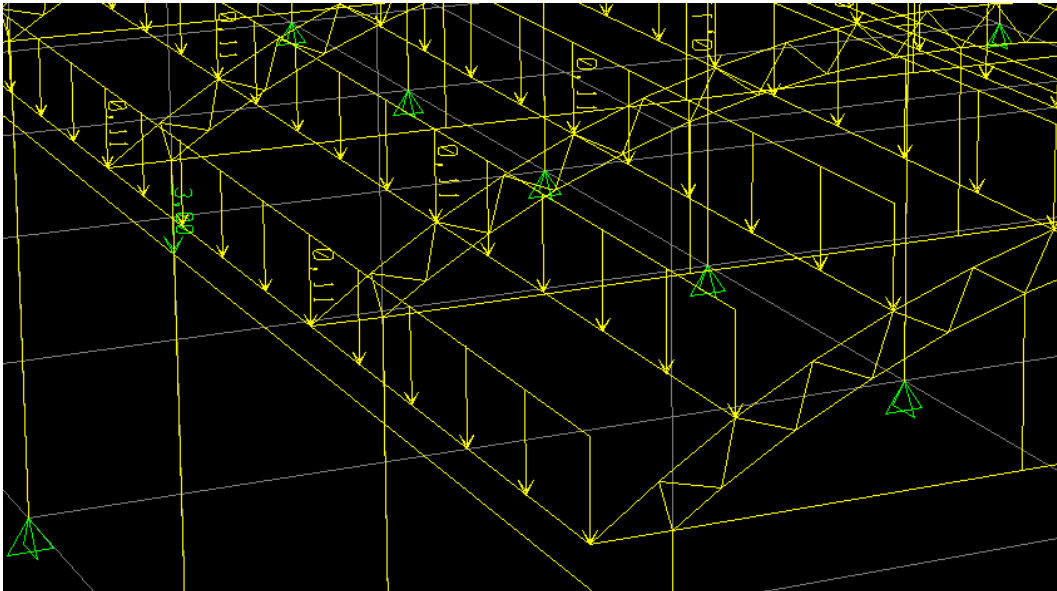


Figura 6. 17 Asignación de carga viva

Fuente: El autor

Resultados de análisis estructural

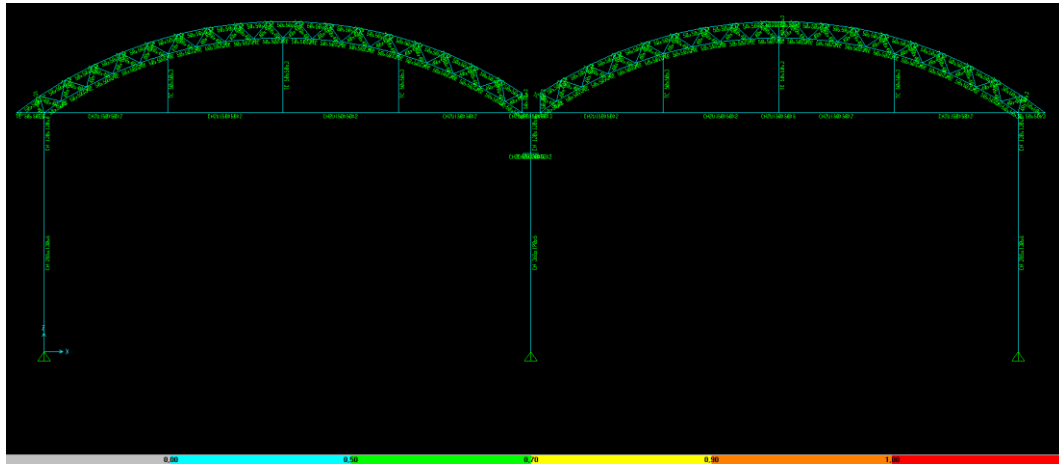


Figura 6. 18 Resultados de análisis de carga en elementos

Fuente: El autor

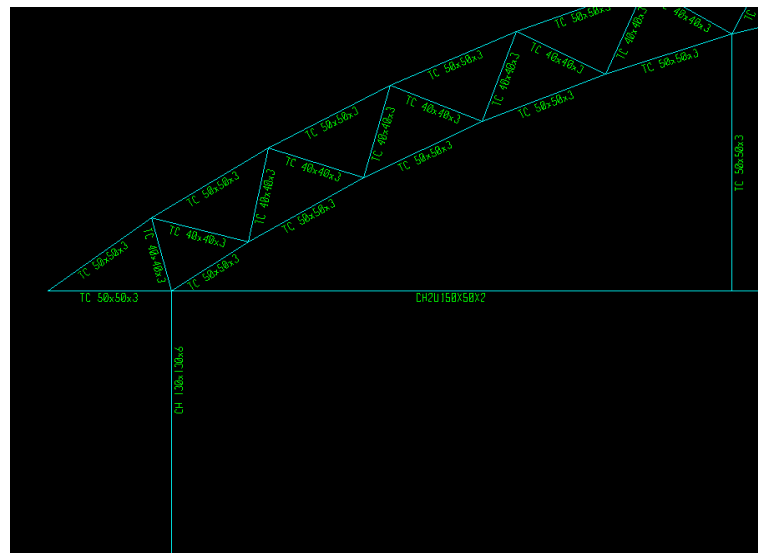


Figura 6. 19 Resultados de análisis en nodo de la estructura

Fuente: El autor

Según el análisis estructural se verificó que la estructura no falla por cargas muertas y vivas, después de esto se verificó en que columna existe mayor esfuerzo y a esta se le asignó el valor de carga del puente grúa como también el peso del puente grúa

$$\text{Valor de carga del puente grúa} = 2Tn$$

$$\text{Peso del puente grúa} = 2Tn \text{ (Ver Anexo E)}$$

Asignación de carga en la tercera columna con un peso de 3 Tn ya que el peso del puente se reparte en dos columnas y el de la carga cuando el polipasto se encuentra más cercano a la columna

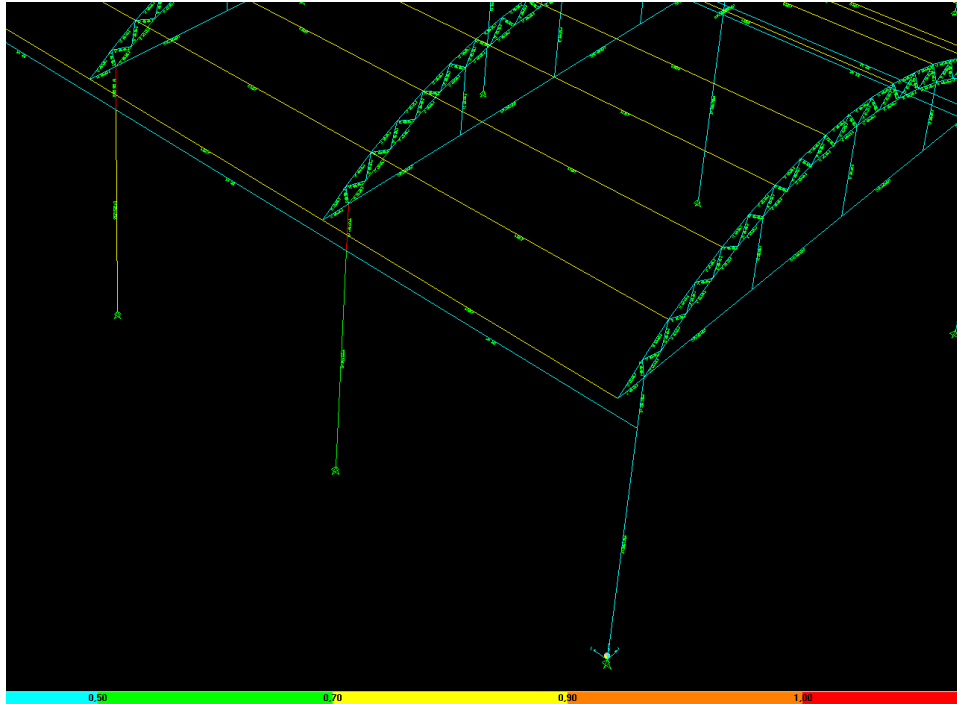


Figura 6. 20 Asignación de carga del puente grúa en columna

Fuente: El autor

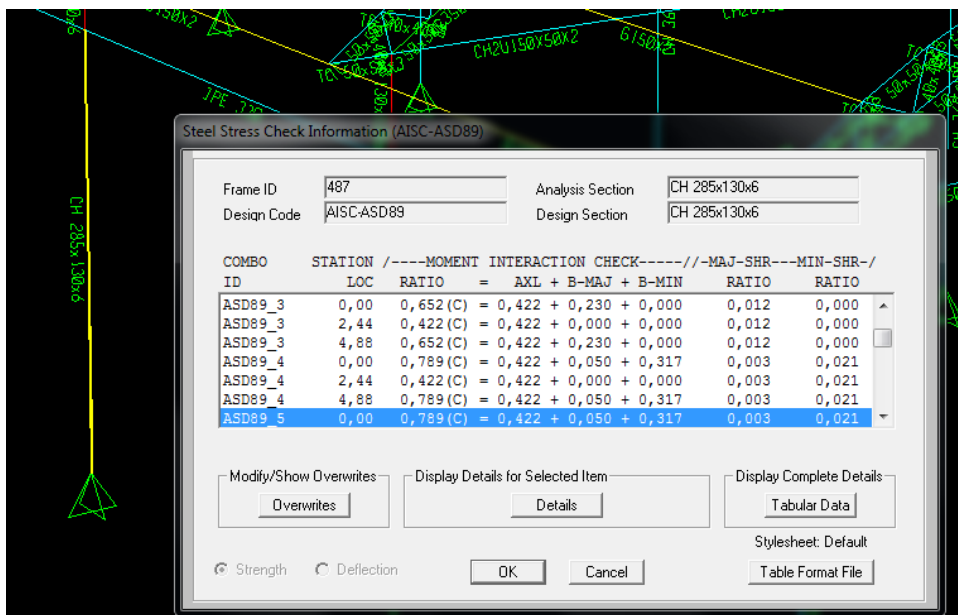


Figura 6. 21 Resultado del esfuerzo máximo en la estructura

Fuente: El autor

Resultados de esfuerzos en columna armada

Fuerza axial

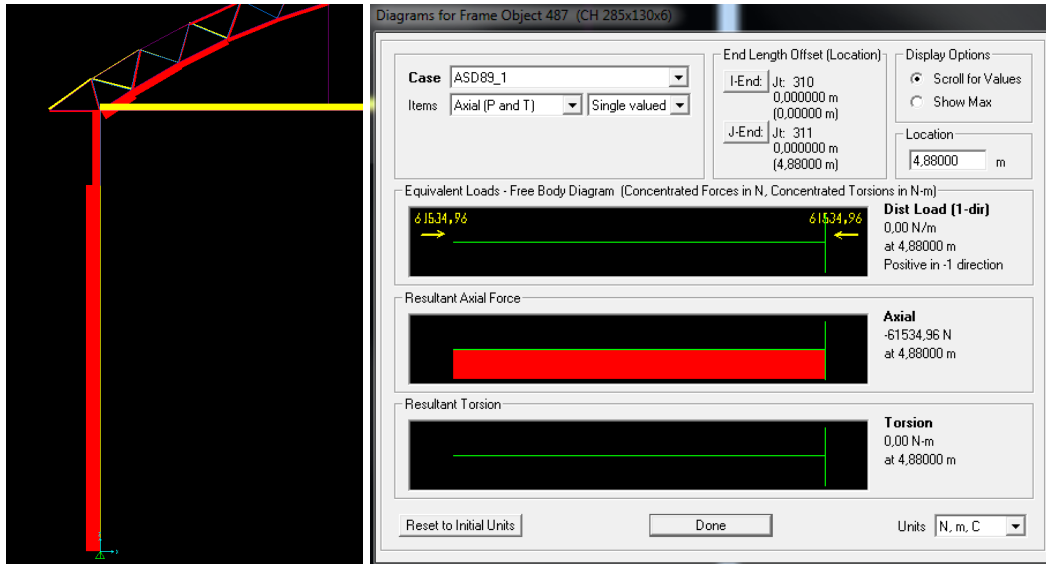


Figura 6. 22 Fuerza axial en columna

Fuente: El autor

Fuerza Axial = 61534 N

Momento en el codo de la columna en dirección Y (Myy)

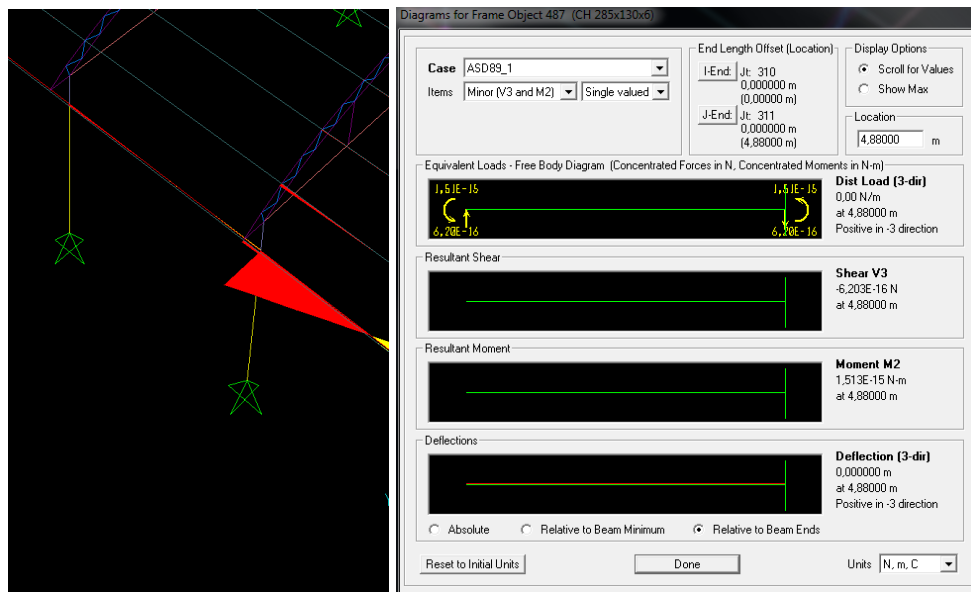


Figura 6. 23 Fuerza axial en columna

Fuente: El autor

$$M_{yy} = 1.51 \times 10^{-15} \text{ N.m}$$

Momento en el codo de la columna en dirección Y (M_{xx})

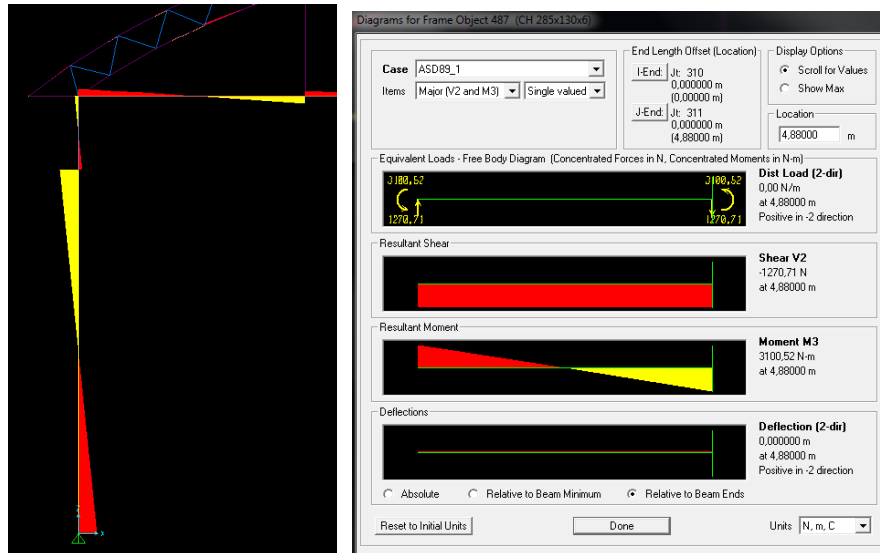


Figura 6. 24 Fuerza axial en columna

Fuente: El autor

$$M_{xx} = 3100.52 \text{ N.m}$$

VERIFICACIÓN DE RESISTENCIA EN LA COLUMNA

Para el diseño de la columna se tomó en cuenta la optimización de la plancha de tol a ser plegada, donde de cada plancha se obtiene el perfil para una columna lateral y del restante de la misma se lo utiliza para una sección de la columna central, las dimensiones de la columna lateral se muestra en la figura 6.17

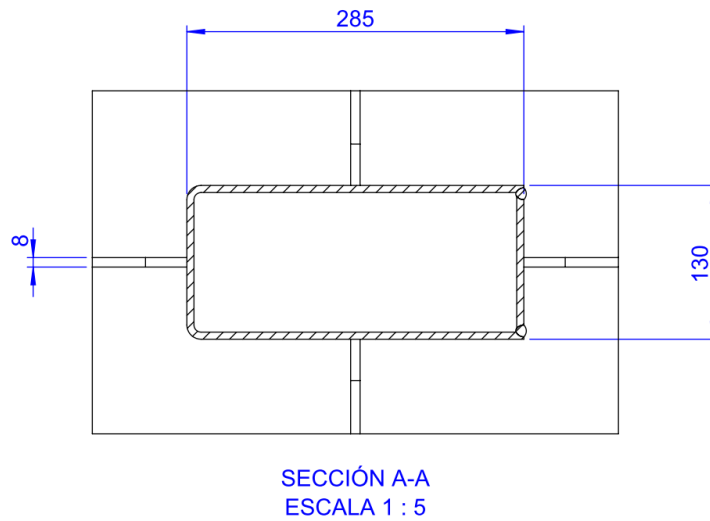


Figura 6. 25 Dimensiones de la columna principal de estudio

Fuente: El autor

Para poder determinar la resistencia a flexo compresión en la columna utilizamos la ecuación presentada en la AISC ASD 89 Capitulo H esfuerzos combinados pág. 5-54 (Anexo B17)

Donde:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx}f_{bx}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_{ex}}\right)F_b} + \frac{C_{my}f_{by}}{\left(1 - \frac{f_a}{F_{ey}}\right)F_b} \leq 1$$

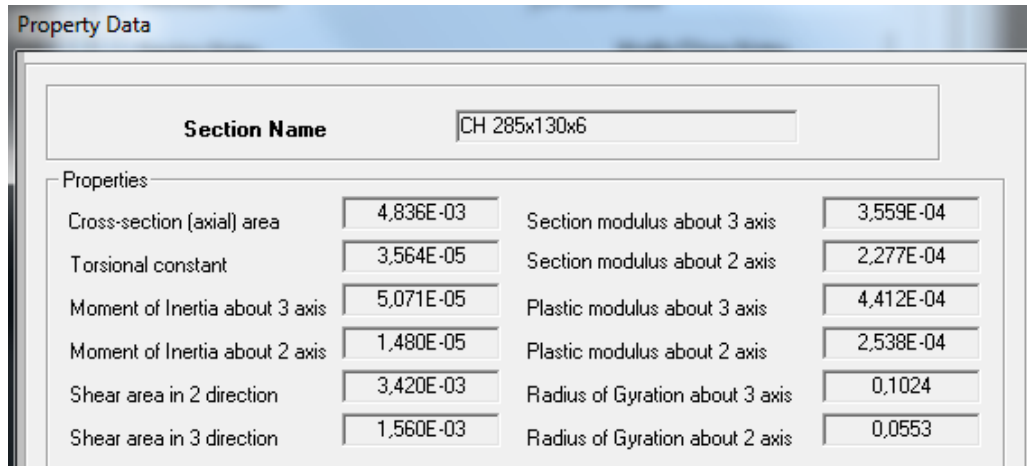
Acero ASTM A-36

$F_a =$ Resistencia a la tracción = 400 Mpa

$F_b =$ Resistencia a la Fluencia = 250 Mpa

$f_a =$ Fuerza axial ejercida = 61534 N

Propiedades de la sección de la columna analizada



Section Name: CH 285x130x6			
Properties			
Cross-section (axial) area	4.836E-03	Section modulus about 3 axis	3.559E-04
Torsional constant	3.564E-05	Section modulus about 2 axis	2.277E-04
Moment of Inertia about 3 axis	5.071E-05	Plastic modulus about 3 axis	4.412E-04
Moment of Inertia about 2 axis	1.480E-05	Plastic modulus about 2 axis	2.538E-04
Shear area in 2 direction	3.420E-03	Radius of Gyration about 3 axis	0.1024
Shear area in 3 direction	1.560E-03	Radius of Gyration about 2 axis	0.0553

Figura 6. 26 Propiedades de sección de la columna

Fuente: Software de elementos finitos

$$r_x = 0.102 \text{ m}$$

$$r_y = 0.0553 \text{ m}$$

$$S_{xx} = 3.55 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$S_{yy} = 2.27 \times 10^{-4} \text{ m}^3$$

Esfuerzo Axial

$$f_a = \frac{F}{A} = \frac{61534}{4.83 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$$

$$f_a = 12.73 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Esfuerzo de Flexión

Esfuerzo flexionante en dirección Y

$$f_{by} = \frac{M_{yy}}{S_{yy}} = \frac{1.51 \times 10^{-15} \text{ N.m}}{2.27 \times 10^{-4} \text{ m}^3}$$

$$f_{by} = 6.65 \times 10^{-12} \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Esfuerzo flexionante en dirección X

$$f_{bx} = \frac{M_{xx}}{S_{xx}} = \frac{3100.52 \text{ N.m}}{3.55 \times 10^{-4} \text{ m}^3}$$

$$f_{bx} = 8.73 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

La siguiente expresión muestra cómo puede determinarse F_c , el esfuerzo de pandeo por flexión de una columna, donde primero verificamos la esbeltez

$$C_c = 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 \sqrt{\frac{200 \times 10^9 \text{ Pa}}{250 \times 10^6 \text{ Pa}}}$$

$$C_c = 133$$

Ahora;

Usualmente se toma $K=1$ para estructuras armadas independientemente si las conexiones son soldadas, empernadas o remachadas según (Estévez, 2008, pág. 54)

$$\frac{KL}{r_x} = \frac{1 * 4.88 \text{ m}}{0.1024 \text{ m}} = 39$$

$$\frac{KL}{r_y} = \frac{1 * 4.88 \text{ m}}{0.0553 \text{ m}} = 88$$

Por lo tanto:

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

Como es menor utilizamos la ecuación de esfuerzo elástico dado por (McCormac & Csernak, 2012, pág. 149)

$$F_{ex} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r_x}\right)^2} = \frac{\pi^2 (200 \times 10^9 \text{ Pa})}{(39)^2} = 1.3 \text{ Gpa}$$

$$F_{ey} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r_y}\right)^2} = \frac{\pi^2 (200 \times 10^9 \text{ Pa})}{(88)^2} = 254 \text{ Mpa}$$

Factores de traslación en junta (Anexo B17)

$$C_{mx} = 0.85$$

$$C_{my} = 0.85$$

Entonces:



$$\frac{fa}{Fa} + \frac{C_{mx} f_{bx}}{\left(1 - \frac{fa}{F_{ex}}\right) F_b} + \frac{C_{my} f_{by}}{\left(1 - \frac{fa}{F_{ey}}\right) F_b} \leq 1$$

$$\frac{12.73 \times 10^6 \frac{N}{m^2}}{400 \times 10^6 \frac{N}{m^2}} + \frac{(0.85) 8.73 \times 10^6 \frac{N}{m^2}}{\left(1 - \frac{12.73 \times 10^6 \frac{N}{m^2}}{1.3 \times 10^9 \frac{N}{m^2}}\right) 250 \times 10^6 \frac{N}{m^2}} + \frac{(0.85) 6.65 \times 10^{-12} \frac{N}{m^2}}{\left(1 - \frac{12.73 \times 10^6 \frac{N}{m^2}}{254 \times 10^6 \frac{N}{m^2}}\right) 250 \times 10^6 \frac{N}{m^2}} \leq 1$$

$$0.03 + 0.029 + 0.002 \leq 1$$

Sumatoria de esfuerzos combinados = 0.061 ≤ 1 columna **OK**

6.7.2. PROCEDIMIENTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE COLUMNAS ARMADAS TIPO CAJÓN SEGÚN AWS D1.1

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA. CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA.	
Procedimiento para la construcción de columnas armadas tipo cajón según NEC y AWS D1.1		
Lugar de ejecución:		Metal Mecánica Tirado Hermanos
Soldador: Ing. José Tirado	Fecha: 16/04/2015	Revisión.00
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Juan Muquinche	Ing. Mg. Henry Vaca.	Ing. Mg. Henry Vaca.
<p>1.- OBJETIVO</p> <p>Implementar procedimientos técnicos en la empresa METAL MECANICA ANTONIO TIRADO para la construcción de columnas armadas tipo cajón para estructuras metálicas según normativa NEC y AWS D1.1 en lo referente a procedimientos adecuados de soldadura.</p> <p>2.- ALCANCE</p> <p>El procedimiento presentado es aplicable en el campo de estructuras metálicas para la construcción de columnas plegadas armadas en chapa metálica previo análisis estructural y diseño de la misma.</p> <p>3.- DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA</p> <p>El presente procedimiento se sustenta en lo enunciado en el capítulo 2 de la investigación que hace referencia a normas aplicables al proyecto como la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción), la AWS D1.1 para soldadura en estructuras metálicas.</p>		



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Y MECÁNICA.



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA.

Procedimiento para la construcción de columnas armadas tipo cajón según NEC y AWS D1.1

Lugar de ejecución:	Metal Mecánica Tirado Hermanos	
Soldador: Ing. José Tirado	Fecha: 16/04/2015	Revisión.00
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Juan Muquinche	Ing. Mg. Henry Vaca.	Ing. Mg. Henry Vaca.

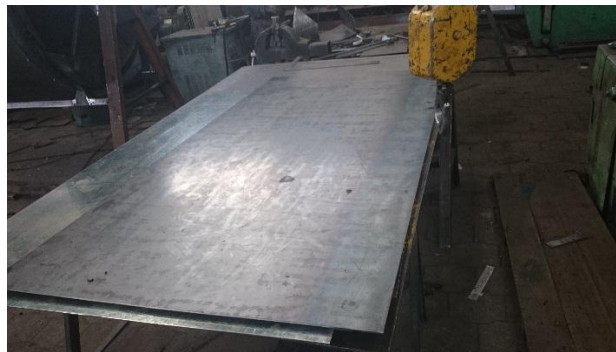
4.- GENERALIZACIÓN

Las columnas armadas metálicas reemplazan a las columnas tradicionales de hormigón principalmente por la reducción de tiempo de montaje y ensamblaje de la estructura en trabajos que se los realiza en campo.

5.- REALIZACIÓN

Para la construcción de las columnas armadas se tomó en cuenta el tipo de material a utilizar según la factibilidad comercial y previo al análisis estructural para seleccionar el espesor de las chapas metálicas.

a) Adquisición del material y desmontaje del mismo en la planta



Desmontaje de material

Fuente: Autor



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Y MECÁNICA.



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA.

Procedimiento para la construcción de columnas armadas tipo cajón según NEC
y AWS D1.1

Lugar de ejecución:	Metal Mecánica Tirado Hermanos	
Soldador: Ing. José Tirado	Fecha: 16/04/2015	Revisión.00
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Juan Muquinche	Ing. Mg. Henry Vaca.	Ing. Mg. Henry Vaca.

b) Corte del material según dimensiones utilizadas en el análisis de optimización de material



Desmontaje de material

Fuente: Autor

c) Señalamiento de las dimensiones en las planchas para realizar los pliegues



Matriz de plegado

Fuente: Autor



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Y MECÁNICA.



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA.

Procedimiento para la construcción de columnas armadas tipo cajón según NEC
y AWS D1.1

Lugar de ejecución:	Metal Mecánica Tirado Hermanos	
Soldador: Ing. José Tirado	Fecha: 16/04/2015	Revisión.00
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Juan Muquinche	Ing. Mg. Henry Vaca.	Ing. Mg. Henry Vaca.

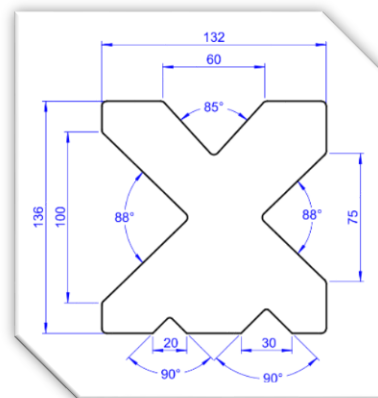
d) Ubicación de las planchas en la mesa previas al pliegue



Matriz de plegado

Fuente: Autor

Dimensiones de la matriz utilizada para plegar



Matriz de plegado

Fuente: Autor



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Y MECÁNICA.



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA.

Procedimiento para la construcción de columnas armadas tipo cajón según NEC
y AWS D1.1

Lugar de ejecución:	Metal Mecánica Tirado Hermanos	
Soldador: Ing. José Tirado	Fecha: 16/04/2015	Revisión.00
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Juan Muquinche	Ing. Mg. Henry Vaca.	Ing. Mg. Henry Vaca.

e) Plegado 1, ángulo de 90°



Matriz de plegado

Fuente: Autor

f) Verificación de ángulo de plegado



Matriz de plegado

Fuente: Autor



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Y MECÁNICA.



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA.

Procedimiento para la construcción de columnas armadas tipo cajón según NEC
y AWS D1.1

Lugar de ejecución:	Metal Mecánica Tirado Hermanos	
Soldador: Ing. José Tirado	Fecha: 16/04/2015	Revisión.00
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Juan Muquinche	Ing. Mg. Henry Vaca.	Ing. Mg. Henry Vaca.

g) Plegado 2, ángulo de 90°



Matriz de plegado

Fuente: Autor

h) Verificación de ángulo de plegado



Matriz de plegado

Fuente: Autor



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Y MECÁNICA.



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA.

Procedimiento para la construcción de columnas armadas tipo cajón según NEC
y AWS D1.1

Lugar de ejecución:	Metal Mecánica Tirado Hermanos	
Soldador: Ing. José Tirado	Fecha: 16/04/2015	Revisión.00
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Juan Muquinche	Ing. Mg. Henry Vaca.	Ing. Mg. Henry Vaca.

i) Apilamiento de las planchas plegadas



Matriz de plegado

Fuente: Autor

j) Conformado del cajón por tramos, cabe mencionar que la columna está conformada de 2 tramos de 2440mm y un soporte de 1000 como se muestra en los planos, transporte de los tramos a ser soldados.



Matriz de plegado

Fuente: Autor



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Y MECÁNICA.



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA.

Procedimiento para la construcción de columnas armadas tipo cajón según NEC
y AWS D1.1

Lugar de ejecución:	Metal Mecánica Tirado Hermanos	
Soldador: Ing. José Tirado	Fecha: 16/04/2015	Revisión.00
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Juan Muquinche	Ing. Mg. Henry Vaca.	Ing. Mg. Henry Vaca.

k) Transporte de las columnas por medio del puente grúa



Matriz de plegado

Fuente: Autor

l) Soldadura de los tramos, según se analizó en el capítulo 4 se utilizó E- 6010 para penetración y E-7018 para acabado por la resistencia a tracción.



Matriz de plegado

Fuente: Autor



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Y MECÁNICA.



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA.

Procedimiento para la construcción de columnas armadas tipo cajón según NEC
y AWS D1.1

Lugar de ejecución:	Metal Mecánica Tirado Hermanos	
Soldador: Ing. José Tirado	Fecha: 16/04/2015	Revisión.00
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Juan Muquinche	Ing. Mg. Henry Vaca.	Ing. Mg. Henry Vaca.

m) Apilamiento de columnas soldadas



Matriz de plegado

Fuente: Autor

n) Soldadura de soportes para perfil HEB correspondiente a carrillera del puente grúa y perfil plegado para la punta de sujeción de la cercha principal, según mismas combinaciones de electrodos seleccionados



Matriz de plegado

Fuente: Autor



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Y MECÁNICA.

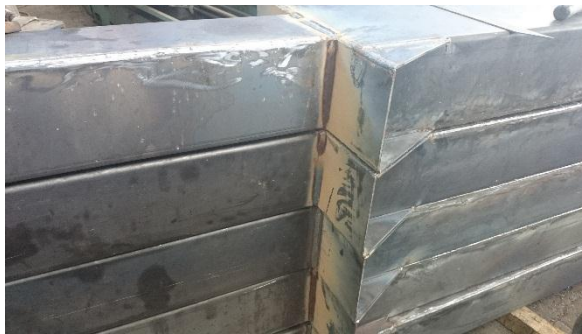


CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA.

Procedimiento para la construcción de columnas armadas tipo cajón según NEC
y AWS D1.1

Lugar de ejecución:	Metal Mecánica Tirado Hermanos	
Soldador: Ing. José Tirado	Fecha: 16/04/2015	Revisión.00
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Juan Muquinche	Ing. Mg. Henry Vaca.	Ing. Mg. Henry Vaca.

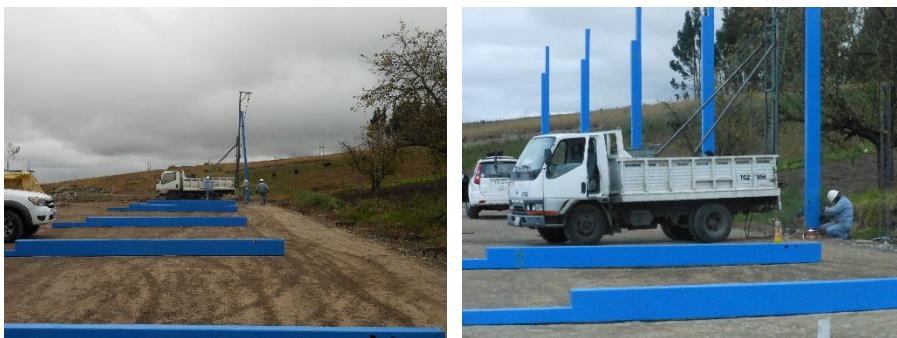
o) Apilamiento de columnas terminadas



Matriz de plegado

Fuente: Autor

p) Luego de haber darle un terminado adecuado a las columnas como es limpiado
y pintado se procede a soldar directamente la columna a la base cimentada



Matriz de plegado

Fuente: Autor



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Y MECÁNICA.



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA.

Procedimiento para la construcción de columnas armadas tipo cajón según NEC
y AWS D1.1

Lugar de ejecución:	Metal Mecánica Tirado Hermanos	
Soldador: Ing. José Tirado	Fecha: 16/04/2015	Revisión.00
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Juan Muquinche	Ing. Mg. Henry Vaca.	Ing. Mg. Henry Vaca.

q) Alineamiento de las columnas para el posterior resoldado y colocación de las cerchas



Matriz de plegado

Fuente: Autor



r) Colocación y sujeción de las cerchas



Matriz de plegado

Fuente: Autor

WPS (Especificaciones para el proceso de Soldadura) para columnas armadas

 METALMECANICA ANTONIO TIRADO ESTRUCTURA METÁLICA INGENIERÍA MECÁNICA 									
WPS ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA									
Institución	TESIS	Identificación N°:	WPS D-1						
Proceso(s) de soldadura:			SMAW		Soporte de PQR N°:			PQR T-1.	
Tipo:	Manual	<input checked="" type="checkbox"/>	Automático:		Semiautomático:		Máquina.		
Revisión:	1		Fecha:		07/04/2015				
Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca O.								
TÉCNICA					CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS				
Aportación:	Recta:	Oscilante:		X	Modo de transferencia			SMAW	
Pase:	Simple:	Múltiple:		X	Cortocircuito			X	
Amolado:	SI:	X	NO:		Globular				
Limpieza en pases:	SI:	X	NO:		Spray				
Grata:	SI:		NO:	X	CORRIENTE PROCESO SMAW.				
PRECALENTAMIENTO					AC:	DC:		X	100 A
Temperatura precalentamiento:			N/A		PULSO:		DC:		
Temperatura de interpase:			N/A		POSICIÓN				
POSCALENTAMIENTO					Lugar: Taller y Campo				
Temperatura :			N/A		Ranura:	1 G	Filete:		
Tiempo:			N/A		Plancha:	X	Tubería:		
DISEÑO DE UNIÓN					METAL BASE				
Tipo de unión:		A TOPE			DATOS:	MB1	MB2		
Tipo de soldadura:		CJP			Grupo:	I	I		
					Especificación:	ASTM A-36	ASTM A-36		
Abertura de raíz:		X	3 mm		Corte:	Cizallado	Cizallado		
Longitud de la cara de raíz:		N/A			Grado:	N/A	N/A		
					Espesor:	6mm	6mm		
Ángulo de ranura:		90°			Diámetro:	N/A	N/A		
Soporte:	SI		NO	X	METAL DE APORTE				
Material de aporte:		AWS E6010 AWS E7018			Especificaciones:	AWS: A5.4			
					Clasificaciones AWS:	E – 6010 E – 7018			
Limpieza de raíz:		SI:	X	NO:	Marca:	INDURA			
Método:	Amoladora				Tamaño de electrodo:	3.2mm			

PROTECCIÓN						
Composición:				N/A		
Velocidad de flujo:				N/A		
Fuente de revestimiento:				N/A		
Fundente:				Rutilico-básico		
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA						
Pase:	Proceso:	Progresión:	Metales de aporte		Corriente	
			Clase	Diámetro	Tipo y polaridad	AMP
1	SMAW	Plano	E- 6010	3.2 mm	DCEP	100
2	SMAW	Plano	E-7018	3.2 mm	DCEP	100
DETALLE DE LA JUNTA SOLDADA						
Elaborado por:		Juan Muquinche		Fecha:		07/04/2015
Aprobado por:		Ing. Mg. Henry Vaca		Institución:		UTA

6.8. ADMINISTRACIÓN

Para la presente investigación y propuesta se realizaron los siguientes gastos mostrados en la tabla a continuación:

Los costos más relevantes son los que representan los ensayos de propiedades mecánicas que fueron realizados en la EPN (Escuela Politécnica Nacional) y los ensayos metalográficos realizados en la FICM (Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica) de la Universidad Técnica de Ambato.

Los gastos en planchas para ensayo de tintas penetrantes y electrodos fueron asumidos por la empresa Metal mecánica Antonio Tirado

Tabla 6. 6 Costos totales de la investigación y propuesta

ITEM	Detalle	Cant.	Unidad	Costo	Costo Total
1	Ensayos de Tracción	20	U	\$6.16	\$123.2
2	Ensayos de Doblado	16	U	\$6.16	\$98.56
3	Plancha para ensayos 6mm	0.5	U	\$115	\$60.00
4	Kit Tintas Penetrantes	1	U	\$70	\$70.00
5	Cepillo de alambre	1	U	\$5.00	\$5.00
6	Marco de sierra	1	U	\$5.00	\$5.00
7	Soldado de probetas	40	U	\$5.00	\$200.00
8	Maquinado de probetas	40	U	\$5.00	\$200.00
9	Cuchilla cepillo	2	U	\$20.00	\$40.00
10	Hoja de sierra Sanflex	2	U	\$2.00	\$4.00
11	Guantes de cuero	1	Par	\$5.00	\$5.00
12	Gafas transparentes	1	U	\$2.00	\$2.00
13	Protectores auditivos.	1	U	\$1.00	\$1.00
14	Disco de amolar	1	U	\$4.75	\$4.75
15	Mascarilla para fosa nasal	2	U	\$0.50	\$1.00
16	Lijas # 80	2	Pliegos	\$0.75	\$1.50
17	Lijas # 120	2	Pliegos	\$0.50	\$1.00
18	Lijas # 240	2	Pliegos	\$0.50	\$1.00
19	Lijas # 600	2	Pliegos	\$0.50	\$1.00
20	Marcador de Soldadura	1	U	\$3.5	\$3.50
COSTO TOTAL EN MATERIALES					\$827.51
RECURSO HUMANO					
23	Ayudante laboratorios	1	U	\$50.00	\$50.00
24	Maestro Taller	1	U	\$100.00	\$100.00
25	Maquinista	1	U	\$80.00	\$80.00
26	Soldador	1	U	\$50.00	\$50.00
COSTO TOTAL DE RECURSO HUMANO					\$280.00
VARIOS					
27	Internet	1	U	\$40.00	\$40.00
28	Material de Escritorio	1	U	\$200.00	\$20.00
29	Transporte	6	U	\$25	\$150.00
30	Impresiones y empastado	5	U	\$20.00	\$100.00
COSTO TOTAL VARIOS					\$340.00
TOTAL GASTOS PARA ESTE TIPO DE ESTUDIO					\$1447.51

Fuente: El Autor

6.9. PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Una vez terminado el análisis de conformado de columnas para estructuras metálicas podemos determinar que la combinación de soldadura más adecuada para este tipo de proceso es el electrodo E-6010 para pase de raíz y E-7018 para terminado, esto según las propiedades mecánicas presentadas en el estudio, además de realizar una verificación de resistencia estructural para columnas conformadas por medio de pliegues en chapa metálica, en donde es necesario además conocer el factor K de plegado que nos ayuda a determinar una longitud de corte exacto de planchas y así optimizar de mejor manera el material a utilizar.

El estudio presente garantiza un adecuado procedimiento de construcción en estructuras metálicas en donde se utilizan columnas conformadas además de conocer si la resistencia de la misma es adecuada mediante un análisis de carga y resistencia y donde es importante que la soldadura sea adecuada y conforme a la AWS D1.1 que establece parámetros adecuados antes de realizar el proceso como es la preparación de materia, durante el proceso, en donde nos indica un adecuado diseño de junta y material de aporte acorde al tipo de material base, después del proceso, donde nos indica los criterios de aceptación del proceso de soldadura tanto en propiedades mecánicas como en discontinuidades presentes en la soldadura.

BIBLIOGRAFÍA

FUENTES BIBLIOGRÁFICAS

- AWS-D1.1. (2010). *Código de soldadura Estructural - Acero*.
- Bonilla, G., & Rueda, C. (2006). *Optimización de los procesos en la construcción de estructuras metálicas de edificios*. Quito.
- Caisaguano, D. (2013). *Desarrollo de procedimientos de soldadura, calificación de soldadores y control de calidad de estructuras soldadas de acuerdo con AWS D1.1*. Riobamba.
- Castro, L. (1999). Condiciones Técnicas para un Correcto Doblado. *Metal Actual*.
- Estévez, S. (2008). *Diseño estructural de la cubierta metálica para dos canchas de ecuavoley*. Quito.
- INAMHI. (2015). *Anuario Meteorológico*. Quito.
- INDURA. (2007). *Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura*.
- Lascano, A. (2011). *Estudio de materiales alternativos para el análisis metalográfico mediante réplicas y su incidencia en el costo del ensayo metalográfico no destructivo en uniones soldadas de acero a36*. UTA, Ambato.
- Lincoln Electric. (2010). *Guía del Soldador*. *Guía del Soldador*.
- López, A. (2011). *Complementos teórico - prácticos*. Almería.
- McCormac, J., & Csernak, S. (2012). *Diseño de Estructuras de Acero*. Mexico: Alfaomega.
- Mott, R. (2006). *Diseño de elementos de Máquinas*. Mexico: Pearson Educación.
- Mott, R. (2009). *Resistencia de Materiales*. Mexico: Pearson Educación.
- NEC. (2015). *Cargas (No sísmicas)*. Quito.

NEC. (2015). *Peligro Sismico, Diseño Sismo resistente*. Quito.

Pérez, M., & Pullas, L. (2009). *Influencia de la utilización de insertos de varilla corrugada sobre las soldaduras de perfil estructural*. Riobamba.

Piaún, M. (2013). *Análisis comparativo de las propiedades mecánicas de la soldadura obtenida con los electrodos e7018 de diferentes marcas utilizados en la industria nacional*. EPN Quito.

Silva, C., & Morales, S. (2011). *Diseño de un puente grúa tipo de 5 toneladas de capacidad para la industria metalmecánica*. Quito.

Telenchana, J. (2013). *Análisis de revestimientos duros en uniones soldadas de acero al carbono a36 mediante el proceso SMAW y su incidencia en las propiedades mecánicas*. UTA Ambato.

PÁGINAS WEB

AHMSA. (Enero de 2015). *AHMSA*. Obtenido de <http://www.ahmsa.com/construccion-con-acero/ventajas-de-uso>

Áreatecnología. (2013). *Área Tecnología*. Obtenido de <http://www.areatecnologia.com/estructuras/estructuras-metalicas.html>

Construmática. (2014). *Construmática*. Obtenido de http://www.construmatica.com/construpedia/Estructuras_Met%C3%A1licas

Ecured. (2015). *Ecured*. Obtenido de: http://www.ecured.cu/index.php/Ciencia_de_los_materiales

Garcimartín, M. (2002). *La Soldadura en Estructuras Metálicas de Edificación*, 1-2-4-6. Obtenido de: <http://www.cvr.etsia.upm.es/Soldadura%20en%20Estructuras%20Met%20E1licas.pdf>

ANEXOS

Anexo A1. Diseño de la Junta de soldadura para unión a tope

AWS D1.1/D1.1M:2010

SECCIÓN 3. PRECALIFICACIÓN DE WPSs

Ver Notas de la Página 80

Soldadura de canal cuadrada (1)
Junta a tope (B)

DIMENSIONES EN mm

Proceso de Soldadura	Designación de Junta	Espesor de Base de Metal (U = ilimitado)		Preparación de Canal			Posiciones de Soldar Permisibles	Tamaño de Soldadura (E)	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz	Tolerancias				
					Como Detallado (ver 3.12.3)	Como Ajustado (ver 3.12.3)			
SMAW	B-P1a	3	—	R = 0 a 2	+2, -0	±2	Todas	T ₁ - 1	b, e
	B-P1c	6 max.	—	R = $\frac{T_1}{2}$ min.	+2, -0	±2	Todas	$\frac{T_1}{2}$	b, e
GMAW FCAW	B-P1a-GF	3	—	R = 0 a 2	+2, -0	±2	Todas	T ₁ - 1	b, e
	B-P1c-GF	6 max.	—	R = $\frac{T_1}{2}$ min.	+2, -0	±2	Todas	$\frac{T_1}{2}$	b, e

Soldadura de canal cuadrada (1)
Junta a tope (B)

E₁ + E₂ NO DEBE EXCEDER $\frac{3T_1}{4}$

DIMENSIONES EN mm

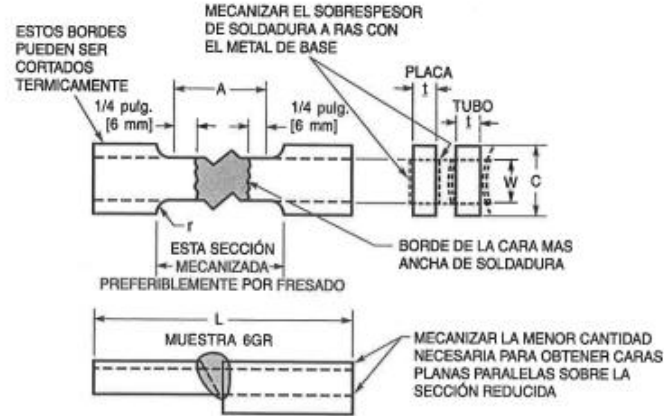
Proceso de Soldadura	Designación de Junta	Espesor de Base de Metal (U = ilimitado)		Preparación de Canal			Posiciones de Soldar Permisibles	Tamaño de Soldadura (E ₁ + E ₂)	Notas
		T ₁	T ₂	Abertura de Raíz	Tolerancias				
					Como Detallado (ver 3.12.3)	Como Ajustado (ver 3.12.3)			
SMAW	B-P1b	6 max.	—	R = $\frac{T_1}{2}$	+2, -0	±2	Todas	$\frac{3T_1}{4}$	e
GMAW FCAW	B-P1b-GF	6 max.	—	R = $\frac{T_1}{2}$	+2, -0	±2	Todas	$\frac{3T_1}{4}$	e

Figura 3.3 (Continuación)—Detalles de Juntas de Canal Soldadas Precalificadas como PJP (ver 3.12) (Dimensiones en Milímetros)

Anexo A2. Diseño de la probeta para ensayos a tracción

SECCIÓN 4. CALIFICACIÓN

AWS D1.1/D1.1M:2010



	Dimensiones en pulgadas [mm]			Tubo de Ensayo	
	Espesor de la Placa de Ensayo, T_p			Diámetro o el Mayor Tamaño del Tubo	
	$T_p \leq 1$ pulg. [25 mm]	1 pulg. [25 mm] < $T_p < 1\text{-}1/2$ pulg. [38 mm]	$T_p \geq 1\text{-}1/2$ pulg. [38 mm]	2 pulg. [50 mm] & 3 pulg. [75 mm]	6 pulg. [150 mm] & 8 pulg. [200 mm]
A—Longitud de la sección reducida	Cara mas ancha de la soldadura + 1/2 pulg. [12 mm], 2-1/4 pulg. [60 mm] min.			Cara mas ancha de la soldadura + 1/2 pulg. [12 mm], 2-1/4 pulg. [60 mm] min.	
L—Longitud total, min. ^a	Segun lo requerido por el equipo de ensayo			Segun lo requerido por el equipo de ensayo	
W—Ancho de la sección reducida ^{b,c}	3/4 pulg. [20 mm] min.	3/4 pulg. [20 mm] min.	3/4 pulg. [20 mm] min.	$1/2 \pm 0.01$ (12 ± 0.025)	3/4 pulg. [20 mm] min.
C—Ancho de la sección de agarre ^{d,e}	$W + 1/2$ pulg. [12 mm] min.	$W + 1/2$ pulg. [12 mm] min.	$W + 1/2$ pulg. [12 mm] min.	$W + 1/2$ pulg. [12 mm] min.	$W + 1/2$ pulg. [12 mm] min.
t—Espesor de la muestra ^f	T_p	T_p	T_p/h (Nota f)	El máximo posible con caras planas y paralelas dentro del largo A	
r—Radio de fileta, min.	1/2 pulg. [12 mm]	1/2 pulg. [12 mm]	1/2 pulg. [12 mm]	1 pulg. [25 mm]	1 pulg. [25 mm]

^a Resultará apropiado hacer el largo de la sección de agarre suficientemente grande para permitir que la fijación de la muestra en la sección de agarre sea a una distancia igual o mayor a dos tercios del largo de la sección de agarre.

^b Los extremos de la sección reducida no deberán tener una diferencia mayor a 0.004 pulg. [0.102 mm]. También deberá haber una disminución gradual en el ancho desde los extremos al centro, pero el ancho de cualquiera de los extremos será menor o igual que 0.015 pulg. [0.381 mm] respecto al ancho en el centro.

^c Podrán ser usados, cuando sea necesario, los anchos reducidos (W y C). En tales casos, el ancho de la sección reducida deberá ser tan grande como el ancho del material que está siendo ensayado lo permita. Si el ancho del material es menor que W, los lados podrán ser paralelos en todo el largo de la muestra.

^d Para los ensayos de placas tamaño estándar, los extremos de la muestra deberán ser simétricos con la línea de centro de la sección reducida dentro de los 1/4 pulg. [6 mm].

^e La dimensión t es el espesor de la muestra como está dispuesto en las especificaciones aplicables del material. El espesor nominal mínimo de los ensayos es de 1-1/2 pulg. [38 mm] de ancho deberá ser de 3/16 pulg. [5 mm], excepto por lo permitido por la especificación del producto.

^f Para las placas mayores a 1-1/2 pulg. [38 mm] de espesor, los especímenes podrán ser cortadas en tiras iguales. Cada tira debe ser de un espesor mínimo de 3/4 pulg. [20 mm]. Los resultados de la ensayo de cada tira deben alcanzar los mínimos requerimientos.

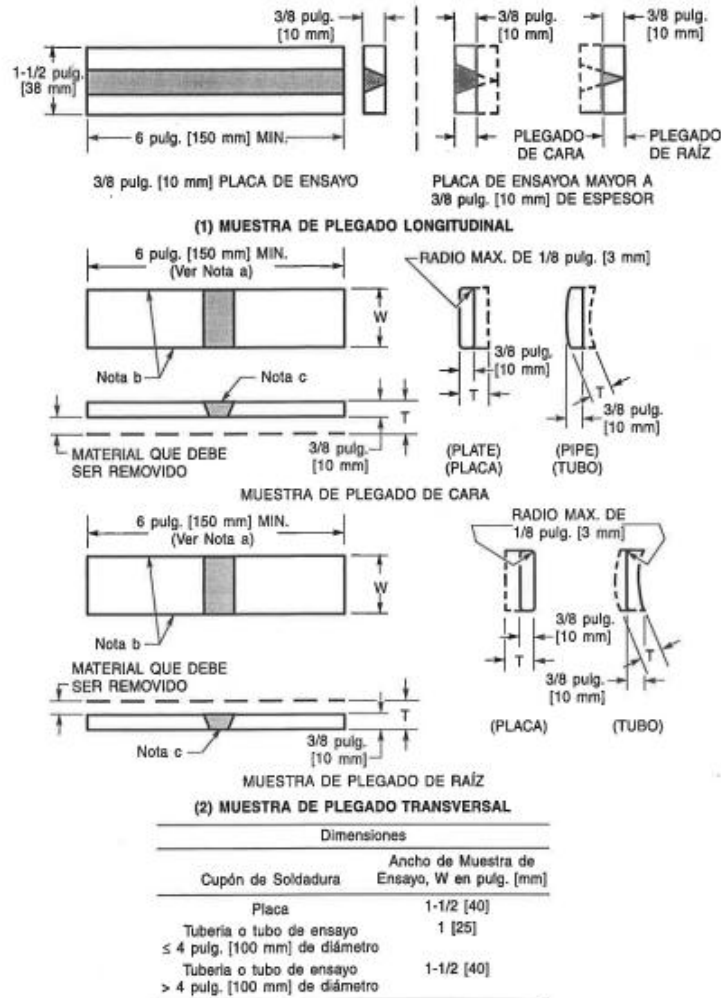
Nota: Dado a la capacidad limitada de algunas máquinas de ensayo, se pueden usar diferentes dimensiones de ensayo a los de la tabla 4.9 cuando sean aprobados por el ingeniero.

Figura 4.14—Muestras de la Tracción de la Sección Reducida (ver 4.9.3.4)

Anexo A3. Diseño de la probeta para ensayos de doblado cara - raíz

SECCIÓN 4. CALIFICACIÓN

AWS D1.1/D1.1M:2010



*Puede ser necesario una muestra de mayor longitud cuando se usa un dispositivo de doblado tipo envolvente o cuando se ensaya usando acero con una resistencia fluencia de 90 ksi [620 MPa] o mayor.

^b Estos bordes pueden ser cortados térmicamente y pueden o no ser maquinados.

^c El respaldo y refuerzo de la soldadura, en caso de que sea existente, debe ser eliminado al ras con la superficie de la muestra (ver 5.24.3.1 y 5.24.3.2). Si se usa un respaldo empotrado, esta superficie puede ser maquinada a una profundidad mayor a la profundidad del rebajo para remover el respaldo en tal caso, el espesor de la muestra final debe ser el especificado arriba. Las superficies cortadas deben ser lisas y paralelas.

Notas:

1. T = espesor de placa o de tubo.

2. Cuando el espesor de la placa de ensayo es menor a 3/8 pulg. [10 mm], se debe usar el espesor nominal para los dobles de las caras y raíces.

Figura 4.12—Muestras de Doblado de Cara y Raíz (ver 4.9.3.1)

Anexo A4. Procedimiento para END tintas penetrantes ASTM 165



ASTM E165 - 02

Página 7 de 11

penetrante que entra a los agujeros pasantes que pueden servir como reservorios de penetrante y pueden producir severos problemas de sangrado durante el examen. Los

Material	Forma	Tipo de Discontinuidad	Tiempo de penetración ^A (Min)	
			Penetrante ^B	Revelador ^C
Aluminio, magnesio, acero, Bronce	Fundiciones y Soldaduras	Cierres en frío, Porosidad, Falta de fusión, Fisuras (Todas sus formas) Solapet, fisuras (Todas sus formas)	5	10
			10	10
Herramientas de puntas carbucizadas Plásticos Vidrios Cerámicos	Materiales Rugosos - Extrusiones, Forjas, Chapas, (Todas sus formas)	Falta de fusión, porosidad, fisuras, fisuras, fisuras, fisuras.	5	10
	Todas las formas		5	10
	Todas las formas		5	10
	Todas las formas		5	10

Tabla 2 Tiempos de Penetración Mínimos Recomendados

A Para variaciones de temperatura de 10 a 52°C. Para temperaturas entre 4,4 y 10 °C se recomienda un tiempo de penetración de 20 minutos.

B Máximo tiempo de penetración de acuerdo con 8.5.2.

C El tiempo de revelado comienza tan pronto como cómo la película ha secado sobre la superficie de las piezas (mínimo recomendado). El máximo tiempo de revelado se hará de acuerdo con 8.8.6.

aerosoles son convenientemente portátiles para aplicaciones locales.

8.5.2 Tiempo de Penetración - Permitir escurrir al penetrante luego de la aplicación (se tendrá cuidado para que no se formen charcos sobre las piezas) mientras transcurre el tiempo de penetración (ver Tabla 2).

La cantidad de tiempo que el penetrante debe permanecer sobre la pieza para que haya una penetración adecuada será como lo proponga el fabricante del penetrante. La Tabla 2, sin embargo, nos da una guía para la selección de los tiempos de penetración para una variedad de materiales, formas y tipos de discontinuidad. A menos que se especifique otra cosa el tiempo de penetración no será mayor que el máximo que recomienda el fabricante.

Nota 11 - Precaución: No todos los materiales son adecuados para aplicación de atomización electrostática, de modo que se deben hacer pruebas previas a los ensayos.

Nota 12 - Cuidado: En aplicaciones con atomizadores, es importante que haya ventilación adecuada. En estos casos el sistema de atomizado debe estar complementado con sistema de ventilación adecuada.

Nota 13 - para algunas aplicaciones específicas en cerámicos estructurales (por ejemplo, detectando líneas de rotura en material desmoldado) el tiempo de penetración necesario se determinará experimentalmente y puede ser mayor que el mostrado en la tabla 1 y sus notas.

8.6 Remoción del Penetrante Superficial

8.6.1 Lavable con Agua:

8.6.1.1 Remoción del Exceso de Penetrante - Después del tiempo de penetración necesario, se tiene que remover el penetrante de la superficie de la pieza examinada con agua, normalmente es una operación de lavado. Que puede ser lavada por equipos atomizadores de agua automáticos o semi automáticos o por inmersión.

Para el enjuague de inmersión las piezas se sumergen completamente en agua con agitación aérea o mecánica. Se debe evitar la acumulación de agua en bolsillos o recovecos de la superficie. Si el paso final de enjuague no fuera efectivo, como lo evidenciaría la presencia de excesivo penetrante residual superficial después del enjuague, seque (ver 8.7) limpie de nuevo, y entonces

aplique de nuevo el penetrante por el tiempo pre-establecido.

(a) Se debe mantener la temperatura del agua a un nivel relativamente constante dentro de los límites comprendidos entre 10 a 38 °C.

(b) La presión del agua atomizada para enjuague no superará los 280 kPa (2,8 k/cm²)

(c) El tiempo de enjuague no excederá los 120 s, a menos que se especifique otra cosa por parte de la especificación del material.

Nota 14 - Precaución: Evitar el sobrelavado. El lavado excesivo puede causar que se lave el penetrante de las discontinuidades. Con los métodos de penetrante fluorescente la operación de enjuague se debe implementar bajo luz UV de modo que se pueda ver como se va removiendo adecuadamente el penetrante.

8.6.1.2 Remoción por Fregado - En aplicaciones especiales el penetrante se puede remover de la superficie mediante el fregado con un material absorbente limpio levemente humedecido con agua hasta que el penetrante superficial sea removido, y, como el examen lo determine, bajo luz UV para fluorescente y con luz blanca para el método visible.

8.6.2 Emulsificación Lipofílica - Después de transcurrido el tiempo de penetración necesario, el penetrante superficial sobre la pieza se debe emulsificar por inmersión o inundado de la pieza con el emulsificador adecuado (el emulsificador se combina con el penetrante superficial y permite que este se remueva enjuagando con agua). Después de la aplicación del emulsificador la pieza se deja escurrir de forma que se prevenga la formación de charcos de emulsificador sobre la pieza.

8.6.2.2 El Tiempo de Emulsificación comienza tan pronto como este se aplica sobre la pieza. La cantidad de tiempo que se permite que el emulsificador permanezca sobre la pieza y en contacto con el penetrante depende del tipo de emulsificador empleado y de la condición de la superficie (suave o rugosa). El tiempo de emulsificación nominal será el recomendado por el fabricante. El tiempo actual de emulsificación será determinado experimentalmente para

Fuente: ASTM 165

Anexo A5. Criterios de aceptación de examen visual para TP

Tabla 6.1
Criterios de Aceptación para Inspección Visual (ver 6.9)

Grado de la Discontinuidad y Criterio de la Inspección	Conexiones No-Tubulares Cargadas Estáticamente	Conexiones No-Tubulares Cargadas Cíclicamente	Conexiones Tubulares (Todas las Cargas)								
(1) Prohibición de Grietas Cualquier grieta deberá ser inaceptable, sin importar el tamaño o ubicación.	X	X	X								
(2) Fusión de la Soldadura/Metal Base Deberá haber fusión <u>completa</u> entre las capas adyacentes del metal de soldadura y entre el metal de soldadura y el metal base.	X	X	X								
(3) Cráter en la Sección Transversal Todos los cráteres deberán ser llenados para proporcionar el tamaño de soldadura especificado, excepto para los extremos de las soldaduras de filete intermitente fuera de su longitud efectiva.	X	X	X								
(4) Perfiles de la Soldadura Los perfiles de la soldadura deberán ser de acuerdo con el 5.24.	X	X	X								
(5) Tiempo de Inspección La Inspección Visual de las soldaduras en todos los aceros pueden iniciar inmediatamente después de que las soldaduras terminadas se hayan enfriado a temperatura ambiente. Los criterios de aceptación para aceros ASTM A 514, A 517 y A 709 grado 100 y 100 W, deberá estar basado en la inspección visual realizada en no menos de 48 horas después de la terminación de soldadura.	X	X	X								
(6) Soldaduras de Poco Tamaño (inferiores) El tamaño de una soldadura de filete en cualquier soldadura continua, puede tener menos del tamaño (L) poco nominal especificado sin corrección de las siguientes cantidades (U): <table style="margin-left: 40px; border: none;"> <tr> <td style="text-align: center;">L, tamaño de soldadura nominal especificada, pulg. [mm]</td> <td style="text-align: center;">U, disminución permitida de L, pulg. [mm]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">≤ 3/16 [5]</td> <td style="text-align: center;">≤ 1/16 [2]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1/4 [6]</td> <td style="text-align: center;">≤ 3/32 [2.5]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">≥ 5/16 [8]</td> <td style="text-align: center;">≤ 1/8 [3]</td> </tr> </table> En todos los casos, la parte de la soldadura de poco tamaño no deberá exceder el 10% de la longitud de la soldadura. En soldaduras alma-ala de vigas, la reducción deberá ser prohibido en los extremos de una longitud igual a dos veces el ancho del ala.	L, tamaño de soldadura nominal especificada, pulg. [mm]	U, disminución permitida de L, pulg. [mm]	≤ 3/16 [5]	≤ 1/16 [2]	1/4 [6]	≤ 3/32 [2.5]	≥ 5/16 [8]	≤ 1/8 [3]	X	X	X
L, tamaño de soldadura nominal especificada, pulg. [mm]	U, disminución permitida de L, pulg. [mm]										
≤ 3/16 [5]	≤ 1/16 [2]										
1/4 [6]	≤ 3/32 [2.5]										
≥ 5/16 [8]	≤ 1/8 [3]										
(7) Socavado (A) Para el material menor de 1 pulg. [25 mm] de espesor, el socavado no deberá exceder 1/32 pulg. [1 mm], con la siguiente excepción: el socavado no deberá exceder 1/16 pulg. [2 mm] para cualquier longitud acumulada de hasta 2 pulg. [50 mm] en cualquier longitud de 12 pulg. [200 mm]. Para material igual a o mayor de 1 pulg. [25 mm] de espesor, el socavado no deberá exceder 1/16 pulg. [2 mm] para cualquier longitud de soldadura	X										
(B) En miembros principales, el socavado deberá ser de no más de 0.01 pulg. [0.25 mm] de profundidad cuando la soldadura es transversal al esfuerzo de tracción bajo cualquier condición de diseño de carga. El socavado deberá ser no más de 1/32 pulg. [1 mm] de profundidad para todos los otros casos.		X	X								

(Continuado)

Anexo A6. Tabla para determinar el tamaño de grano



TABLE 4 Grain Size Relationships Computed for Uniform, Randomly Oriented, Equiaxed Grains

Grain Size No. G	\bar{N}_A Grains/Unit Area		\bar{A} Average Grain Area		\bar{d} Average Diameter		\bar{l} Mean Intercept		\bar{N}_L No./mm
	No./in. ² at 100X	No./mm ² at 1X	mm ²	μm ²	mm	μm	mm	μm	
00	0.25	3.88	0.2581	258064	0.5080	508.0	0.4525	452.5	2.21
0	0.50	7.75	0.1290	129032	0.3592	359.2	0.3200	320.0	3.12
0.5	0.71	10.96	0.0912	91239	0.3021	302.1	0.2691	269.1	3.72
1.0	1.00	15.50	0.0645	64516	0.2540	254.0	0.2263	226.3	4.42
1.5	1.41	21.92	0.0456	45620	0.2136	213.6	0.1903	190.3	5.26
2.0	2.00	31.00	0.0323	32258	0.1796	179.6	0.1600	160.0	6.25
2.5	2.83	43.84	0.0228	22810	0.1510	151.0	0.1345	134.5	7.43
3.0	4.00	62.00	0.0161	16129	0.1270	127.0	0.1131	113.1	8.84
3.5	5.66	87.68	0.0114	11405	0.1068	106.8	0.0951	95.1	10.51
4.0	8.00	124.00	0.00806	8065	0.0898	89.8	0.0800	80.0	12.50
4.5	11.31	175.36	0.00570	5703	0.0755	75.5	0.0673	67.3	14.87
5.0	16.00	248.00	0.00403	4032	0.0635	63.5	0.0566	56.6	17.68
5.5	22.63	350.73	0.00285	2851	0.0534	53.4	0.0476	47.6	21.02
6.0	32.00	496.00	0.00202	2016	0.0449	44.9	0.0400	40.0	25.00
6.5	45.25	701.45	0.00143	1426	0.0378	37.8	0.0336	33.6	29.73
7.0	64.00	992.00	0.00101	1008	0.0318	31.8	0.0283	28.3	35.36
7.5	90.51	1402.9	0.00071	713	0.0267	26.7	0.0238	23.8	42.04
8.0	128.00	1984.0	0.00050	504	0.0225	22.5	0.0200	20.0	50.00
8.5	181.02	2805.8	0.00036	356	0.0189	18.9	0.0168	16.8	59.46
9.0	256.00	3968.0	0.00025	252	0.0159	15.9	0.0141	14.1	70.71
9.5	362.04	5611.6	0.00018	178	0.0133	13.3	0.0119	11.9	84.09
10.0	512.00	7936.0	0.00013	126	0.0112	11.2	0.0100	10.0	100.0
10.5	724.08	11223.2	0.000089	89.1	0.0094	9.4	0.0084	8.4	118.9
11.0	1024.00	15872.0	0.000063	63.0	0.0079	7.9	0.0071	7.1	141.4
11.5	1448.15	22446.4	0.000045	44.6	0.0067	6.7	0.0060	5.9	168.2
12.0	2048.00	31744.1	0.000032	31.5	0.0056	5.6	0.0050	5.0	200.0
12.5	2896.31	44892.9	0.000022	22.3	0.0047	4.7	0.0042	4.2	237.8
13.0	4096.00	63488.1	0.000016	15.8	0.0040	4.0	0.0035	3.5	282.8
13.5	5792.62	89785.8	0.000011	11.1	0.0033	3.3	0.0030	3.0	336.4
14.0	8192.00	126976.3	0.000008	7.9	0.0028	2.8	0.0025	2.5	400.0

Fuente: ASTM 112, pág.8

Anexo A7. Resultados ensayos de tracción y doblado Escuela Politécnica Nacional, Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
LABORATORIO DE ANÁLISIS
DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES



INFORME TÉCNICO

LAEV – MAR.44.15

Quito, 30 de abril de 2015

TRABAJO SOLICITADO POR: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
Sr. Juan Pablo Muquinche

ORDEN DE TRABAJO Nº 0002742

Los resultados contenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas extraídas de juntas soldadas pertenecientes al Sr. Juan Pablo Muquinche para el desarrollo del proyecto de titulación "Estudio del Proceso de Soldadura SMAW en la Fabricación de Columnas Armadas en Estructuras Metálicas en la Empresa METAL MECÁNICA ANTONIO TIRADO y su Incidencia en las Propiedades Mecánicas". Las probetas fueron entregadas en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional.

RESULTADOS

1. **MUESTRAS:** Veinte (20) probetas extraídas de juntas soldadas para ensayo de tracción y ocho (8) probetas para ensayo de doblado.

2. ENSAYO DE DOBLADO

En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos en el ensayo de doblado en las juntas soldadas.

Tabla 1. Resultados del ensayo de doblado.

Identificación	Observaciones
1013-DR	Se observa una discontinuidad de 4,0 mm en el cordón de soldadura.
1013-DC	No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura
1018-DR	No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura
1018-DC	Se observan discontinuidades de 1,7 mm y 1,5 mm el cordón de soldadura.
1113-DR	Se observa una discontinuidad de 5,4 mm que empieza en el borde de la soldadura producida por falta de fusión.
1113-DC	No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura
1118-DR	No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura
1118-DC	No se observan discontinuidades en el cordón de soldadura



LAEV-EPN
Orden Nº: 0002742



Continuacion Anexo A7.

3. ENSAYO DE TRACCIÓN

En la tabla 2 se muestran los resultados de los ensayos de tracción realizados en las probetas.

Tabla 2. Resistencia a la tracción, límite de fluencia y elongación medidas en las probetas.

Id.	Ancho promedio	Espesor promedio	Carga máxima registrada		Límite de fluencia		Resistencia a la tracción		% Elongación en 50 mm	Obs.
	mm	mm	N	lbf	MPa	ksi	MPa	ksi		
1013-T1	20,00	5,81	49.420	11.110	330,9	48,0	425,3	61,7	14,0	FJS
1013-T2	18,50	5,88	47.151	10.600	305,3	44,3	433,8	62,9	13,2	FJS
1013-T3	20,32	5,89	55.603	12.500	302,1	43,8	464,6	67,4	28,2	FMB
1013-T4	19,13	5,87	52.133	11.720	293,0	42,5	464,8	67,4	31,6	FMB
1013-T5	18,90	5,85	51.688	11.620	303,8	44,1	467,9	67,9	27,8	FMB
1018-T1	18,87	5,92	51.955	11.680	303,4	44,0	465,2	67,5	29,4	FMB
1018-T2	19,03	5,80	52.578	11.820	312,8	45,4	476,9	69,2	31,2	FMB
1018-T3	18,69	5,80	51.955	11.680	318,1	46,1	479,7	69,6	28,3	FMB
1018-T4	18,30	5,80	44.883	10.090	339,8	49,3	423,2	61,4	10,9	FJS
1018-T5	18,59	5,83	50.532	11.360	302,6	43,9	466,8	67,7	28,5	FMB
1113-T1	18,52	5,98	50.176	11.280	297,0	43,1	453,1	65,7	25,3	FMB
1113-T2	18,43	6,14	49.509	11.130	290,2	42,1	438,0	63,5	24,3	FJS
1113-T3	18,81	5,87	49.242	11.070	287,5	41,7	446,1	64,7	28,2	FJS
1113-T4	19,07	5,83	51.955	11.680	311,6	45,2	467,3	67,8	31,0	FMB
1113-T5	18,71	5,95	50.220	11.290	296,6	43,0	451,1	65,4	27,2	FMB
1118-T1	18,73	5,97	49.954	11.230	290,2	42,1	447,1	64,8	24,0	FJS
1118-T2	19,97	5,61	46.751	10.510	306,3	44,4	417,8	60,6	14,0	FJS
1118-T3	18,26	5,82	49.464	11.120	317,0	46,0	465,4	67,5	21,6	FJS
1118-T4	19,59	5,88	53.156	11.950	304,6	44,2	462,0	67,0	23,2	FJS
1118-T5	18,67	6,20	50.843	11.430	277,9	40,3	439,6	63,8	30,4	FMB

*FMB= Falla en el material base.

FJS= Falla en la junta soldada.



Ing. Salvatore Reina M.S.

JEFE DEL LABORATORIO DE

ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES

Anexo B1. Propiedades mecánicas de los aceros estructurales

Apéndices

A-13








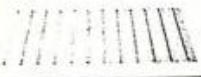


APÉNDICE 7 PROPIEDADES DE LOS ACEROS ESTRUCTURALES

Designación del material (número ASTM)	Grado, producto o espesor	Resistencia a la tensión		Resistencia de fluencia		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)	
A36	$t \leq 8$ pulg	58	400	36	250	21
A242	$t \leq 3/4$ pulg	70	480	50	345	21
A242	$t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	67	460	46	315	21
A242	$t \leq 4$ pulg	63	435	42	290	21
A500	Tubo estructural formado en frío, redondo o de otras formas					
	Redondo, grado A	45	310	33	228	25
	Redondo, grado B	58	400	42	290	23
	Redondo, grado C	62	427	46	317	21
	Otra forma, grado A	45	310	39	269	25
	Otra forma, grado B	58	400	46	317	23
	Otra forma, grado C	62	427	50	345	21
A501	Tubo estructural formado en caliente, redondo o de otras formas	58	400	36	250	23
A514	Templado y revenido, $t \leq 2\frac{1}{2}$ pulg	110-130	760-895	100	690	18%
A572	42, $t \leq 6$ pulg	60	415	42	290	24
A572	50, $t \leq 4$ pulg	65	450	50	345	21
A572	60, $t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	75	520	60	415	18
A572	65, $t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg	80	550	65	450	17
A588	$t \leq 4$ pulg	70	485	50	345	21
A992	Perfiles W	65	450	50	345	21

Nota: ASTM A572 es uno de los aceros de alta resistencia y baja aleación (HSLA), y sus propiedades son similares a las del acero SAE J4106, especificadas por la SAE.

Fuente: (Mott, Diseño de elementos de Máquinas, 2006)

Anexo B2. Estil panel AR2000

 ACEROPAXI Soluciones de acero para la construcción		 ESTILPANEL® Cubiertas y Paredes de Acero					
...una solución para cada requerimiento							
TIPOS DE PANELES	Espesor de lámina (mm)	Ancho Util (mm)	Peso (Kg/m ²)	Altura de Onda (mm)	Minima Pendiente (Grados)	SEPARACION ENTRE APOYOS (m)	USOS
AR2000 	0.30	780/1000	3.02/2.91	40	4°	1.20	Cubiertas y paredes
	0.35	780/1000	3.52/3.39	40	4°	1.50	
	0.40	780/1000	4.03/3.87	40	4°	1.80	
	0.45	780/1000	4.53/4.35	40	4°	2.20	
	0.50	780/1000	5.03/4.84	40	4°	2.50	
	0.60	780/1000	6.04/5.80	40	4°	2.70	
ESTILOX 	0.40	356	4.39	50	4°	1.50	Cubiertas y paredes
	0.45	356	4.93	50	4°	1.80	
	0.50	356	5.48	50	4°	2.10	
PANELUX 	0.50	606/825	6.48/5.80	120	2°	5.00	Cubiertas
	0.60	606/825	7.77/6.97	120	2°	6.00	
AR2 	0.35	760	3.80	46	4°	1.20	Cubiertas y paredes
	0.40	760	4.33	46	4°	1.50	
	0.45	760	4.85	46	4°	1.80	
	0.50	760	5.36	46	4°	2.10	
DRT 	0.40	850	3.69	19	7°	1.20	Cubiertas paredes y frisos
	0.45	850	4.16	19	7°	1.40	
	0.50	850	4.62	19	7°	1.60	
AR5 	0.35	860	3.19	9	0°	1.00	Paredes y cielos falsos
	0.40	860	3.65	9	90°	1.10	
	0.45	860	4.11	9	90°	1.30	
CFS 	0.30	160/240	3.67/3.24	30	0°	1.00	Frisos o pantallas y cielos falsos
	0.35	160/240	4.28/3.78	30	90°	1.20	
	0.40	160/240	4.90/4.32	30	90°	1.40	
Curvos AR2/DRT 	0.40	760/850	4.33/3.69	46/19		1.70/1.40	Frisos o pantallas y aleros
0.45	760/850	4.85/4.16	46/19		2.00/1.60		

La línea ESTILPANEL es fabricada con acero estructural recubierto con Galvalume o Pre pintado super resistente "Kynar 500", que garantizan mayor resistencia a la corrosión, ambientes interiores más frescos y belleza duradera.

SERVICIO TOTAL (Asesoría Técnica, Presupuesto, Instalación y Post-Venta)

QUITO: Av. De Los Ghryra 3941 y Río Coca, Planta Baja TELF.: PBX 469944 FAX: 469966
 PBX Ventas: 469919 FAX Ventas: 254070 CASILLA: 17-01-546
 GUAYAQUIL: 6 de Marzo 3402 y Camilo Destrüge (Eq.) 2do. Piso TELFS.: PBX 446700 / 448780 FAX: 449110
 CUENCA: Gerónimo Cartón 590 y Guepdondeig TELFS.: 800454 / 863596 FAX: 863597

Anexo B3. Propiedades de perfiles G estructurales



DIPAC[®]
PRODUCTOS DE ACERO



PERFILES ESTRUCTURALES CORREAS "G"

Especificaciones Generales

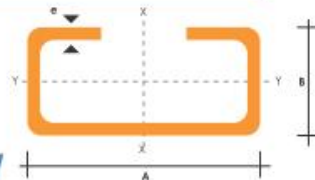
Norma	INEN 1 623: 2000
Otras calidades	Previa consulta
Largo normal	6mts
Otros largos	Previa consulta
Espesores	Desde 1.5mm hasta 12mm
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa consulta



CORREAS "G"

DIMENSIONES				PESOS			PROPIEDADES					
A	B	C	e	6metros	1metro	SECCION	EJE X-X			EJE Y-Y		
mm	mm	mm	mm	Kg	Kg	cm ²	I	W	I	I	W	I
							cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
60	30	10	1.5	9.19	1.53	1.95	11.02	3.67	2.38	2.43	1.25	1.12
60	30	10	2	11.94	1.99	2.54	13.98	4.66	2.35	3.01	2.85	1.09
60	30	10	3	16.98	2.83	3.61	18.9	6.3	2.29	3.87	3.69	1.04
80	40	15	1.5	13.18	2.20	2.80	27.43	6.86	3.13	6.39	2.53	1.51
80	40	15	2	16.68	2.78	3.54	35.30	8.81	3.16	8.07	3.18	1.51
80	40	15	3	24.06	4.01	5.11	49.00	12.30	3.10	10.80	4.27	1.46
100	50	15	2	20.40	3.40	4.34	69.20	13.80	4.00	15.00	4.57	1.86
100	50	15	3	29.70	4.95	6.31	97.80	19.60	3.94	20.50	6.25	1.80
100	50	20	4	40.26	6.71	8.55	126.70	25.34	3.85	28.50	9.05	1.83
100	50	25	5	51.12	8.52	10.86	152.51	30.50	3.75	36.52	12.09	1.83
125	50	15	2	22.80	3.80	4.84	116.00	18.60	4.91	16.20	4.69	1.83
125	50	15	3	33.24	5.54	7.06	165.00	26.50	4.84	22.20	6.43	1.77
125	50	20	4	44.99	7.49	9.55	217.00	34.70	4.77	30.90	9.32	1.80
125	50	25	5	57.00	9.50	12.11	264.32	42.29	4.67	39.88	12.46	1.82
125	50	30	6	70.78	11.78	14.73	307.13	49.14	4.56	48.69	15.81	1.81
150	50	15	2	25.14	4.14	5.34	179.00	23.80	5.79	17.10	4.78	1.79
150	50	15	3	36.78	6.13	7.81	255.00	34.00	5.72	23.50	6.56	1.73
150	50	20	4	49.68	8.28	10.50	337.00	44.90	5.65	32.90	9.52	1.77
150	75	25	5	74.70	12.45	15.86	545.36	72.71	5.86	117.22	24.17	2.72
150	75	30	6	93.42	15.57	19.23	641.40	85.52	5.77	114.47	30.57	2.74
175	50	15	2	27.48	4.58	5.84	258.00	29.40	6.64	17.90	4.85	1.75
175	50	15	3	40.32	6.72	8.56	369.00	42.20	6.57	24.60	6.66	1.70
175	75	25	4	65.40	10.9	13.90	653.00	74.60	6.84	105.00	20.90	2.75
175	75	25	5	80.58	13.43	17.11	785.95	89.82	6.78	123.88	24.63	2.69
175	75	30	6	100.74	16.79	20.73	929.39	106.22	6.70	152.84	31.19	2.72
200	50	15	2	29.94	4.99	6.36	356.00	35.60	7.56	18.60	4.85	1.72
200	50	15	3	43.86	7.31	9.31	507.00	50.70	7.45	25.10	6.57	1.65
200	75	25	4	70.20	11.70	14.90	895.00	89.50	7.64	110.00	21.30	2.71
200	75	25	5	86.52	14.42	18.37	1080.00	108.00	7.67	129.62	25.02	2.66
200	75	30	6	108.00	18.00	22.23	1282.17	128.21	7.59	160.15	31.73	2.68
250	75	25	4	79.80	13.30	16.90	1520.00	122.00	9.48	118.00	21.70	2.64
250	100	25	5	109.98	18.33	23.36	2219.24	177.54	9.75	285.26	39.24	3.49
250	100	30	6	135.48	22.58	28.23	2647.38	219.79	9.68	383.54	55.58	3.69
300	100	30	4	100.80	16.80	21.30	2860.00	191.00	11.60	274.00	38.30	3.58
300	100	35	5	126.60	21.10	26.90	3560.00	237.00	11.50	351.00	49.90	3.62
300	100	35	6	154.74	25.79	31.80	4170.00	278.00	11.40	404.00	57.40	3.56

También en galvanizado e inoxidable



www.dipacmanta.com PBX: (02) 2293 750 / Quito - Ecuador

Anexo B4. Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100 \text{ KPa}$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50 \text{ kPa}$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180 \text{ m/s}$
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50 \text{ kPa}$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP > 75)	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30m)	
	F5—Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
	F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo

Se encuentran informaciones complementarias para determinar los perfiles del suelo y realizar ensayos geotécnicos en el apéndice [10.5.2](#).

Fuente: (NEC, 2015)

Anexo B5. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

3. Peligro sísmico del Ecuador y efectos sísmicos locales

3.1. Zonas sísmicas y curvas de peligro sísmico

3.1.1. Zonificación sísmica y factor de zona Z

Para los edificios de uso normal, se usa el valor de Z, que representa la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad.

El sitio donde se construirá la estructura determinará una de las seis zonas sísmicas del Ecuador, caracterizada por el valor del factor de zona Z, de acuerdo el mapa de la [Figura 1](#).

Para informaciones complementarias, véase también los apéndices [10.1](#) y [10.3](#).

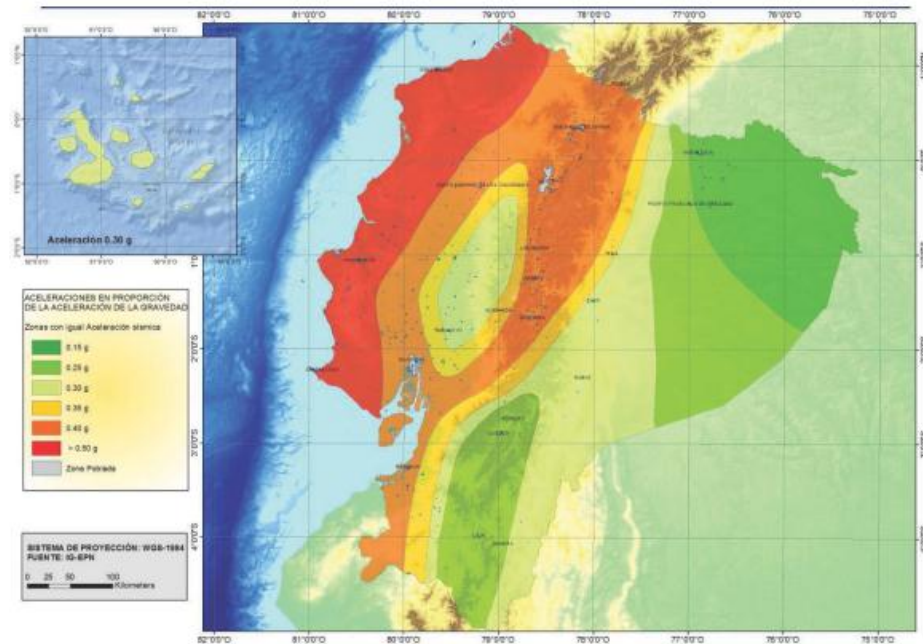


Figura 1. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z

El mapa de zonificación sísmica para diseño proviene del resultado del estudio de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años (período de retorno 475 años), que incluye una saturación a 0.50 g de los valores de aceleración sísmica en roca en el litoral ecuatoriano que caracteriza la zona VI.

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Tabla 1. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Fuente: (NEC, 2015, pág. 27)

Anexo B6. Coeficientes de perfil de suelo F_a , F_d y F_s

3.2.2. Coeficientes de perfil de suelo F_a , F_d y F_s

Nota: Para los suelos tipo F no se proporcionan valores de F_a , F_d ni de F_s , debido a que requieren un estudio especial, conforme lo estipula la sección [10.5.4](#).

a. F_a : Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto.

En la [Tabla 3](#) se presentan los valores del coeficiente F_a que amplifica las ordenadas del espectro de respuesta elástico de aceleraciones para diseño en roca, tomando en cuenta los efectos de sitio.

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

Tabla 3: Tipo de suelo y Factores de sitio F_a

b. F_d : amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca

En la [Tabla 4](#) se presentan los valores del coeficiente F_d que amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Tabla 4 : Tipo de suelo y Factores de sitio F_d

Fuente: (NEC, 2015, pág. 31)

Anexo B7. Coeficientes de perfil de suelo F_s

c. F_s : comportamiento no lineal de los suelos

En la [Tabla 5](#) se presentan los valores del coeficiente F_s , que consideran el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos.

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Tabla 5: Tipo de suelo y Factores del comportamiento inelástico del subsuelo F_s

Nota: Para poblaciones con más de 100000 habitantes (que deberían disponer de estudios de microzonificación sísmica y geotécnica en su territorio) y sitios con suelo de tipo F, se realizará espectro de respuesta elástico de aceleraciones específico al sitio, basado en la geología, tectónica, sismología y características del suelo local. El espectro debe desarrollarse para una fracción del amortiguamiento respecto al crítico de 5,00%, a menos que la utilización de otros valores sea consistente con el comportamiento estructural previsto y con la intensidad del sismo establecida para el sitio.

3.3. Componentes horizontales de la carga sísmica: espectros elásticos de diseño

3.3.1. Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones

El espectro de respuesta elástico de aceleraciones S_a , expresado como fracción de la aceleración de la gravedad, para el nivel del sismo de diseño, se proporciona en la [Figura 3](#), consistente con:

- el factor de zona sísmica Z ,
- el tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura,
- la consideración de los valores de los coeficientes de amplificación de suelo F_a , F_d , F_s .

Fuente: (NEC, 2015, pág. 32)

Anexo B8. Razón entre la aceleración espectral

$S_a = \eta Z F_a$	para $0 \leq T \leq T_c$
$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r$	para $T > T_c$
Dónde:	
η	Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el periodo de retorno seleccionado.
r	Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto
$r = 1$	para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E
$r = 1.5$	para tipo de suelo E.
S_a	Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del periodo o modo de vibración de la estructura
T	Periodo fundamental de vibración de la estructura
T_c	Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
Z	Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g

Asimismo, de los análisis de las ordenadas de los espectros de peligro uniforme en roca para el 10% de probabilidad de excedencia en 50 años (periodo de retorno 475 años), que se obtienen a partir de los valores de aceleraciones espectrales proporcionados por las curvas de peligro sísmico de la sección 3.1.2 y, normalizándolos para la aceleración máxima en el terreno Z , se definieron los valores de la relación de amplificación espectral, η (S_a/Z , en roca), que varían dependiendo de la región del Ecuador, adoptando los siguientes valores:

- $\eta = 1.80$: Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas),
- $\eta = 2.48$: Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos
- $\eta = 2.60$: Provincias del Oriente

Los límites para el periodo de vibración T_c y T_L (éste último a ser utilizado para la definición de espectro de respuesta en desplazamientos definido en la sección 3.3.2 se obtienen de las siguientes expresiones:

$T_c = 0.55 F_s \frac{F_d}{F_a}$	
$T_L = 2.4 \cdot F_d$	
Dónde:	
F_d	Coficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo cortó. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
F_s	Coficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio

34

Fuente: (NEC, 2015, pág. 34)

Anexo B9. Poblaciones ecuatorianas y el factor Z para verificación sísmica

POBLACIÓN	PARROQUIA	CANTÓN	PROVINCIA	Z
SAN MIGUELITO	SAN MIGUELITO	SANTIAGO DE PILLARO	TUNGURAHUA	0.40
HUACHI GRANDE	HUACHI GRANDE	AMBATO	TUNGURAHUA	0.40
SANTA ROSA	SANTA ROSA	AMBATO	TUNGURAHUA	0.40
AMBATO	AMBATO	AMBATO	TUNGURAHUA	0.40
PELILEO GRANDE	PELILEO	SAN PEDRO DE PELILEO	TUNGURAHUA	0.40
SAN ANTONIO DE PASA	PASA	AMBATO	TUNGURAHUA	0.40
SAN BARTOLOME DE PINLLOG	SAN BARTOLOME DE PINLLOG	AMBATO	TUNGURAHUA	0.40
PATATE	PATATE	PATATE	TUNGURAHUA	0.40
SAN FERNANDO	SAN FERNANDO	AMBATO	TUNGURAHUA	0.40
EMILIO M. TERAN	EMILIO MARIA TERAN (RUMIPAMBA)	SANTIAGO DE PILLARO	TUNGURAHUA	0.40
MARCOS ESPINEL	MARCOS ESPINEL (CHACATA)	SANTIAGO DE PILLARO	TUNGURAHUA	0.40
BAÑOS DE AGUA SANTA	BADOS DE AGUA SANTA	BADOS DE AGUA SANTA	TUNGURAHUA	0.40
ULBA	ULBA	BADOS DE AGUA SANTA	TUNGURAHUA	0.40
RIO VERDE	RIO VERDE	BADOS DE AGUA SANTA	TUNGURAHUA	0.40
GUAMBALÓ	GUAMBALO (HUAMBALO)	SAN PEDRO DE PELILEO	TUNGURAHUA	0.40
TISALEO	TISALEO	TISALEO	TUNGURAHUA	0.40
CEVALLOS	CEVALLOS	CEVALLOS	TUNGURAHUA	0.40
QUERO	QUERO	QUERO	TUNGURAHUA	0.40
RUMIPAMBA	RUMIPAMBA	QUERO	TUNGURAHUA	0.40
COTALÓ	COTALO	SAN PEDRO DE PELILEO	TUNGURAHUA	0.40
SAN ANDRÉS	SAN ANDRES	SANTIAGO DE PILLARO	TUNGURAHUA	0.40
CUNCHIBAMBA	CUNCHIBAMBA	AMBATO	TUNGURAHUA	0.40
SAN JOSÉ DE POALÓ	SAN JOSE DE POALO	SANTIAGO DE PILLARO	TUNGURAHUA	0.40
EL TRIUNFO	EL TRIUNFO	PATATE	TUNGURAHUA	0.40
SUCRE	LOS ANDES (CAB EN POATUG)	PATATE	TUNGURAHUA	0.40
MOCHA	MOCHA	MOCHA	TUNGURAHUA	0.40

Fuente: (NEC, 2015, pág. 107)

Anexo B10. Coeficientes de configuración estructural

\emptyset_{PB} Mínimo valor \emptyset_{Pi} de cada piso i de la estructura en el caso de irregularidades tipo 4

\emptyset_{Pi} Coeficiente de configuración en planta

Cuando una estructura no contempla ninguno de los tipos de irregularidades descritas en la Tabla 11, en ninguno de sus pisos, \emptyset_p tomará el valor de 1 y se le considerará como regular en planta.

b. Coeficiente de regularidad en elevación \emptyset_E

El coeficiente \emptyset_E se estimará a partir del análisis de las características de regularidad e irregularidad en elevación de la estructura, descritas en la [Tabla 14](#). Se utilizará la expresión:

$$\emptyset_E = \emptyset_{EA} \times \emptyset_{EB}$$

Dónde:

\emptyset_E Coeficiente de regularidad en elevación

\emptyset_{EA} Mínimo valor \emptyset_{Ei} de cada piso i de la estructura, en el caso de irregularidades tipo 1; \emptyset_{Ei} en cada piso se calcula como el mínimo valor expresado por la tabla para la irregularidad tipo 1

\emptyset_{EB} Mínimo valor \emptyset_{Ei} de cada piso i de la estructura, en el caso de irregularidades tipo 1; \emptyset_{Ei} en cada piso se calcula como el mínimo valor expresado por la tabla para la irregularidad tipo 2 y/o 3

\emptyset_{Ei} Coeficiente de configuración en elevación

Cuando una estructura no contempla ninguno de los tipos de irregularidades descritos en las [Tabla 13](#) y [Tabla 14](#) en ninguno de sus niveles, $\emptyset_E = 1$ y se le considerará como regular en elevación.

Si $\Delta_{Mi} < 1.30 * \Delta_{Mi+1}$ puede considerarse que no existen irregularidades de los tipos 1, 2, ó 3.

Dónde:

Δ_{Mi} Deriva máxima de cualquier piso

Δ_{Mi+1} Deriva máxima del piso superior

Adicionalmente, para estructuras tipo pórtico especial sismo resistente con muros estructurales (sistemas duales), que cumplan con la definición de la sección [1.2](#), se considerará:

$$\emptyset_E = 1$$

Dónde:

\emptyset_E Coeficiente de regularidad en elevación

Fuente: (NEC, 2015, pág. 52)

Anexo B11. Factor de reducción de resistencia sísmica

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	7
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	8
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

Tabla 15: Coeficiente R para sistemas estructurales dúctiles

Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada	R
Pórticos resistentes a momento	
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM , limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros.	3
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM con armadura electrosoldada de alta resistencia	2.5
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.	2.5
Muros estructurales portantes	
Mampostería no reforzada, limitada a un piso.	1
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.	3
Mampostería confinada, limitada a 2 pisos.	3
Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos.	3

Tabla 16 : Coeficiente R para sistemas estructurales de ductilidad limitada

e. Sistemas estructurales dúctiles

El valor de R correspondiente en la [Tabla 15](#) se utilizará en el cálculo del cortante basal, siempre cuando la estructura sea diseñada cumpliendo con todos los requisitos de diseño sismo resistent acordes con la filosofía de diseño descrita en la sección [4.2](#).

Fuente: (NEC, 2015, pág. 65)

Anexo B12. Categoría de edificio y coeficiente de importancia

4. Metodología del diseño sismoresistente

4.1. Categoría de edificio y coeficiente de importancia I

NOTA: al determinar las fuerzas a partir de las curvas de peligro sísmico, dichas fuerzas no requieren ser modificadas por el factor de importancia I.

La estructura a construirse se clasificará en una de las categorías que se establecen en la [Tabla 6](#) y se adoptará el correspondiente factor de importancia I.

El propósito del factor I es incrementar la demanda sísmica de diseño para estructuras, que por sus características de utilización o de importancia deben permanecer operativas o sufrir menores daños durante y después de la ocurrencia del sismo de diseño.

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

Tabla 6: Tipo de uso, destino e importancia de la estructura

El diseño de las estructuras con factor de importancia 1.0 cumplirá con todos los requisitos establecidos en el presente capítulo de la norma.

Para aquellas estructuras con factor de importancia superior a 1.0, deberán cumplir además con los requisitos estipulados en la sección [4.3](#).

Fuente: (NEC, 2015, pág. 39)

Anexo B13. Coeficiente de corrección σ características topográficas

Altura (m)	Sin obstrucción (Categoría A)	Obstrucción baja (Categoría B)	Zona edificada (Categoría C)
5	0.91	0.86	0.80
10	1.00	0.90	0.80
20	1.06	0.97	0.88
40	1.14	1.03	0.96
80	1.21	1.14	1.06
150	1.28	1.22	1.15

Tabla 5: Coeficiente de corrección σ

Fuente: (NEC, Cargas (No sísmicas), 2015)

Anexo B14. Velocidad promedio del viento para el sector de Cunchibamba

M1243		CUNCHIBAMBA-ITLAM (INST.LUIS A. MARTINEZ)										INAMHI				
MES	HELIOFANIA (Horas)	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)					HUMEDAD RELATIVA (%)				PUNTO DE ROCIO (°C)	TENSION DE VAPOR (hPa)	PRECIPITACION(mm)		Número de días con precipitación	
		ABSOLUTAS		M E D I A S			Máxima día	Mínima día	Media	Mensual			Mensual	Máxima en 24hrs		Mensual
		Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Mensual										
ENERO																
FEBRERO																
MARZO																
ABRIL																
MAYO				18.3	8.7	12.9				83	9.7	12.1	7.5			
JUNIO		22.0	17	18.5	7.7	12.8	100	1	45	12	80	9.1	5.3	1.2	25	8
JULIO					8.2	12.3					80	8.6	2.9			
AGOSTO				18.2		12.0					80	8.2	11.1	19.8		
SEPTIEMBRE				18.4		12.5					77	8.2	10.9	4.9		
OCTUBRE				19.8	7.8	14.1					78	9.9	12.2	52.0		
NOVIEMBRE				20.6	8.6	14.3					80	10.5	12.8	14.0	3.7	15
DICIEMBRE				21.2	8.7	14.4					79	10.4	12.7	14.4	4.8	12
VALOR ANUAL																

MES	EVAPORACION (mm)		NUBOSIDAD MEDIA (Octas)	VELOCIDAD MEDIA Y FRECUENCIAS DE VIENTO												Vel. Mayor Observada (m/s)	VELOCIDAD MEDIA (Km/h)						
	Suma Mensual	Máxima en 24hrs día		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALMA	Nro OBS										
			(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%	(m/s)	%							
ENERO																							
FEBRERO																							
MARZO																							
ABRIL																							
MAYO			6																				
JUNIO			6																				
JULIO			6	0.0	0	0.0	0	5.3	15	0.0	0	7.0	70	6.0	4	0.0	0	11	93	12.0	S		
AGOSTO			6	0.0	0	0.0	0	2.0	1	7.3	3	6.7	79	0.0	0	0.0	0	17	93	10.0	S		
SEPTIEMBRE			5	5.6	6	0.0	0	4.8	11	0.0	0	6.5	68	10.0	1	3.0	2	0.0	0	12	90	10.0	S
OCTUBRE			6	3.8	13	0.0	0	3.4	17	8.0	2	6.1	56	0.0	0	0.0	0	0.0	0	12	93	10.0	S
NOVIEMBRE			6	4.0	10	6.0	2	3.6	11	4.5	4	6.4	62	0.0	0	2.0	1	0.0	0	9	90	10.0	S
DICIEMBRE			6																				
VALOR ANUAL																							

Fuente: (INAMHI, 2015)

Anexo B15. Factor de forma Cf

Construcción	Coefficiente C_f
Elementos situados en patios interiores, cuyo ancho es inferior a la altura del edificio y sin conexión con el espacio exterior por su parte inferior, así como ventanas interiores (en el caso de que se dispongan dobles ventanas)	0.3
Elementos en fachadas protegidas en edificios alineados en calles rectas, a una distancia de la esquina, mayor que la altura de la edificación, en bloques exentos en la parte central de una fachada, de longitud mayor que el doble de la altura o en patios abiertos a fachadas o patios de manzana	0.8
Elementos en fachadas expuestas en edificaciones aisladas o fachadas de longitud menor que el doble de la altura	1.3
Elementos en fachadas muy expuestas, situados al borde de la orilla de lagos o del mar, próximos a escarpaduras, laderas de fuerte inclinación, desfiladeros, y otros	1.5

Tabla 7: Determinación simplificada del factor de forma C_f

Fuente: (NEC, Cargas (No sismicas), 2015)

Anexo B16. Valor de carga viva para cubierta redonda

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m ²)	Carga concentrada (kN)
Cubiertas		
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0.70	
Cubiertas destinadas para áreas de paseo	3.00	
Cubiertas destinadas en jardinería o patios de reunión.	4.80	
Cubiertas destinadas para propósitos especiales		
Toldos y carpas	i	i
Construcción en lona apoyada sobre una estructura ligera	0.24 (no reduc.)	
Todas las demás	1.00	
Elementos principales expuestos a áreas de trabajo		8.90
Carga puntual en los nudos inferiores de la celosía de cubierta, miembros estructurales que soportan cubiertas sobre fábricas, bodegas y talleres de reparación vehicular		1.40
Todos los otros usos		1.40
Todas las superficies de cubiertas sujetas a mantenimiento de trabajadores		
En la región andina y sus estribaciones, desde una cota de 1000 m sobre el nivel del mar, no se permite la reducción de carga viva en cubiertas para prevenir caídas de granizo o ceniza.		
Departamentos (ver Residencias)		
Edificios de oficinas		
Salas de archivo y computación (se diseñará para la mayor carga prevista)		
Áreas de recepción y corredores del primer piso	4.80	9.00
Oficinas	2.40	9.00
Corredores sobre el primer piso	4.00	9.00
Escaleras fijas	Ver sección 4.5 ASCE/SEI 7-10	
Escaleras y rutas de escape	4.80	g
Únicamente residencias unifamiliares y bifamiliares	2.00	
^g Cuando la sobrecarga reducida de cubierta (menor a 1.0 N/m ²), calculada de conformidad con el [3.2.1] , sea utilizada para el diseño de miembros estructurales continuos, la sobrecarga se aplicará en dos tramos adyacentes y en tramos alternados para obtener las máximas solicitaciones.		

27

Fuente: (NEC, Peligro Sísmico, Diseño Sísmo resistente, 2015)

Anexo B17. Esfuerzos combinados en columnas

The strength of members subjected to combined stresses shall be determined according to the provisions of this chapter.

This chapter pertains to doubly and singly symmetrical members only. The provisions of this chapter shall not apply to members subjected to torsion. This part E for determination of F_a and C_m and Chapter F for determination of F_b and F'_b .

H11. AXIAL COMPRESSION AND BENDING

Members subjected to both axial compression and bending stresses shall be proportioned to satisfy the following requirements:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_m f_b}{F_{bx}} \leq 1.0 \quad (H11-1)$$

$$\frac{f_a}{0.60F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (H11-2)$$

When $f_a/F_a \leq 0.15$, Equation (H11-3) is permitted in lieu of Equations (H11-1) and (H11-2):

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \quad (H11-3)$$

In Equations (H11-1), (H11-2) and (H11-3), the subscripts x and y, combined with the subscripts b, m and e, indicate the axis of bending about which a particular stress or design property applies, and

- F_a = axial compressive stress that would be permitted if axial force alone existed, ksi
- F_b = compressive bending stress that would be permitted if bending moment alone existed, ksi
- F'_b = $\frac{12 \pi^2 E}{3(KL)^2 r_b^2}$

where f_a is the actual stress divided by a factor of safety, ksi (In the expression for F_a , L is the actual unbraced length in the plane of bending, and r_b is the corresponding radius of gyration, K is the effective length factor in the plane of bending.) As in the case of F_a , F_b and $0.60F_y$, F'_b may be increased in accordance with Sect. A5.2.

f_a = computed axial stress, ksi

$C_m = 0.6 - 0.4 (M_1/M_2)$

where M_1/M_2 is the ratio of the smaller to larger moments at the ends of that portion of the member where the maximum bending moment occurs under consideration. M_1/M_2 is positive when the member is bent in reverse curvature, negative when bent in single curvature.

- For compression members in frames braced against joint translation in the plane of loading and subjected to transverse loading between their supports, the value of C_m may be determined by an analysis. However, in lieu of such analysis, the following values are permitted:
 - For members whose ends are restrained against rotation in the plane of bending, $C_m = 0.85$
 - For members whose ends are unrestrained against rotation in the plane of bending, $C_m = 1.0$

H12. AXIAL TENSION AND BENDING

Members subject to both axial tension and bending stresses shall be proportioned at all points along their length to satisfy the following equation:

$$\frac{f_a}{F_t} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1.0 \quad (H12-1)$$

where f_a is the computed bending tensile stress, f_b is the computed axial tensile stress, F_t is the allowable bending stress and F_b is the governing allowable tensile stress defined in Sect. D1.

However, the computed bending compressive stress arising from an independent load source relative to the axial tension, taken above, shall not exceed the applicable value required in Chapter F.

Handwritten notes:

$f_a = \frac{P}{A}$ AXIAL FORCE $CHICU4 - 5 \times 4$

$f_b = \frac{M}{S}$ MOMENT $HOMU 33$

$f_b y = \frac{M (y/D)}{S y}$ MOMENT $HTOM 22$

Esfuerzos combinados

Fuente: AISC ASD 89

Anexo C1. Propiedades de electrodo E-6010

SISTEMA ARCO MANUAL

INDURA 6010

Clasificación AWS: E-6010 / E-4310

- Electrodo para acero al carbono
- Revestimiento celulósico sódico. Color rojo
- Toda posición
- Corriente continua, electrodo positivo
- Certificado anualmente por American Bureau of Shipping, Lloyd's Register of Shipping, Germanischer Lloyd, Nippon Kaiji Kyokai

Descripción

Electrodo con polvo de hierro en el revestimiento, que permite una velocidad de depósito mayor y una aplicación más fácil, junto con propiedades mecánicas sobresalientes. La estabilidad del arco y el escudo protector que da el revestimiento ayudan a dirigir el depósito reduciendo la tendencia a socavar. Está diseñado según los últimos adelantos técnicos para lograr óptimos resultados prácticos.

Usos

Este electrodo tiene un campo de aplicación muy amplio, en especial cuando es necesario soldar en toda posición.

Aplicaciones típicas

- Estanques
- Estructuras
- Planchas corrientes y galvanizadas
- Tuberías de presión
- Cañerías
- Barcos

Procedimiento para soldar

Para obtener los mejores resultados, se recomienda un arco de longitud mediana que permita controlar mejor la forma y aspecto del cordón.

Para soldadura de filetes planos y horizontales, se recomienda mantener el electrodo a 45° con cada plancha, oscilándolo en el sentido del avance. El movimiento adelante tiene por objeto obtener buena penetración y el movimiento hacia atrás controla la socavación y la forma del cordón.

En la soldadura vertical se recomienda llevar el electrodo en un ángulo de casi 90°, inclinándolo ligeramente en el sentido de avance.

Se debe llevar un movimiento de vaivén, alargando el arco para no depositar metal en el movimiento hacia arriba y luego acortándolo para depositar en el cráter y así controlar las dimensiones del depósito y la socavación.

Composición química (típica del metal depositado):

C 0,11%; Mn 0,55%; Si 0,24%; P 0,014%; S 0,008%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 500 MPa	430 MPa	38J a -30°C	27J a -30°C
Límite de fluencia : 414 MPa	330 MPa		
Alargamiento en 50 mm : 26%	22%		

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje		Electrodos x kg aprox.
		mín.	máx.	
2,4	300	60	90	75
3,2	350	80	110	35
4,0	350	110	160	24
4,8	350	150	200	17

Anexo C2. Propiedades de electrodo E-6011

SISTEMA ARCO MANUAL

INDURA 6011

Clasificación AWS: E-6011 / E-4311

- Electrodo para acero al carbono
- Revestimiento celulósico potásico. Color canela
- Corriente continua, electrodo positivo o corriente alterna
- Toda posición
- Certificado por Canadian Welding Bureau y anualmente por American Bureau of Shipping y Lloyd's Register of Shipping

Descripción

El electrodo 6011 posee un revestimiento de tipo celulósico diseñado para ser usado con corriente alterna, pero también se le puede usar con corriente continua, electrodo positivo.

La rápida solidificación del metal depositado facilita la soldadura en posición vertical y sobrecabeza.

El arco puede ser dirigido fácilmente en cualquier posición, permitiendo altas velocidades de deposición (soldadura).

Usos

Este electrodo es apto para ser utilizado en todas las aplicaciones de soldadura en acero dulce, especialmente en trabajos donde se requiera alta penetración.

Aplicaciones típicas

- Cordón de raíz en cañerías
- Cañerías de oleoductos
- Reparaciones generales
- Estructuras
- Planchas galvanizadas

Procedimiento para soldar

Debe seguirse el mismo procedimiento utilizado para soldar con un electrodo E-6010.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,11%; Mn 0,41%; Si 0,23%; P 0,010%; S 0,017%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 495 MPa Límite de fluencia : 424 MPa Alargamiento en 50 mm : 27%	430 MPa 330 MPa 22%	34J a -30°C	27J a -30°C

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje		Electrodos x kg aprox.
		min.	máx.	
2,4	300	50	90	74
3,2	350	80	120	34
4,0	350	120	160	24
4,8	350	160	220	17

Anexo C3. Propiedades de electrodo E-6013

SISTEMA ARCO MANUAL

INDURA 6013

Clasificación AWS: E-6013 / E-4313

- Electrodo manual para acero al carbono
- Revestimiento rutilico potásico. Color gris
- Toda posición
- Corriente continua (ambas polaridades) o corriente alterna

Descripción

Electrodo caracterizado por una escoria fácil de remover y un arco suave y estable.

Es apropiado para trabajo sobre planchas delgadas de metal.

Los diámetros mayores son usados en muchas de las mismas aplicaciones que el E-6012.

Los diámetros menores proporcionan menor penetración que el obtenido con el E-6012.

Usos

Electrodo especialmente recomendado para soldar láminas metálicas delgadas y en general toda clase de aceros dulces.

Aplicaciones típicas

- Cerrajería
- Carpintería metálica
- Muebles metálicos
- Estructuras livianas

Procedimiento para soldar

Puede utilizarse corriente alterna o continua (ambas polaridades). En soldaduras verticales, se recomienda utilizar progresión ascendente.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,11%; Mn 0,40%; Si 0,22%; P 0,015%; S 0,010%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 518 MPa	430 MPa	90J a 20°C	No especificado
Límite de fluencia : 431 MPa	330 MPa		
Alargamiento en 50 mm : 28%	17%		

Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje		Electrodos x kg aprox.
		mín.	máx.	
*2,4	300	40	90	52
*3,2	350	70	120	35
*4,0	350	120	190	22
*4,8	350	160	240	17

* Electrodo fabricado a pedido

Fuente: (INDURA, 2007)

Anexo C4. Propiedades de electrodo E-7018

INDURA

INDURA 7018-RH

Clasificación AWS: E-7018 / E-4918

- Electrodo para acero al carbono
- Revestimiento bajo hidrógeno con hierro en polvo. Color gris
- Toda posición
- Corriente continua, electrodo positivo
- Certificado anualmente por American Bureau of Shipping, Lloyd's Register of Shipping, Germanischer Lloyd y Nippon Kaiji Kyokai

Descripción

El electrodo 7018-RH es de bajo contenido de hidrógeno y resistente a la humedad.

Está especialmente diseñado para soldaduras que requieren severos controles radiográficos en toda posición.

Su arco es suave y la pérdida por salpicadura es baja.

Usos

El 7018-RH es recomendado para trabajos donde se requiere alta calidad radiográfica, particularmente en calderas y cañerías.

Sus buenas propiedades físicas son ideales para ser usado en astilleros.

Aplicaciones típicas

- Aceros Cor-Ten, Mayari-R
- Lukens 45 y 50
- Yolo y otros aceros estructurales de baja aleación

Procedimiento para soldar

Para soldaduras de filetes horizontales y trabajo de soldadura en sentido vertical descendente, debe usarse un arco corto. No se recomienda la técnica de arrastre.

En la soldadura en posición sobrecabeza debe usarse un arco corto con ligero movimiento oscilatorio en la dirección de avance. Debe evitarse la oscilación brusca del electrodo.

Para mayores detalles ver página 33. Observe las recomendaciones para almacenaje de los electrodos, página 20.

Composición química (típica) del metal depositado:

C 0,06%; Mn 1,05%; Si 0,49%; P 0,015%; S 0,010%

Características típicas del metal depositado (según norma AWS: A5.1/A5.1M-04):

Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte	Requerimientos	Energía Absorbida Ch-v	Requerimientos
Resistencia a la tracción : 535 MPa	490 MPa	130J a -30°C	27J a -30°C
Límite de fluencia : 445 MPa	400 MPa		
Alargamiento en 50 mm : 30%	22%		

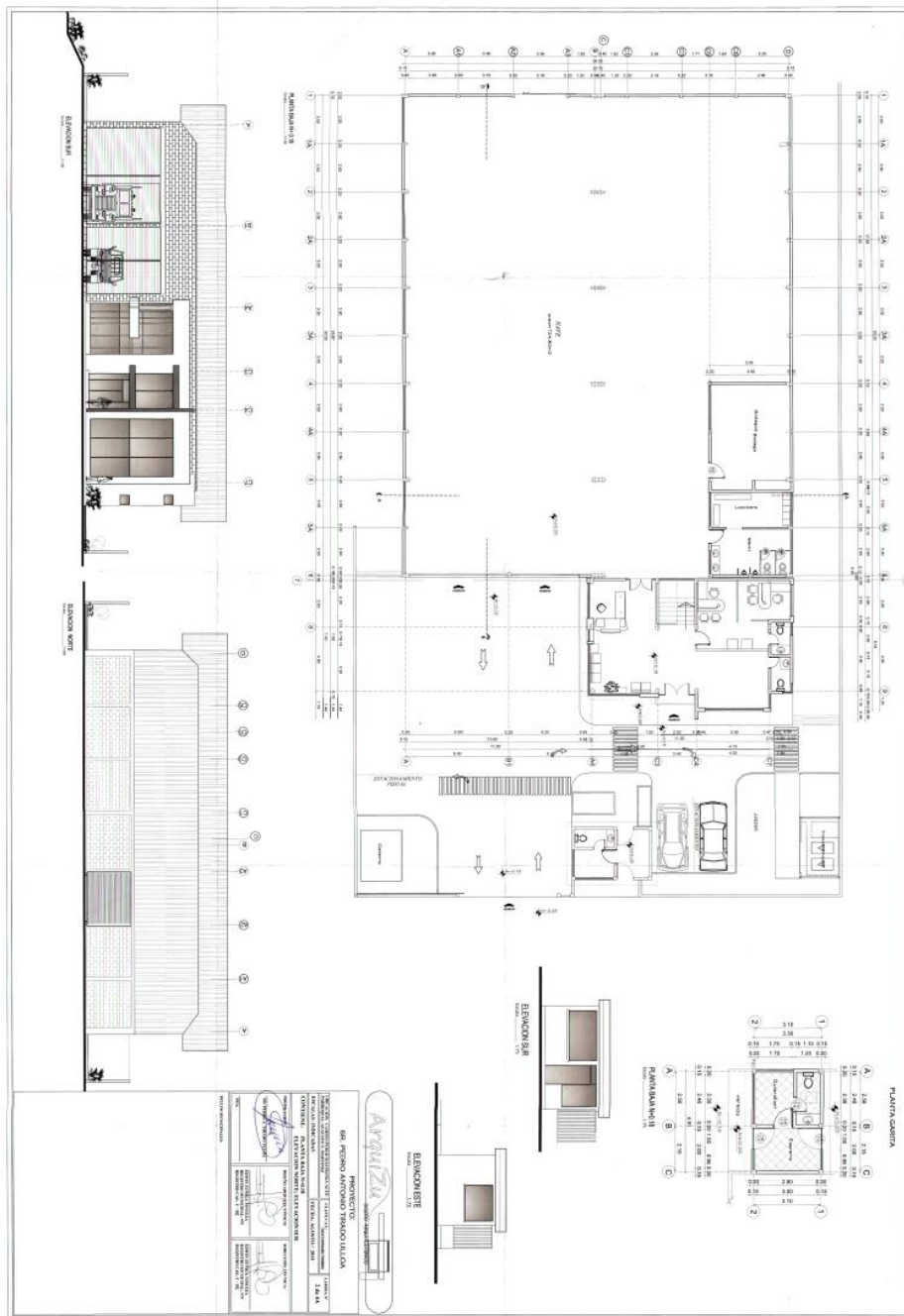
Amperajes recomendados:

Diámetro mm	Longitud mm	Amperaje		Electrodos x kg aprox.
		mín.	máx.	
2,4	300	70	120	55
3,2	350	120	150	28
4,0	350	140	200	20
4,8	350	200	275	14

43

Fuente: (INDURA, 2007)

Anexo D. Planos Civiles de la estructura construida

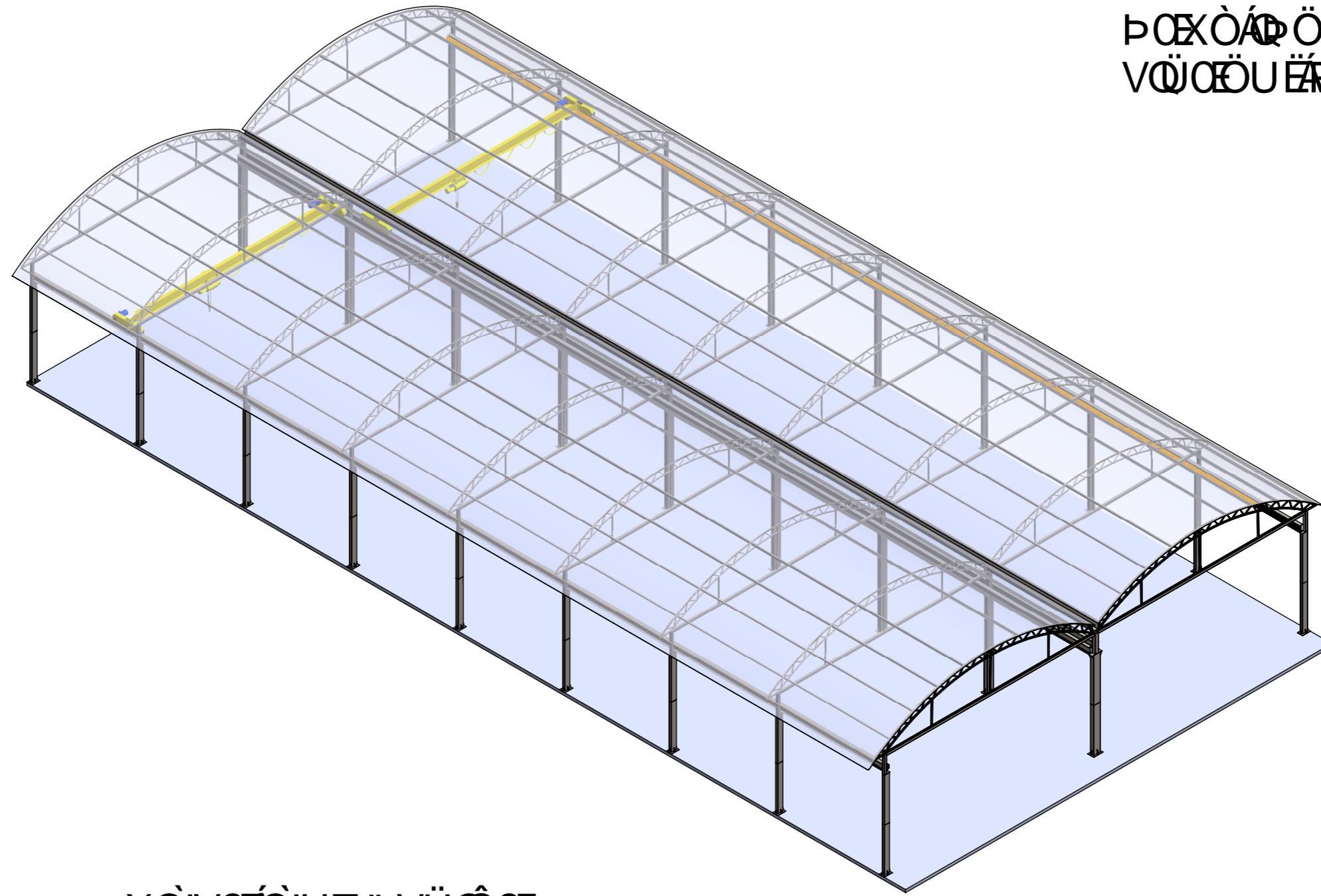


PLANOS

5
6
7
8
9
9

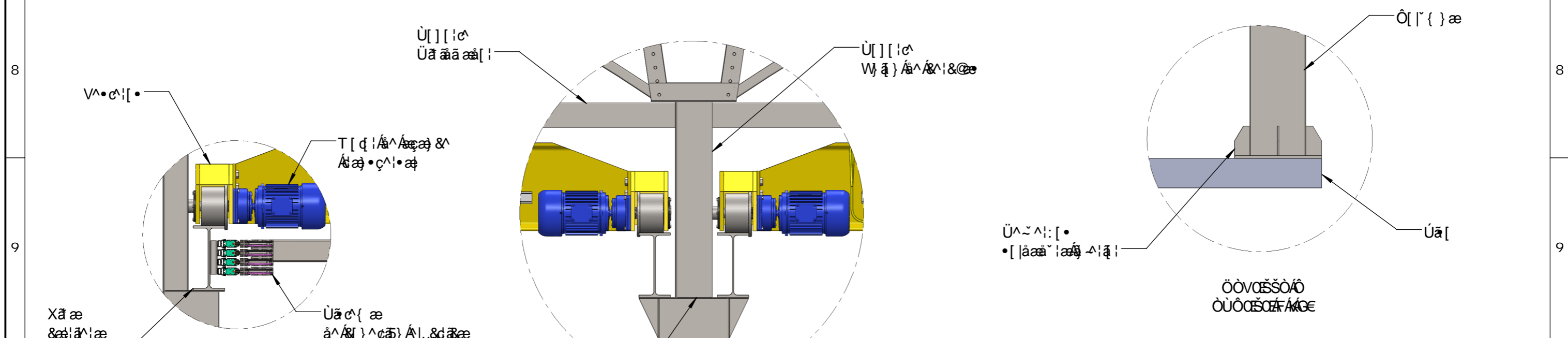
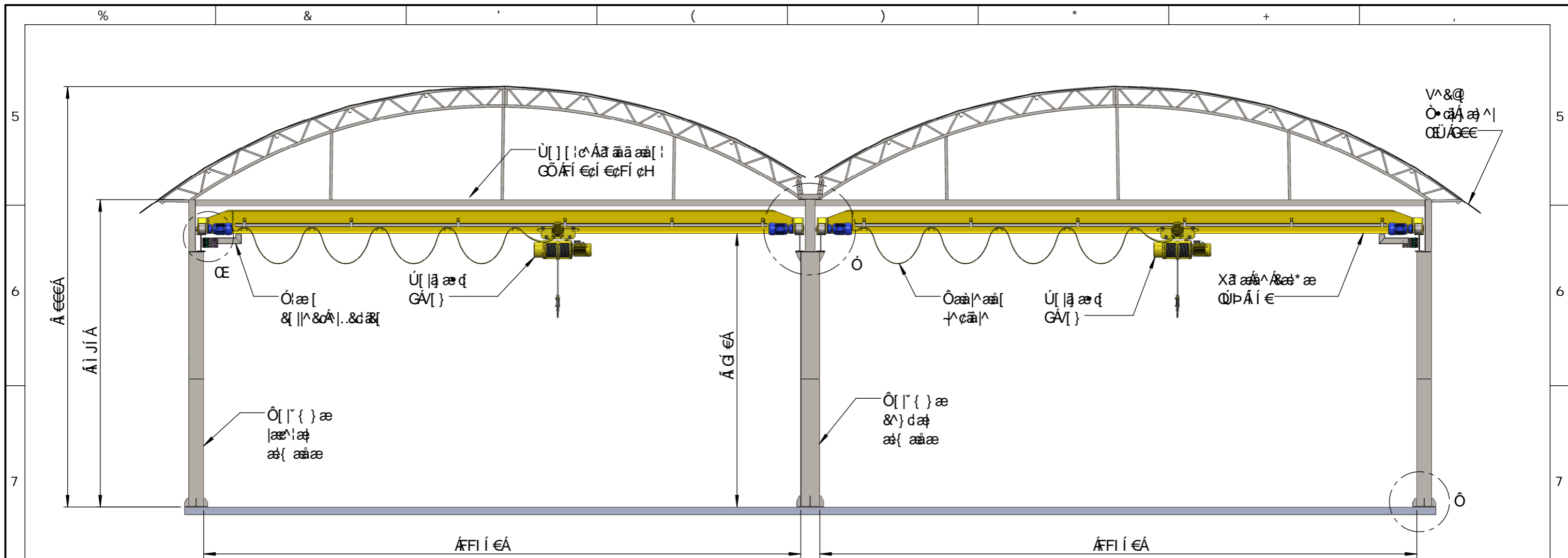
5
6
7
8
9
9

ΠΡΟΚΑΤΑΡΧΗ ΔΙΑΚΟΝΙΑΣ
ΝΑΥΤΟΠΛΩΤΗΡΕΙΟΥ

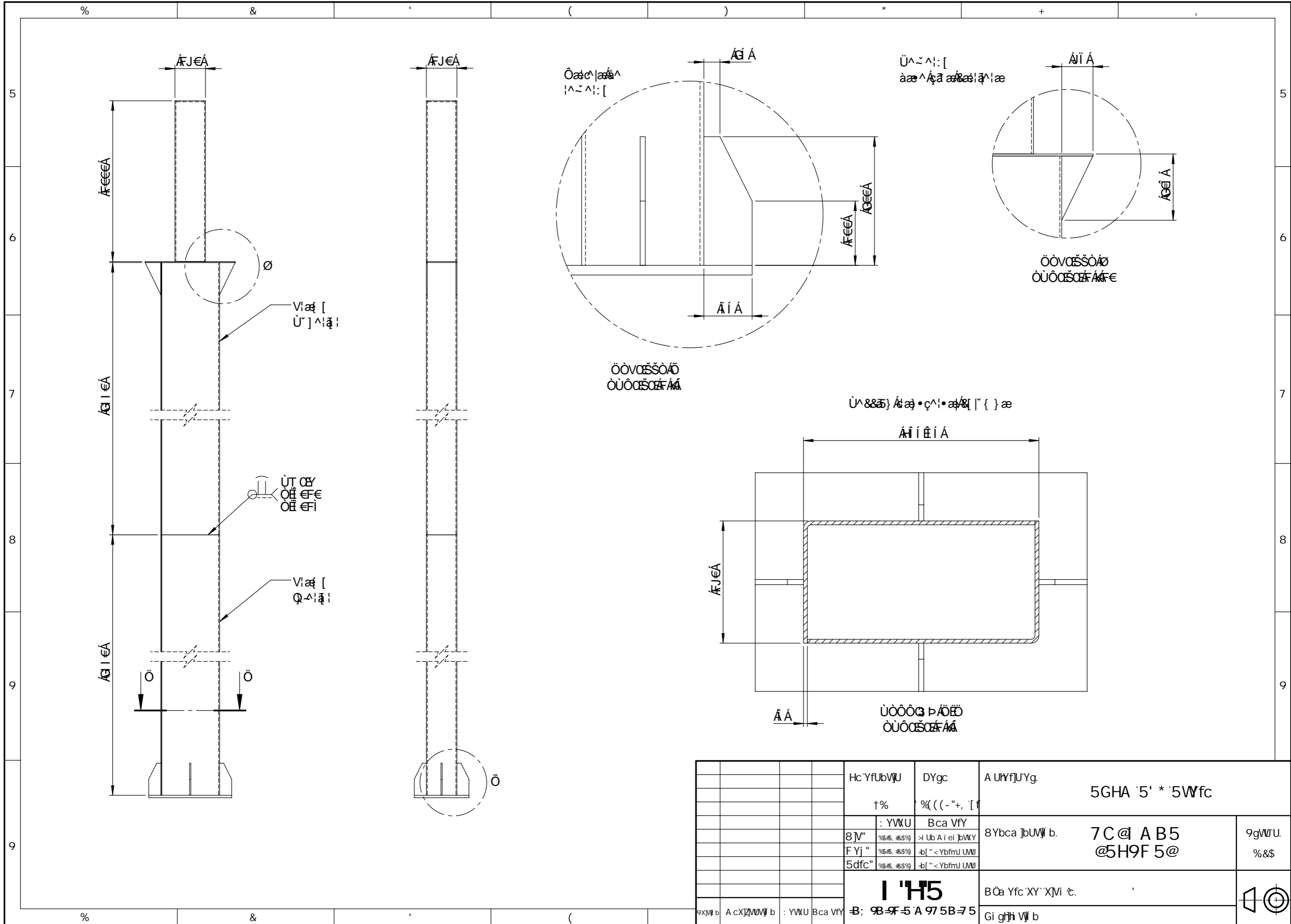


ΧΩΡΙΣΤΟ ΤΕΜΑΧΙΟ

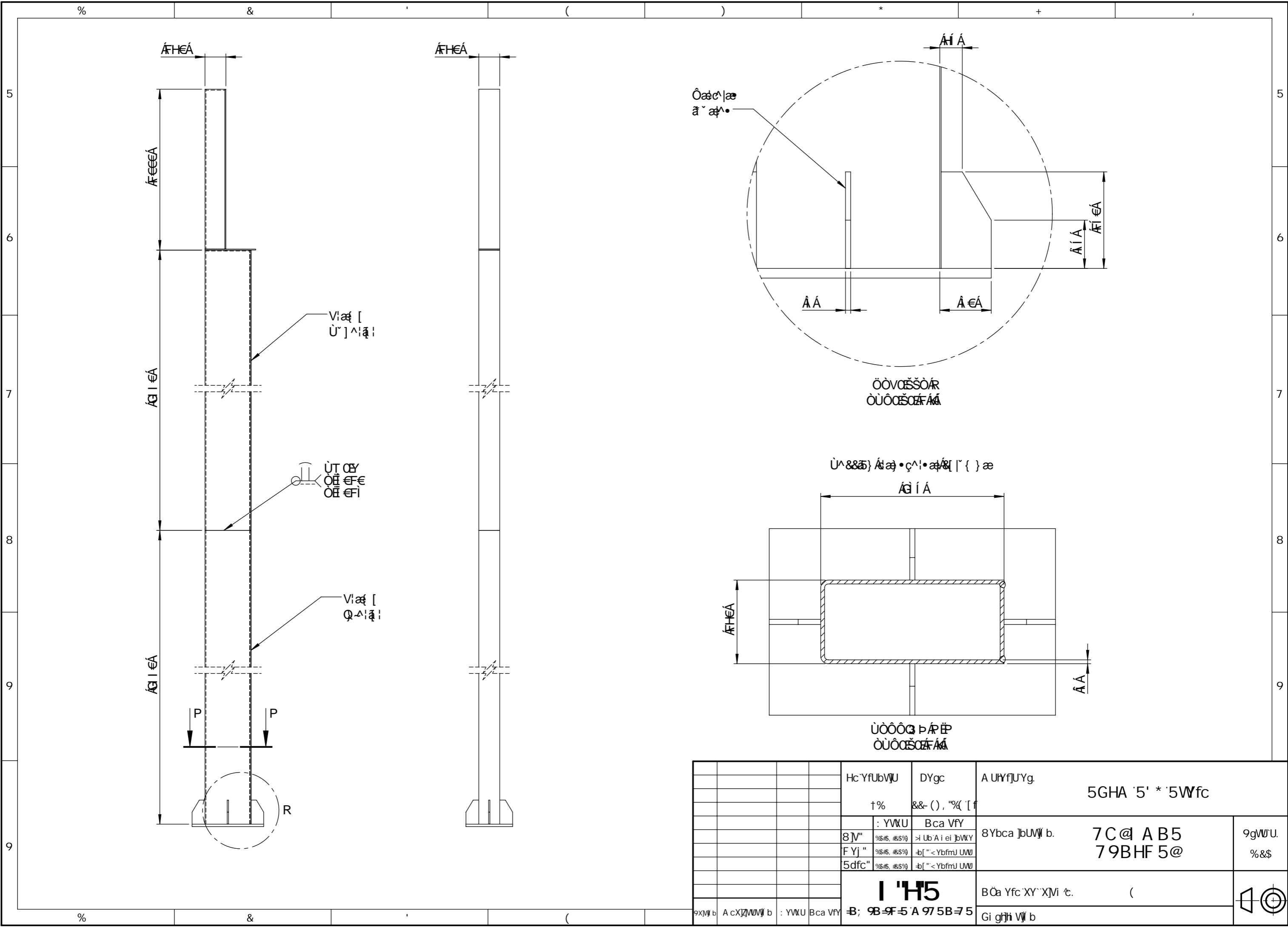
		Hc YfubVjU	DYgc	A UYfJUYg.	J 5F €G	
		†%	[f			
		: YWU	Bca VFY	8Ybca]bUW] b.	9GHFI 7HI F 5	9gWU.
		F Yj "	b[" < YbfmJ UW]			%&\$\$
		5dfc"	b[" < YbfmJ UW]			
				I 'H5	BŌa Yfc'XY'X]Mi €. %	
9x]W] b	A cX]Z]W]W] b	: YWU	Bca VFY	B; 9B-9F-5 'A 97 5B-7 5	Gi g]hi W] b	



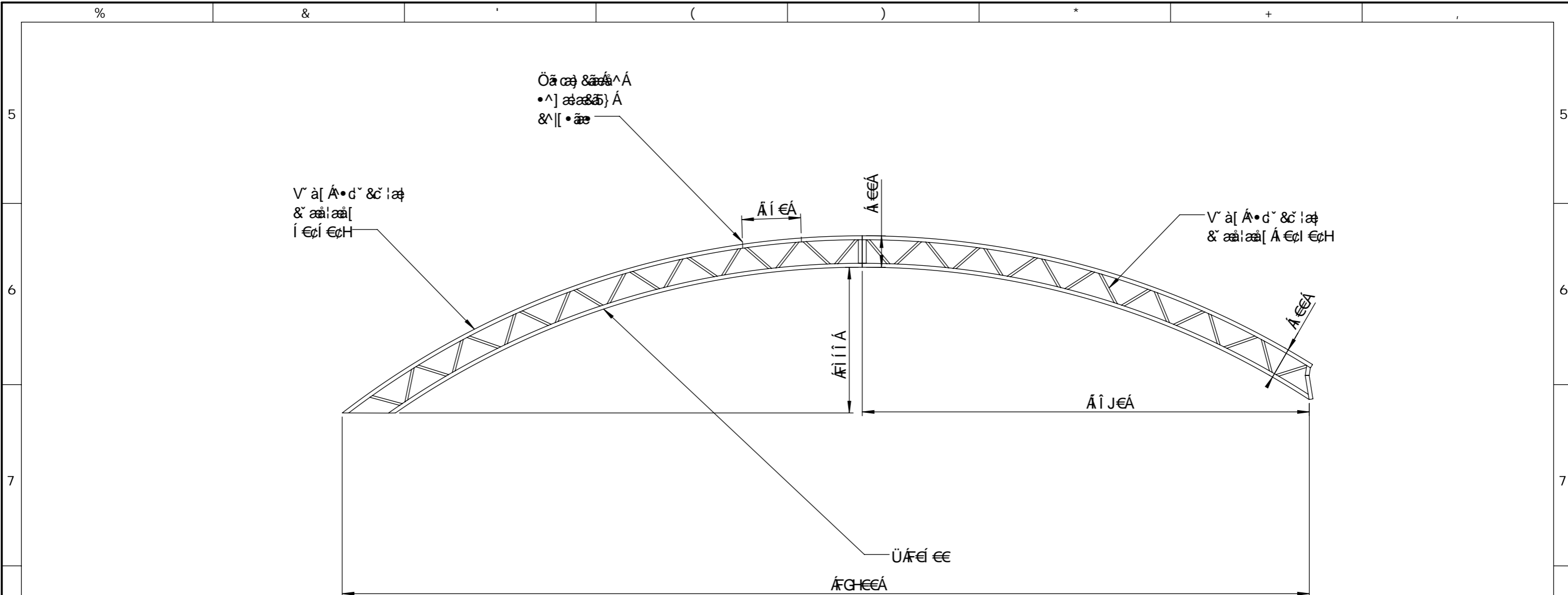
		Hc YfubVĴU	DYgc	A UYfĴUyg.	J 5F €G	
		†%	[f			
		: YWU	Bca VFY	8Ybca ĴbUWĴ b.	9GHFI 7HI F 5'	9gWU.
		F Yj "	•b[" < YbfmJ UWU		J €H5 : F CBH5@	%%\$
		5dfc"	•b[" < YbfmJ UWU			
		I 'H5		Bcā Yfc 'XY' XJi Ĳ.	&	⊲ ⊙
9XWĴ b	A cXĴWUWĴ b	: YWU	Bca VFY	-B; 9B-9F-5'A 97 5B=7 5	Gi gĴh WĴ b	



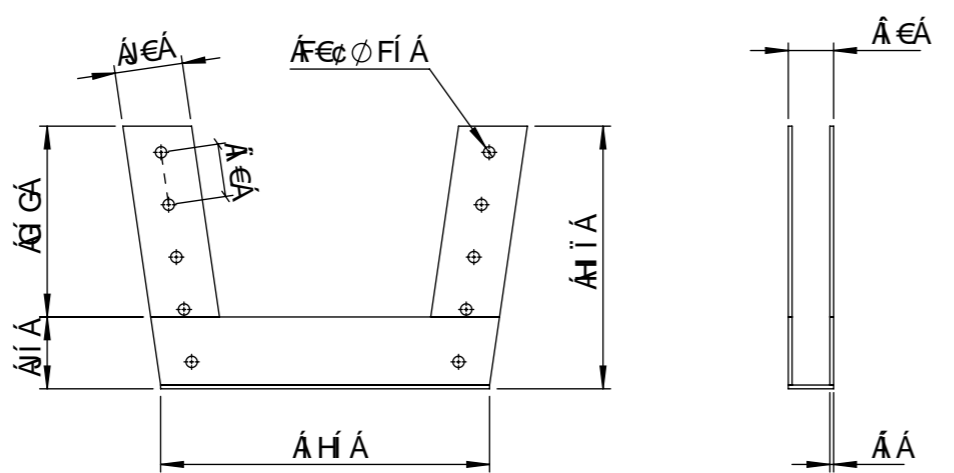
	Hc YfubVjU	DYgc	A UYfjUYg.	5GHA '5' * '5Wfc	
	†%	%(((- "+, [f			
	: YWU	Bca VFY	8Ybca]bUW] b.	7C@ AB5	9gWU.
	F Y] "	b[" < YbfmJ UWJ		@5H9F 5@	%&\$
	5dfc"	b[" < YbfmJ UWJ			
		1 'H5	BÖa Yfc 'XY' X]Mi ¸.		◁ ⊙
9X] b	A cX]Z]W] b	: YWU Bca VFY	B; 9B-9F-5 'A 97 5B-7 5		



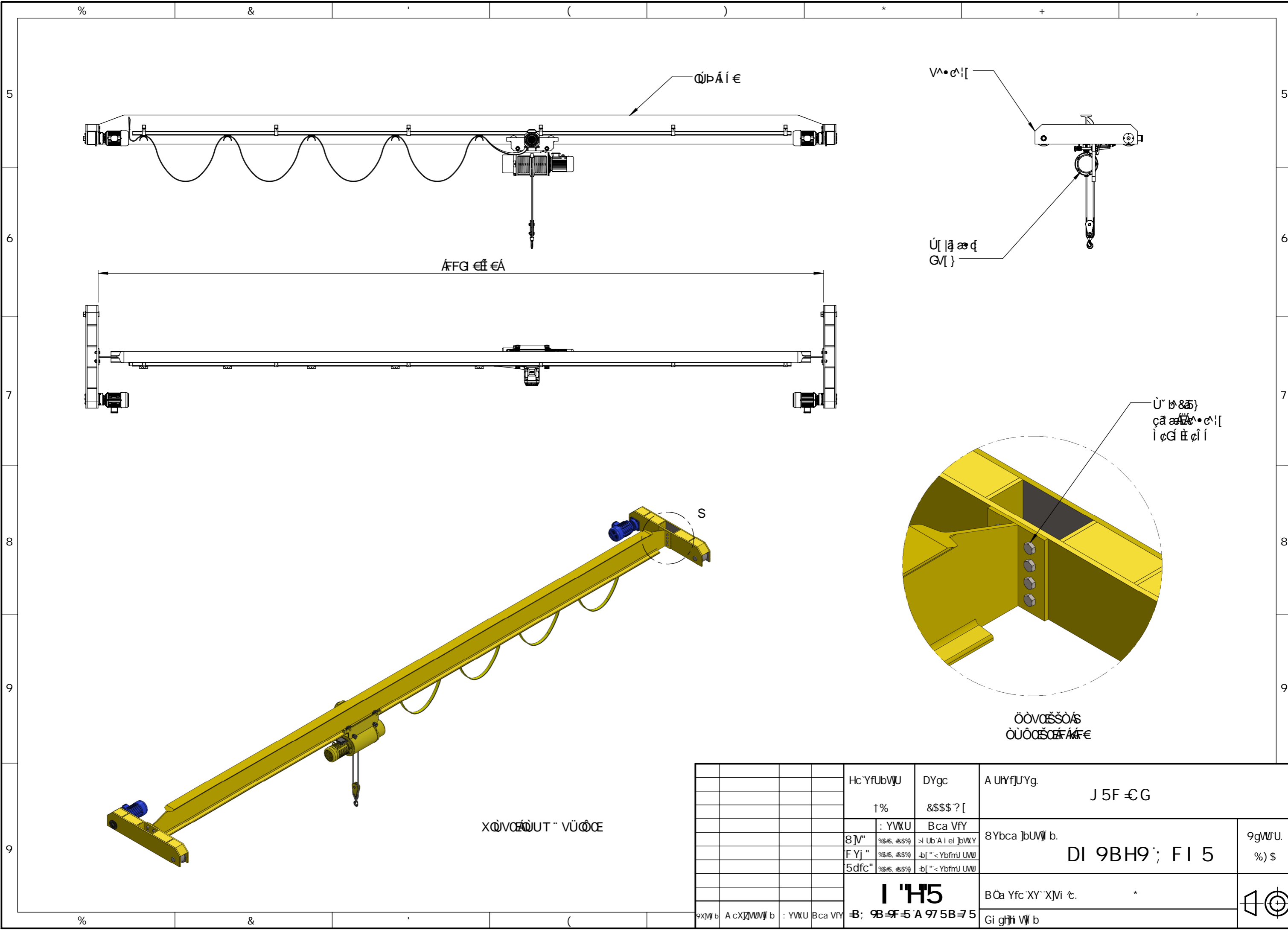
		Hc YfubVJU	DYgc	A UYfJUYg.	5GHA '5' * '5Wfc	
		†%	&&- () , "%([f			
		: YWU	Bca VFY	8Ybca]bUW] b.	7C@ AB5	9gW]U.
		8]V" %&# , #S%9	>i Ub'A i ei]bWXY		79BHF 5@	%&\$
		FY] " %&# , #S%9	b[" < YbfmJ UW]]			
		5dfc" %&# , #S%9	b[" < YbfmJ UW]]			
		1 'H5		BØa Yfc 'XY' X]Mi €. (⊕
9x]W] b	A cX]Z]W]V] b	: YWU	Bca VFY	-B; 9B-9F-5 'A 97 5B-7 5		



ÚWRÓVÓÖUÜÁÓP VÜÓÁÖÖÜÓPÖÉÜ



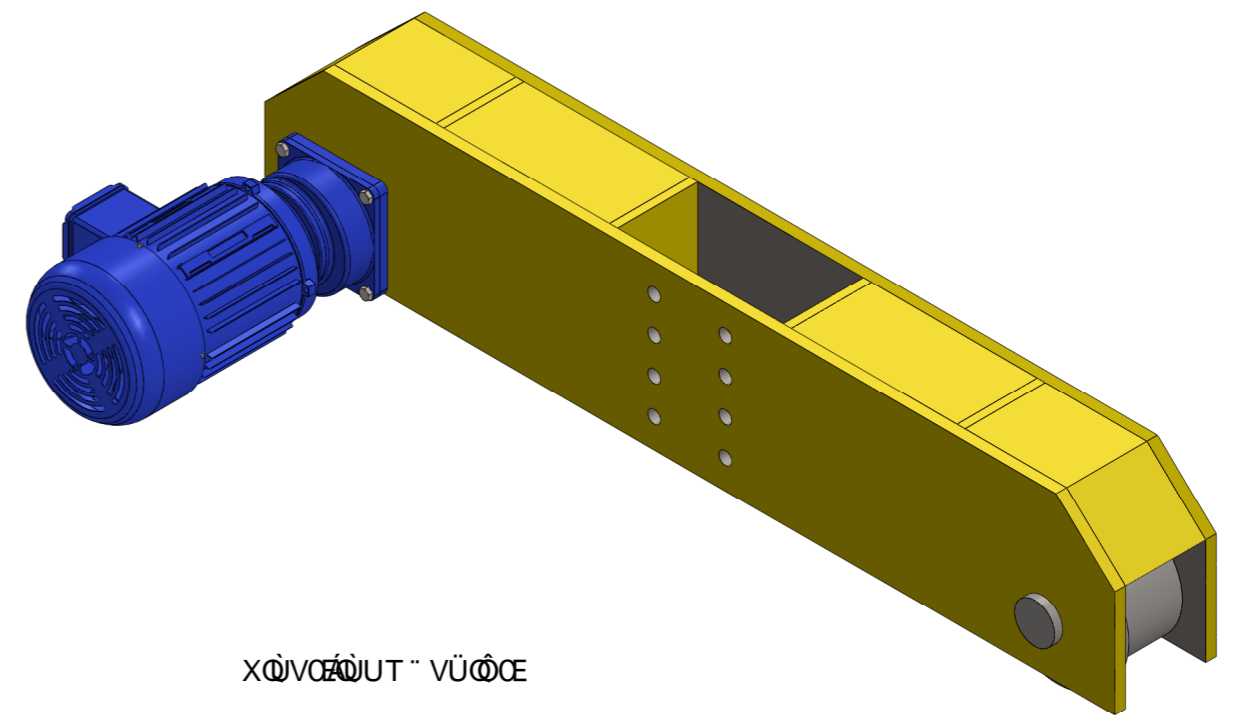
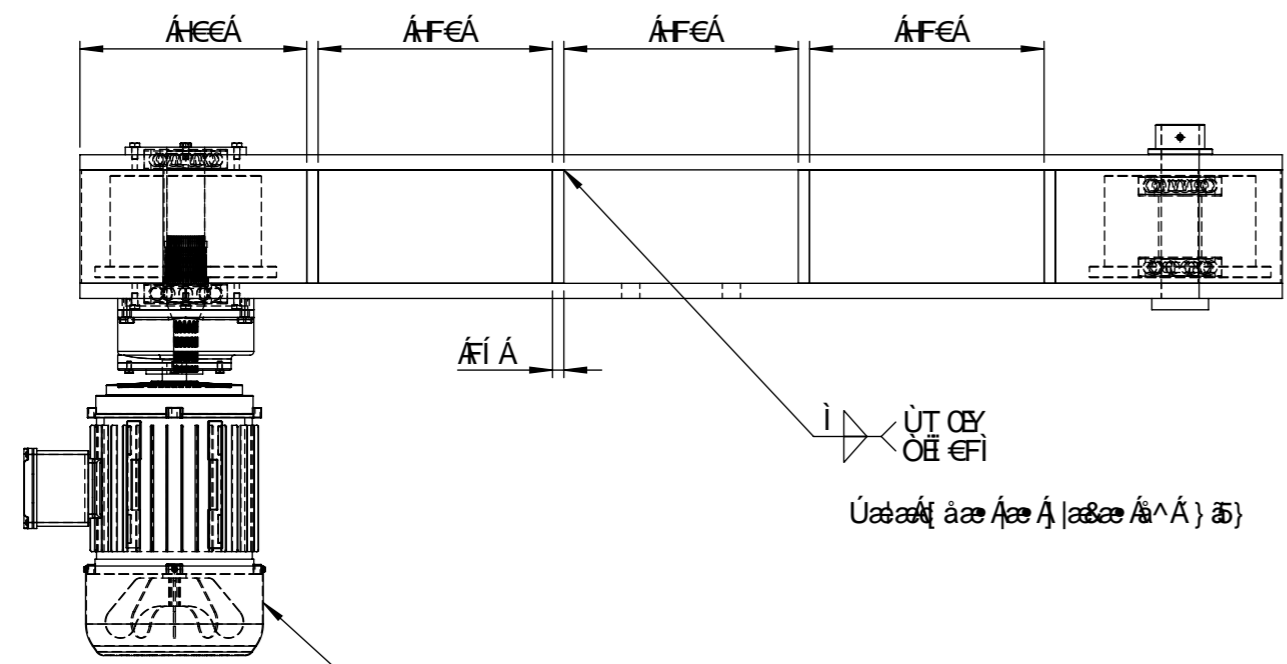
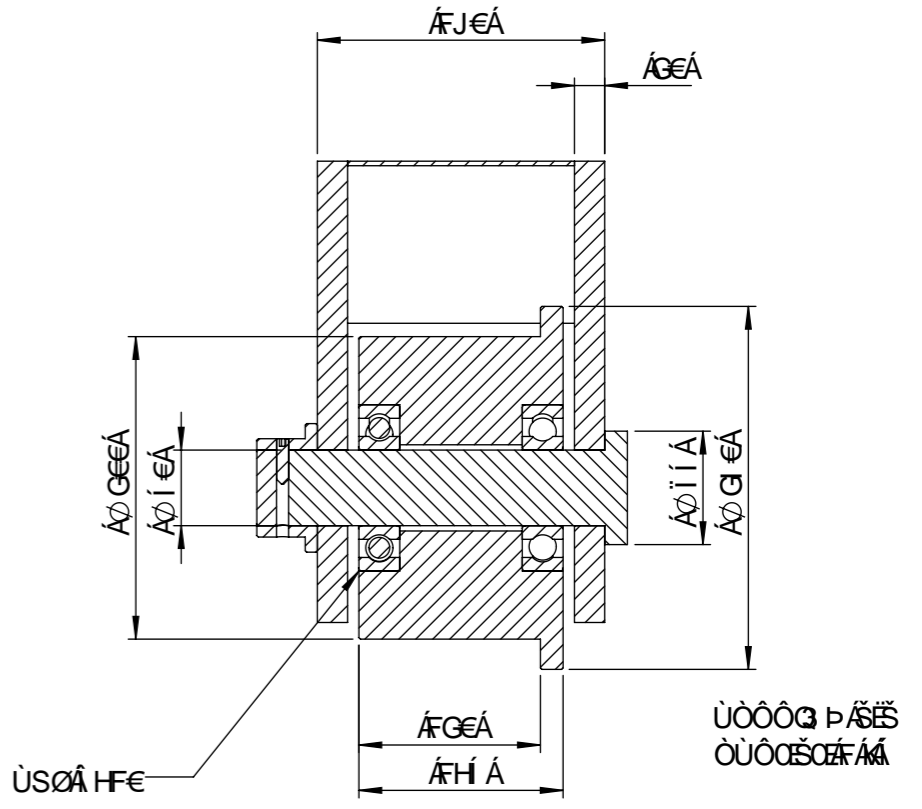
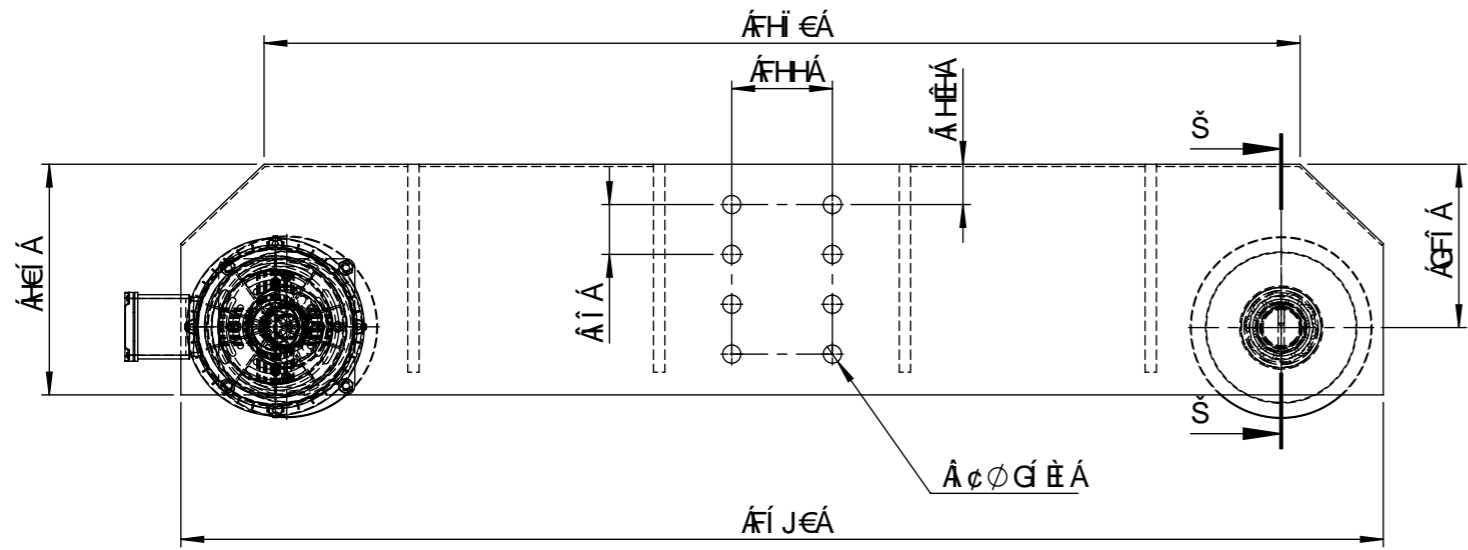
				Hc YfubVjU	DYgc	A UYfjUYg.	
				†%	%) (, , ' [f	5GHA '5' * '5Wfc	
				: YWU	Bca VFY	8Ybca]bUW] b.	9gWU.
				8]V"	%\$% >i Ub'A i ei]bVXY	79F 7 < 5'DF ß7 ð5@	%) \$
				F Yj "	%\$% <b[" < YbfmJ UWU		
				5dfc"	%\$% <b[" < YbfmJ UWU		
				1 'H5		BÖa Yfc'XY'X]Mi ε.)
				9X]W] b A cX]Z]W]V] b : YWU Bca VFY	B; 9B-9F-5'A 97 5B-7 5	Gi g]h] V] b	



XΩΝCΑΩUT" VÜCÖE

ÖÖVÄŠŠÖÄS
ÖÜÖÄŠÖÄFÄF€

		Hc YfubVJU	DYgc	A UYfJUyg.	J 5F €G
		†%	&\$\$\$? [
		: YWU	Bca VFY	8Ybca]bUW] b.	9gWU.
		8]V"	>i Ub'A i ei]pVXY	DI 9BH9 ; F I 5	%) \$
		F Yj "	fb] "< YbfmJ UWU		
		5dfc"	fb] "< YbfmJ UWU		
			I 'H5	BÖa Yfc'XY'X]Mi c.	*
			B; 9B-9F-5 A 97 5B-7 5	Gi g]h V] b	⊞ ⊙



$\hat{\text{X}}\hat{\text{O}}\hat{\text{N}}\hat{\text{O}}\hat{\text{A}}\hat{\text{O}}\hat{\text{U}}\hat{\text{T}}\hat{\text{V}}\hat{\text{U}}\hat{\text{O}}\hat{\text{E}}$

$\hat{\text{T}}\hat{\text{I}}\hat{\text{Q}}\hat{\text{I}}\hat{\text{A}}\hat{\text{A}}\hat{\text{a}}\hat{\text{a}}\hat{\text{I}}\hat{\text{a}}\hat{\text{a}}\hat{\text{a}}\hat{\text{a}}$

		Hc YfubVJU	DYgc	A UYfJUyg.	5GHA '5' * '5Wfc	
		†%	'&\$\$'?			
		: YWU	Bca VFY	8Ybca]bUW] b.	HYgYfc	9gWU.
		8]V" %&S%&S%	>i Ub'A i ei]bWY			%%\$
		F Y] " %&S%&S%	b] " < YbfmJ UWU			
		5dfc" %&S%&S%	b] " < YbfmJ UWU			
		1 'H5		Bca Yfc 'XY' X]Mi e.	+	
		B; 9B-9F-5 'A 97 5B-7 5		Gi g]h V] b		