

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE PREVIO  
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

---

“ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO EN EL PROCESO DE UNIÓN DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR MEDIANTE SOLDADURA SMAW CON ELECTRODO REVESTIDO AWS ENiFe – C Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA JUNTA SOLDADA”

---

**AUTOR:**

Egdo. Aldás Zuñiga Milton David

**TUTOR:**

Ing. Mg. Henry Vaca

**AMBATO – ECUADOR**

**2015**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación, bajo el tema ” **ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO EN EL PROCESO DE UNIÓN DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR MEDIANTE SOLDADURA SMAW CON ELECTRODO REVESTIDO AWS ENiFe – C Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA JUNTA SOLDADA**” desarrollado por el estudiante Aldás Zuñiga Milton David, egresado de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, considero que dicho informe de investigación fue elaborado en su totalidad por el autor y reúne los requisitos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal Examinador por el Consejo Directivo de esta Facultad.

**EL TUTOR**

-----  
**Ing. Mg. Henry Vaca**

## **AUTORÍA DE LA TESIS**

Declaro que los criterios expresados en la investigación denominada ” **ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO EN EL PROCESO DE UNIÓN DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR MEDIANTE SOLDADURA SMAW CON ELECTRODO REVESTIDO AWS ENiFe – C Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA JUNTA SOLDADA**”, así como también las ideas, análisis, conclusiones y propuesta son auténticas y de exclusiva responsabilidad de mi persona como autor de la presente investigación de grado.

## **EL AUTOR**

-----

Egdo. Milton David Aldás Zuñiga  
C.I. 180415649-3

## *DEDICATORIA*

*Dedicado a todos quienes en algún instante de la vida formaron parte de la mía, principalmente Dios.*

*A quienes formaron un pilar fundamental en esta dura lucha de formarme como un profesional, con buenos sentimientos, hábitos y valores, que hicieron que saliera adelante en los momentos más difíciles de mi carrera.*

*A mis padres Pedro Aldás y Carmen Zuñiga quienes me brindaron su apoyo durante toda esta larga etapa de mi vida.*

*A mis Hermanos José y Eduardo que han estado siempre ahí junto a mí en todo momento.*

*A mi familia que siempre me ha apoyado en todo momento compartiendo buenos y malos momentos.*

*A mis profesores quienes impartieron sus conocimientos para mi formación profesional, gracias por su tiempo y su dedicación.*

*A mis amigos que siempre me supieron apoyar, valorando y confiando en mí.*

*Dedicado de corazón por Milton.*



## *AGRADECIMIENTO*

*Agradezco a Dios por darme la oportunidad de renacer y empezar nuevamente cada día con fuerza, esperanza y actitud de luchador, afrontando obstáculos que se presentan cada instante de mi vida, también le agradezco porque nada en la vida me ha sido fácil conseguir, motivo para valorar mucho lo que hoy tengo.*

*Milton Aldás*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

### PAGINAS PRELIMINARES

Página del título.....	I
Página de aprobación por el tutor.....	II
Página de autoría de la tesis.....	III
Página de dedicatoria.....	IV
Página de agradecimiento.....	V
Índice de contenidos.....	VI
Índice de gráficos y tablas.....	XIV
Simbología.....	XXV
Resumen ejecutivo.....	XXVI

### CAPITULO I

1.1	EL PROBLEMA.....	2
1.2	TEMA DE INVESTIGACIÓN .....	2
1.2.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2.2	CONTEXTUALIZACIÓN.....	2
1.2.3	ANÁLISIS CRÍTICO.....	5
1.2.3	PROGNOSIS .....	6
1.2.4	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.2.5	PREGUNTAS DIRECTRICES.....	6
1.3	JUSTIFICACIÓN.....	8
1.4	OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS.....	9
1.4.1	OBJETIVO GENERAL.....	9
1.4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9

## CAPITULO II

2	MARCO TEÓRICO.....	10
2.1	ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	10
2.1.1	ANTECEDENTES.....	10
2.2	FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	12
2.3	FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	12
2.4	FUNDAMENTACIÓN TEORICA.....	13
2.4.1	Manufactura industrial.....	13
2.4.2	Composición química del material base de hierro nodular.....	27
2.4.3	Propiedades del material base de hierro fundido nodular.....	28
2.4.4	Unión de elementos.....	35
2.4.5	Zonas presentes en la soldadura.....	58
2.4.6	Tratamientos térmicos.....	61
2.4.7	Ingeniería de materiales.....	75
2.5	CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.....	103
2.6	HIPÓTESIS.....	103
2.7	SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES.....	103
2.7.1	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	103
2.7.2	VARIABLE DEPENDIENTE.....	103

## CAPITULO III

3	METODOLOGÍA.....	104
3.1	ENFOQUE.....	104
3.2	MODALIDAD Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	104
3.2.1	INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	104
3.2.2	INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL.....	104
3.3	NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	105
3.3.1	Exploratorio.....	105
3.3.2	Descriptivo.....	105

3.3.3	Correlacional .....	105
3.3.4	Explicativo.....	106
3.4	POBLACIÓN Y MUESTRA. ....	106
3.5	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	109
3.5.1	Variable independiente.....	109
3.5.2	Variable dependiente.....	110
3.6	RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN. ....	111
3.7	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.....	111

#### **CAPITULO IV**

4	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	112
4.1	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS. ....	112
4.1.1	FLUJOGRAMA DEL PROCESO PROPUESTO PARA LA OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	112
4.1.2	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	116
4.1.3	Datos del hierro fundido nodular según la norma ASTM A 536. ....	120
4.1.4	Ensayo metalográfico material base.....	121
4.1.5	Ensayo de tracción material base hierro nodular.....	124
4.1.6	Ensayo de impacto del metal base.....	129
4.1.7	Ensayo de flexión del material base. ....	130
4.1.8	Ensayo de dureza del material base.....	131
4.1.9	Determinación del carbono equivalente. ....	132
4.1.10	Material de aporte.....	133
4.1.11	Comparación visual de las micrografías.....	135
4.1.12	Evaluación de las juntas soldadas de la unión de tubería de agua de hierro nodular con precalentamiento y dos tipos de junta. ....	136
4.1.13	Ensayo de tracción de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 200 ° C, y electrodo ENiFe – CI.....	137

4.1.14	Ensayo de impacto de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 200 ° C, y electrodo ENiFe – CI.....	142
4.1.15	Ensayo de flexión de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 200°C, y electrodo ENiFe – CI.....	143
4.1.16	Ensayo de dureza de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 200 ° C, y electrodo ENiFe – CI.....	144
4.1.17	Ensayo metalográfico de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 200 ° C, y electrodo ENiFe – CI.....	145
4.1.18	Ensayo de tracción de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 250 ° C, y electrodo ENiFe – CI.....	152
4.1.19	Ensayo de impacto de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 250°C, y electrodo ENiFe – CI.....	157
4.1.20	Ensayo de flexión de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 250°C, y electrodo ENiFe – CI.....	158
4.1.21	Ensayo de dureza de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 250 ° C, y electrodo ENiFe – CI.....	159
4.1.22	Ensayo metalográfico de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 250°C, y electrodo ENiFe – CI.....	160
4.1.23	Ensayo de tracción de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 300 ° C, y electrodo ENiFe – CI.....	167
4.1.24	Ensayo de impacto de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 300 ° C, y electrodo ENiFe – CI.....	172
4.1.25	Ensayo de flexión de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 300°C, y electrodo ENiFe – CI.....	173

4.1.26	Ensayo de dureza de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 300 ° C, y electrodo ENiFe – CI.....	174
4.1.27	Ensayo metalográfico de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 300°C, y electrodo ENiFe – CI.....	175
4.1.28	Ensayo de tracción de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 350 °C, y electrodo ENiFe – CI.....	182
4.1.29	Ensayo de impacto de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 350 °C, y electrodo ENiFe – CI.....	187
4.1.30	Ensayo de flexión de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 350°C, y electrodo ENiFe – CI.....	188
4.1.31	Ensayo de dureza de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 350 ° C, y electrodo ENiFe – CI.....	189
4.1.32	Ensayo metalográfico de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 350°C, y electrodo ENiFe – CI.....	190
4.1.33	Evaluación de las juntas soldadas de la unión de tubería de agua de hierro nodular con precalentamiento y dos tipos de junta. ....	197
4.1.34	Ensayo de tracción de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 200 ° C, y electrodo ENiFe – CI.....	198
4.1.35	Ensayo de impacto de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 200 ° C, y electrodo ENiFe – CI.....	203
4.1.36	Ensayo de flexión de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 200°C, y electrodo ENiFe – CI.....	204
4.1.37	Ensayo de dureza de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 200°C, y electrodo ENiFe – CI.....	205

4.1.38	Ensayo metalográfico de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 200°C, y electrodo ENiFe – CI.....	206
4.1.39	Ensayo de tracción de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 250 ° C, y electrodo ENiFe – CI.....	213
4.1.40	Ensayo de impacto de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 250°C, y electrodo ENiFe – CI.....	217
4.1.41	Ensayo de flexión de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 250°C, y electrodo ENiFe – CI.....	218
4.1.42	Ensayo de dureza de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 200 ° C, y electrodo ENiFe – CI.....	219
4.1.43	Ensayo metalográfico de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 250°C, y electrodo ENiFe – CI.....	220
4.1.44	Ensayo de tracción de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 300 ° C, y electrodo ENiFe – CI.....	227
4.1.45	Ensayo de impacto de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 300 ° C, y electrodo ENiFe – CI.....	232
4.1.46	Ensayo de flexión de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 300°C, y electrodo ENiFe – CI.....	233
4.1.47	Ensayo de dureza de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 300 ° C, y electrodo ENiFe – CI.....	234
4.1.48	Ensayo metalográfico de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 300°C, y electrodo ENiFe – CI.....	235
4.1.49	Ensayo de tracción de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 350 ° C, y electrodo ENiFe – CI.....	242

4.1.50	Ensayo de impacto de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 350 °C, y electrodo ENiFe – CI.....	247
4.1.51	Ensayo de flexión de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 300°C, y electrodo ENiFe – CI.....	248
4.1.52	Ensayo de dureza de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 350 ° C, y electrodo ENiFe – CI.....	249
4.1.53	Ensayo metalográfico de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 350°C, y electrodo ENiFe – CI.....	250
4.2	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	257
4.2.1	Interpretación de resultados del ensayo de tracción.....	257
4.2.2	Ensayos de tracción en probetas soldadas en juntas en V de 60° con precalentamiento.....	258
4.2.3	Ensayos de tracción en probetas soldadas junta en V de 30° con precalentamiento.....	261
4.2.4	Comparación de resultados de ensayo de tracción material base vs juntas soldadas en V de 60° con precalentamiento.....	263
4.2.5	Comparación de resultados de ensayo de tracción material base vs juntas soldadas en V de 30° con precalentamiento.....	265
4.2.6	Comparación de resultados del ensayo a tracción para los dos tipos de juntas de soldadura utilizadas vs el material base. ....	267
4.2.7	Interpretación de resultados del ensayo de dureza. ....	268
4.2.8	Comparación de dureza con resistencia a la tracción para los dos tipos de juntas utilizadas. ....	274
4.2.9	Interpretación de resultados para el ensayo de impacto Charpy. ....	275
4.2.10	Interpretación de resultados para el ensayo de doblado guiado. ....	281
4.2.11	Interpretación de resultados para el ensayo de metalografía. ....	285
4.3	VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS. ....	300
4.3.1	Influencia de la temperatura en las propiedades mecánicas de la junta soldada.....	300
4.3.2	Verificación de la hipótesis estadísticamente.....	302



## **CAPÍTULO V**

5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	322
5.1	CONCLUSIONES.....	322
5.2	RECOMENDACIONES. ....	327

## **CAPITULO VI**

6	PROPUESTA.....	331
6.1	FLUJO GRAMA DEL DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	331
6.2	DATOS INFORMATIVOS.....	334
6.3	ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	335
6.4	JUSTIFICACIÓN.....	336
6.5	OBJETIVOS.....	337
6.5.1	Objetivo general. ....	337
6.5.2	Objetivos específicos.....	337
6.6	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	337
6.7	FUNDAMENTACIÓN.....	338
6.7.1	Propiedades del material base. ....	338
6.7.2	Resultados del ensayo de tracción.....	339
6.7.3	Resultados del ensayo de flexión. ....	341
6.7.4	Resultados del ensayo de dureza. ....	342
6.7.5	Resultados del ensayo de Impacto.....	342
6.7.6	Componentes micro-estructurales de la junta soldada. ....	343
6.8	METODOLOGÍA.....	346
6.9	ADMINISTRACIÓN. ....	384
6.9.1	Costo de la investigación realizada. ....	384
6.10	PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.....	385
7	BIBLIOGRAFÍA.....	386
8	ANEXOS.....	390

## ÍNDICE DE FIGURA Y TABLAS

### FIGURAS:

Figura 2.1 Microestructuras básicas y procesamiento para la obtención de las fundiciones comerciales más comunes. ....	16
Figura 2.2 Metalografía de las fundiciones. Microestructura de la fundición blanca. ....	17
Figura 2.3 Metalografía de las fundiciones. Hojuelas de grafito en el hierro fundido gris. ....	18
Figura 2.4 Metalografía de las fundiciones. Nódulos de carbono de revenido (rosetas) en una matriz ferrítica. ....	19
Figura 2.5 Metalografía de las fundiciones. Microestructura de la fundición nodular ferrítico-perlítica. ....	20
Figura 2.6 Diagrama de equilibrio o de fases, Fe-C .....	23
Figura 2.7 Diferentes formas del Grafito en hierro fundido. ....	25
Figura 2.8 Tamaño de grano del Grafito. ....	26
Figura 2.9 Formas distorsionadas del grafito. ....	27
Figura 2.10 Probeta utilizada para realizar el análisis químico. ....	28
Figura 2.11 Rango típico de los contenidos de carbono y silicio en hierro dúctil de buena calidad. ....	29
Figura 2.12 Influencia de la morfología de grafito en la curva de tensión-deformación de varios hierros fundidos. ....	30
Figura 2.13 Influencia de magnesio residual en forma de grafito. ....	31
Figura 2.14 Influencia de magnesio residual en la nodularidad de hierro dúctil. ....	31
Figura 2.15 Reproducción de un antiguo grabado de un taller de soldadura en 1887. ....	39
Figura 2.16 Breve descripción de los procesos por Arco Eléctrico. También del proceso Oxi - Gas. ....	40
Figura 2.17 Partes del Circuito de Soldadura por Arco Eléctrico con electrodo revestido. ....	41
Figura 2.18 Proceso de fusión del electrodo revestido. ....	42

Figura 2.19 La AWS designa a los electrodos de soldadura SMAW para acero al carbono así: .....	47
Figura 2.20 Diversas juntas y posiciones de soldadura.....	52
Figura 2.21 Posiciones de soldadura de tubos. ....	52
Figura 2.22 Juntas más frecuentes aplicadas para la unión por soldadura en hierro nodular (A.- junta a tope en V B.- Junta a tope en X C.- Junta traslapada en V). ....	53
Figura 2.23 Junta a tope. ....	55
Figura 2.24 Junta a tope en “V” .....	55
Figura 2.25 Junta de bisel simple.....	56
Figura 2.26 Junta a tope en doble “V” ó “X” .....	56
Figura 2.27 Junta a tope en “U” simple .....	57
Figura 2.28 Junta a tope en doble “U” .....	57
Figura 2.29 Junta de traslape de rincón simple.....	58
Figura 2.30 Junta de traslape de rincón doble.....	58
Figura 2.31 Diagrama esquemático de las zona afectada por el calor y las subzonas derivadas indicadas sobre un diagrama Fe-Fe <sub>3</sub> C .....	61
Figura 2.32 Esquema de calentamiento de la aleación de acuerdo al diagrama de estado Hierro-Carbono.....	70
Figura 2.33 Comportamiento de la difusión del carbono y la estructura final en la aleación de acuerdo a la zona de calentamiento. ....	71
Figura 2.34 Curvas TTT es el diagrama que relaciona el tiempo la temperatura requeridos para una transformación a temperatura constante.....	73
Figura 2.35 Influencia de la composición química en la soldabilidad de los hierros fundidos. ....	74
Figura 2.36 Probeta de tracción normalizada con sección rectangular.....	78
Figura 2.37 Dimensiones de la probeta plana .....	78
Figura 2.38 Esquema de la maquina utilizada para realizar ensayos de tracción. La probeta es alargada por el cabezal móvil; la celda de carga y el extensómetro miden, respectivamente, la carga aplicada y el alargamiento.....	79
Figura 2.39 Curva esfuerzo-deformación correspondiente a una aleación de aluminio .....	81
Figura 2.40 Curva esfuerzo deformación – nominal <b>kgcm<sup>2</sup> . mm</b> .....	82

Figura 2.41 Curva típica de tracción hasta la fractura, punto F. La resistencia a la tracción TS está indicada en el punto M. Los insertos circulares representan la geometría de la probeta deformada en varios puntos de la curva.....	83
Figura 2.42 El ensayo de impacto: a) los ensayos Charpy e Izood, y b) dimensiones de las probetas típicas. ....	90
Figura 2.43 Charpy (biga simple) sobre medida (tipo A) espécimen de prueba de impacto. Charpy (Simple-Beam) Subsize (Type A) Impact Test Specimens .....	91
Figura 2.44 Energía absorbida y porcentaje de cristalinidad en función de la temperatura de ensayo de Charpy. ....	92
Figura 2.45 Comportamiento mecánico en el ensayo de tensión de materiales frágiles, en comparación con materiales más dúctiles.....	93
Figura 2.46 Esquema básico de la realización de un ensayo de flexión .....	93
Figura 2.47 (a) Ensayo de flexión utilizado para medir la resistencia de materiales frágiles, y (b) deflexión $\delta$ obtenida durante la flexión de la probeta. ....	94
Figura 2.48 Probeta circular para ensayo de flexión.....	94
Figura 2.49 Probeta cuadrada o rectangular para ensayo de flexión.....	95
Figura 2.50 Curva esfuerzo de Flexión o modulo en flexión, obtenida a partir de un ensayo. ....	96
Figura 2.51 Dimensiones y cotas del punzón guiado.....	97
Figura 4.1 Diagrama de flujo para la investigación de la soldadura de hierro nodular. ....	115
Figura 4.2 Temperatura de precalentamiento según el carbono equivalente. ....	132
Figura 4.3 Análisis de esfuerzos en una junta soldada.....	257
Figura 4.4 Valores promedio comparativos de resistencia a la tracción Sut. Entre juntas en V de 60° y material base.....	263
Figura 4.5 Comparación de porcentajes de reducción a la tracción Sut. En juntas soldadas en V de 60°.....	264
Figura 4.6 Valores promedio comparativos de resistencia a la tracción Sut. Entre juntas en V de 30° y material base.....	265
Figura 4.7 Comparación de porcentajes de reducción a la tracción Sut. Entre juntas en V de 30° y material base.....	266

Figura 4.8 Comparación de resistencia a tracción entre juntas soldadas en V de 60° y juntas en V de 30° con precalentamiento, respecto del material base. ....	267
Figura 4.9 Comparación de durezas entre juntas en V de 60° soldadas con precalentamiento y material base.....	270
Figura 4.10 Comparación de durezas entre material base y juntas en V de 60° soldadas con precalentamiento. ....	271
Figura 4.11 Comparación de durezas entre juntas en V de 30° soldadas con precalentamiento y material base.....	272
Figura 4.12 Comparación de durezas entre material base y juntas en V de 30° soldadas con precalentamiento. ....	273
Figura 4.13 Comparación de resistencia a la tracción con la dureza para los dos tipos de juntas soldadas.....	274
Figura 4.14 Comparación de energía de impacto promedios para juntas soldadas en V de 60° con precalentamiento y material base.....	279
Figura 4.15 Comparación de energía de impacto promedios para juntas soldadas en V de 30° con precalentamiento y material base.....	280
Figura 4.16 Comparación de energía de impacto de los dos tipos de juntas (en V de 60° y en V de 30°) con el material base.....	281
Figura 4.17 Comparación de carga a flexión para juntas soldadas en V de 60° con el material base. ....	283
Figura 4.18 Comparación de carga a flexión para juntas soldadas en V de 60° con el material base. ....	284
Figura 4.19 Comparación de carga a flexión para de los dos tipos de juntas (en V de 60° y en V de 30°) con el material base.....	285
Figura 4.20 Comparación de porcentajes de Matriz Ferrítica para juntas soldadas en V de 60° con precalentamiento y material base sin soldadura, punto de análisis material base. ....	290
Figura 4.21 Comparación de porcentajes de Grafito para juntas soldadas en V de 60° con precalentamiento y material base sin soldadura, punto de análisis material base. ....	291
Figura 4.22 Comparación de porcentajes de Matriz Ferrítica para juntas soldadas en V de 60° con precalentamiento y material base sin soldadura, punto de análisis zona afectada térmicamente.....	292

Figura 4.23 Comparación de porcentajes de Grafito para juntas soldadas en V de 60° con precalentamiento y material base sin soldadura, punto de análisis zona afectada térmicamente.....	293
Figura 4.24 Comparación de porcentajes de Níquel y Carburos para juntas soldadas en V de 60° con precalentamiento, punto de análisis material de aporte.....	294
Figura 4.25 Comparación de porcentajes de Matriz Ferrítica para juntas soldadas en V de 30° con precalentamiento y material base sin soldadura, punto de análisis material base. ....	295
Figura 4.26 Comparación de porcentajes de Grafito para juntas soldadas en V de 30° con precalentamiento y material base sin soldadura, punto de análisis material base. ....	296
Figura 4.27 Comparación de porcentajes de Matriz Ferrítica para juntas soldadas en V de 30° con precalentamiento y material base sin soldadura, punto de análisis zona afectada térmicamente.....	297
Figura 4.28 Comparación de porcentajes de Grafito para juntas soldadas en V de 30° con precalentamiento y material base sin soldadura, punto de análisis zona afectada térmicamente.....	298
Figura 4.29 Comparación de porcentajes de Níquel y Carburos para juntas soldadas en V de 30° con precalentamiento, punto de análisis material de aporte.....	299
Figura 4.30 Campana de demostración y aceptación de la hipótesis.....	306
Figura 4.31 Campana de demostración y aceptación de la hipótesis.....	308
Figura 4.32 Campana de demostración y aceptación de la hipótesis.....	310
Figura 4.33 Campana de demostración y aceptación de la hipótesis.....	312
Figura 4.34 Campana de demostración y aceptación de la hipótesis.....	314
Figura 4.35 Campana de demostración y aceptación de la hipótesis.....	316
Figura 4.36 Campana de demostración y aceptación de la hipótesis.....	318
Figura 4.37 Campana de demostración y aceptación de la hipótesis.....	320
Figura 6.1 Curva resistencia VS porcentaje de elongación de la probeta 1.3.5 soldada con una temperatura de precalentamiento de 300°C. ....	340
Figura 6.2 Porcentajes de la microestructura del metal base de la junta soldada con precalentamiento de 300°C.....	343
Figura 6.3 Porcentajes de la microestructura de la zona afectada térmicamente de la junta soldada con precalentamiento de 300°C.....	344

Figura 6.4 Porcentajes de la microestructura del metal aporte la junta soldada con precalentamiento de 300°C.....	344
Figura 6.5 Muestra de tubería de hierro fundido nodular .....	348
Figura 6.6 Probetas para el ensayo de tracción.....	350
Figura 6.7 Instrumentos de la maquina universal a) Maquina universal, b) deformímetro, c) monitor de visualización, d) mordazas y alzas. .	351
Figura 6.8 curva de resistencia a la tracción VS porcentaje de deformación. ...	352
Figura 6.9 Probetas de para el ensayo de flexión guiado.....	353
Figura 6.10 Instrumentos del ensayo de flexión a) maquina universal, b) matriz de flexión, c) monitor de visualización de datos. ....	354
Figura 6.11 Probeta de material base sometida a flexión.....	355
Figura 6.12 a) Banco de lijas para el pulido, b) probeta pulida. ....	356
Figura 6.13 Ensayo de dureza. ....	357
Figura 6.14 Probeta de dureza ensayada en 10 puntos.....	358
Figura 6.15 Probetas para ensayo de Impacto.....	359
Figura 6.16 Maquina de Impacto a) montaje de la probeta, b) elevar el martillo y dejar caer, c) observamos y registrar datos. ....	360
Figura 6.17 Probetas ensayadas a impacto.....	361
Figura 6.18 Obtención de la muestra para el análisis metalográfico. ....	363
Figura 6.19 Banco de lijas para pulido grueso. ....	363
Figura 6.20 Máquina de pulido fino.....	364
Figura 6.21 Ataque químico sobre la probeta de hierro con Nital 2.....	365
Figura 6.22 Resultado metalográfico a) observación en el microscopio b) Microestructura observada de hierro fundido nodular, 200X, nital 2, 3Sg. ....	366
Figura 6.23 Juntas de soldadura adecuadas para hierro fundido.....	372
Figura 6.24 Proceso para la soldadura de la tubería, a) dimensiones, b) marcado, c) corte y biselado, d) junta en V de 60°.....	373
Figura 6.25 Proceso de limpieza de la tubería luego de ser biselada. ....	374
Figura 6.26 Configuración de puntos de unión antes del precalentamiento. ....	375
Figura 6.27 Electrodo para soldar hierro fundido, designación: nickel 99 (AWS A5.15 Ni-Ci). ....	376
Figura 6.28 Precalentamiento de las muestras en la fragua. ....	377

Figura 6.29 Limpieza de la junta precalentada con el uso de un cepillo de alambres. ....	378
Figura 6.30 Mandos de calibración de la máquina soldadora. ....	379
Figura 6.31 Control de la temperatura de precalentamiento. ....	381
Figura 6.32 Proceso de soldadura A) realización del proceso de soldadura, B) sentidos de giro en el proceso. ....	382
Figura 6.33 Recipiente con cal para el proceso de enfriamiento. ....	383
Figura 6.34 Ensayo visual de la junta soldada después de su enfriamiento. ....	383

## **TABLAS**

Tabla 2.1 Propiedades mecánicas de algunos tipos de fundición nodular .....	20
Tabla 2.2 Composición química para los hierros fundidos no aleados según la A.I.S.I. ....	21
Tabla 2.3 Clasificación de la fundición nodular teniendo en cuenta sus características mecánicas de acuerdo a la norma ASTM A536. ....	22
Tabla 2.4 Influencia de los elementos menor importancia en forma de grafito. ....	29
Tabla 2.5 Designación según otras normas con la aplicación de colores. La designación de materiales se ajusta a la norma UNE - EN 1560 .....	35
Tabla 2.6 Especificaciones ANSI/AWS para los electrodos revestidos. ....	43
Tabla 2.7 Resistencias a la tensión, según designación. ....	47
Tabla 2.8 Posición de soldadura. ....	47
Tabla 2.9 Tipo de recubrimiento. ....	48
Tabla 2.10 El sufijo (Ejemplo EXXXX A1) indica el porcentaje aproximado de aleación en el depósito de soldadura. (Soldexa 7º edición.) .....	48
Tabla 2.11 Práctica recomendada para los recocidos de fundiciones nodulares... 65	65
Tabla 2.12 Presenta valores típicos a temperatura ambiente del límite elástico, resistencia a la tracción y porcentaje de ductilidad de hierro dúctil o nodular. ....	85
Tabla 2.13 Técnicas de ensayo de dureza. ....	86
Tabla 2.14 Comparación de ensayos de dureza típicos. ....	89
Tabla 2.15 Tabla de dimensiones de la matriz de flexión. ....	97
Tabla 2.16 Dimensiones de la probeta de flexión. ....	98
Tabla 3.1 Valores de Z más utilizados, según el valor de $\alpha$ . ....	107



Tabla 3.2 Ensayos que se realizaran según las siguientes normas.....	108
Tabla 4.1 Propiedades del material de aporte catálogo. (Anexo A2).....	134
Tabla 4.2 Resultados del ensayo de tracción realizado en las probetas de material base del tubo hierro nodular grado 60-42-10. ....	258
Tabla 4.3 Resultados del ensayo de tracción realizado en las probetas soldadas junta en V de 60° con precalentamiento a 200°C en el tubo de hierro nodular grado 60-42-10.....	258
Tabla 4.4 Resultados del ensayo de tracción realizado en las probetas soldadas junta en V de 60° con precalentamiento a 250°C en el tubo de hierro nodular grado 60-42-10.....	259
Tabla 4.5 Resultados del ensayo de tracción realizado en las probetas soldadas junta en V de 60° con precalentamiento a 300°C en el tubo de hierro nodular grado 60-42-10.....	259
Tabla 4.6 Resultados del ensayo de tracción realizado en las probetas soldadas junta en V de 60° con precalentamiento a 350°C en el tubo de hierro nodular grado 60-42-10.....	259
Tabla 4.7 Resultados promedio del ensayo de tracción en comparación con el material base y juntas en V de 60° soldadas con precalentamiento, en el tubo de hierro nodular grado 60-42-10.....	260
Tabla 4.8 Porcentajes de reducción de resistencia en juntas en V de 60°.....	260
Tabla 4.9 Datos de resistencia a la tracción material base y juntas soldadas en V de 60° con precalentamiento. ....	260
Tabla 4.10 Resultados del ensayo de tracción realizado en las probetas soldadas junta en V de 30° con precalentamiento a 200°C en el tubo de hierro nodular grado 60-42-10.....	261
Tabla 4.11 Resultados del ensayo de tracción realizado en las probetas soldadas junta en V de 30° con precalentamiento a 250°C en el tubo de hierro nodular grado 60-42-10.....	261
Tabla 4.12 Resultados del ensayo de tracción realizado en las probetas soldadas junta en V de 30° con precalentamiento a 300°C en el tubo de hierro nodular grado 60-42-10.....	261
Tabla 4.13 Resultados del ensayo de tracción realizado en las probetas soldadas junta en V de 30° con precalentamiento a 350°C en el tubo de hierro nodular grado 60-42-10.....	262
Tabla 4.14 Resultados promedio del ensayo de tracción en comparación con el material base y juntas en V de 30° soldadas con precalentamiento, en el tubo de hierro nodular grado 60-42-10.....	262

Tabla 4.15	Porcentajes de reducción de resistencia en juntas en V de 30° .....	262
Tabla 4.16	Datos de resistencia a la tracción material base y juntas soldadas en V de 30° con precalentamiento. ....	263
Tabla 4.17	Resultados del ensayo de dureza realizado en las probetas de material base y juntas en V de 60° soldadas con precalentamiento del tubo hierro nodular grado 60-42-10. ....	268
Tabla 4.18	Resultados del ensayo de dureza realizado en las probetas de material base y juntas en V de 30° soldadas con precalentamiento del tubo hierro nodular grado 60-42-10. ....	269
Tabla 4.19	Resultados del ensayo de impacto Charpy realizado en las probetas de material base del tubo hierro nodular grado 60-42-10. ....	275
Tabla 4.20	Resultados del ensayo de impacto Charpy realizado en las probetas de junta en V de 60° soldadas con precalentamiento de 200°C en el tubo hierro nodular grado 60-42-10. ....	275
Tabla 4.21	Resultados del ensayo de impacto Charpy realizado en las probetas de junta en V de 60° soldadas con precalentamiento de 250°C en el tubo hierro nodular grado 60-42-10. ....	276
Tabla 4.22	Resultados del ensayo de impacto Charpy realizado en las probetas de junta en V de 60° soldadas con precalentamiento de 300°C en el tubo hierro nodular grado 60-42-10. ....	276
Tabla 4.23	Resultados del ensayo de impacto Charpy realizado en las probetas de junta en V de 60° soldadas con precalentamiento de 350°C en el tubo hierro nodular grado 60-42-10. ....	276
Tabla 4.24	Resultados del ensayo de impacto Charpy realizado en las probetas de junta en V de 30° soldadas con precalentamiento de 200°C en el tubo hierro nodular grado 60-42-10. ....	277
Tabla 4.25	Resultados del ensayo de impacto Charpy realizado en las probetas de junta en V de 30° soldadas con precalentamiento de 250°C en el tubo hierro nodular grado 60-42-10. ....	277
Tabla 4.26	Resultados del ensayo de impacto Charpy realizado en las probetas de junta en V de 30° soldadas con precalentamiento de 300°C en el tubo hierro nodular grado 60-42-10. ....	277
Tabla 4.27	Resultados del ensayo de impacto Charpy realizado en las probetas de junta en V de 30° soldadas con precalentamiento de 350°C en el tubo hierro nodular grado 60-42-10. ....	278
Tabla 4.28	Datos comparativos de energía de impacto en juntas en V de 60° y material base.....	278

Tabla 4.29	Datos comparativos de energía de impacto en juntas en V de 30° y material base.....	278
Tabla 4.30	Resultados del ensayo flexión guiado de raíz realizado en las probetas de junta en V de 60° soldadas con precalentamiento de 350°C y material base en el tubo hierro nodular grado 60-42-10. ....	282
Tabla 4.31	Resultados del ensayo flexión guiado de raíz realizado en las probetas de junta en V de 30° soldadas con precalentamiento de 350°C y material base en el tubo hierro nodular grado 60-42-10. ....	282
Tabla 4.32	Resultados de las propiedades del Grafito para juntas soldadas en V de 60° con precalentamiento, ensayo metalográfico, según la norma ASTM A247 – 98, para el material base a 100X. ....	286
Tabla 4.33	Resultados de las propiedades del Grafito para juntas soldadas en V de 30° con precalentamiento, ensayo metalográfico, según la norma ASTM A247 – 98, para el material base a 100X. ....	286
Tabla 4.34	Resultados de las propiedades del Grafito para juntas soldadas en V de 60° con precalentamiento, ensayo metalográfico, según la norma ASTM A247 – 98, para zona afectada térmicamente a 100X.....	287
Tabla 4.35	Resultados de las propiedades del Grafito para juntas soldadas en V de 30° con precalentamiento, ensayo metalográfico, según la norma ASTM A247 – 98, para zona afectada térmicamente a 100X.....	287
Tabla 4.36	Comparación de porcentajes de ferrita y grafito en las juntas en V de 60° soldadas con precalentamiento y material base sin soldadura, punto de análisis material base.....	288
Tabla 4.37	Comparación de porcentajes de ferrita y grafito en las juntas en V de 60° soldadas con precalentamiento y material base sin soldadura, punto de análisis zona afectada térmicamente. ....	288
Tabla 4.38	Comparación de porcentajes de carburos y matriz de Níquel en las juntas en V de 60° soldadas con precalentamiento, punto de análisis material de aporte. ....	289
Tabla 4.39	Comparación de porcentajes de ferrita y grafito en las juntas en V de 30° soldadas con precalentamiento y material base sin soldadura, punto de análisis material base.....	289
Tabla 4.40	Comparación de porcentajes de ferrita y grafito en las juntas en V de 30° soldadas con precalentamiento y material base sin soldadura, punto de análisis zona afectada térmicamente. ....	289

Tabla 4.41 Comparación de porcentajes de carburos y matriz de Níquel en las juntas en V de 30° soldadas con precalentamiento, punto de análisis material de aporte. ....	290
Tabla 4.42 Formulacion de dos clases de hipotesis. ....	303
Tabla 4.43 Cuadro de aceptación de hipótesis. ....	303
Tabla 4.44 Datos del ensayo de tracción, material base y juntas soldadas. ....	305
Tabla 4.45 Datos del ensayo de tracción, material base y juntas soldadas. ....	307
Tabla 4.46 Datos del ensayo de tracción, material base y juntas soldadas. ....	309
Tabla 4.47 Datos del ensayo de tracción, material base y juntas soldadas. ....	311
Tabla 4.48 Datos del ensayo de tracción, material base y juntas soldadas. ....	313
Tabla 4.49 Datos del ensayo de tracción, material base y juntas soldadas. ....	315
Tabla 4.50 Datos del ensayo de tracción, material base y juntas soldadas. ....	317
Tabla 4.51 Datos del ensayo de tracción, material base y juntas soldadas. ....	319
Tabla 6.1 Principales propiedades del material base. ....	339
Tabla 6.2 Resultados del ensayo de tracción. ....	340
Tabla 6.3 Resultados del ensayo a flexión para la junta soldada con precalentamiento de 300°C. ....	341
Tabla 6.4 Resultados del ensayo de dureza para la junta soldada con precalentamiento de 300°C. ....	342
Tabla 6.5 Resultados de ensayo de Impacto para la junta soldada con una temperatura de precalentamiento de 300°C. ....	343
Tabla 6.6 Muestra para análisis químico. ....	349
Tabla 6.7 Resultados del ensayo a tracción realizado para la probeta de material base # 0.0.4. ....	352
Tabla 6.8 Resultados del ensayo de flexión. ....	355
Tabla 6.9 Costos de la investigación. ....	384

## **SIMBOLOGÍA**

MB = Material base

MA = Material de aporte

ZAT = Zona Afectada térmicamente

SMAW = Soldadura manual de arco revestido

FMB = Falla material base

FJS = Falla junta soldada

HB = Dureza Brinell, HARD BRINELL

Ni 99 = Electrodo con un contenido del 99% de Niquel.

PET = Polietileno de alta densidad

60 - 42 - 10 = Designación del material base según la norma ASTM A536

CA = Corriente continua.

CD = Corriente directa o alterna

A = Amperaje.

V = Voltaje.

TTT = Temperatura – Tiempo – Transformación

CE = Carbono equivalente

Sut = Resistencia ultima a la tracción

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE PREVIO**  
**LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**Autor:** Aldás Zuñiga Milton David

**Tutor:** Ing. Mg. Henry Vaca

**Fecha:** Agosto 20 del 2014

**RESUMEN**

Las fundiciones son muy difíciles de soldar ya que presentan poca soldabilidad motivo por el cual se realizó esta investigación, si se considera algunas especificaciones con mucho cuidado es posible realizar uniones soldadas con el proceso SMAW, para esto se debe seguir un procedimiento muy riguroso, a fin de no cambiar las propiedades mecánicas del material base.

Esta investigación se inició con la determinación de la soldabilidad que tiene el hierro fundido nodular según la DUCTILE IRON CAST SECTION VIII, así como también en estudios antes realizados, de esta manera se determinó que para soldar hierro fundido nodular se tiene que realizar un calentamiento previo en el material, posteriormente se determinó cómo incide esta temperatura de precalentamiento en las propiedades mecánicas de la junta soldada con electrodo E Ni – CI en la tubería de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 especificado en la norma ASTM A536, las temperaturas utilizadas son de 200°C, 250°C, 300°C, y 350°C con la utilización de dos tipos de juntas (en V de 60° y en V de 30°), para la evaluación de las juntas soldadas se realizó probetas y se realizaron ensayos de tracción, flexión, impacto, dureza, y análisis metalográfico, los resultados fueron analizados obteniendo como conclusión que a la temperatura de 300°C, con el tipo de junta en V de 60° presentó las mejores propiedades mecánicas. Con los datos experimentales se procedió a realizar un manual de soldadura SMAW para tuberías de hierro fundido nodular.

**Palabras clave:** Hierro fundido nodular, soldadura, precalentamiento.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO**  
**FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND MECHANICS**  
**STRUCTURED WORK INDEPENDENTLY PRIOR PROCUREMENT**

**TITLE MECHANICAL ENGINEER**

**Author:** Milton David Zuñiga Aldás

**Tutor:** Ing. Mg. Henry Vaca

**Date:** August 20 th, 2014

**ABSTRACT**

Castings are very difficult to weld and having poor weldability why this research was conducted, considering some specifications carefully is possible welded joints with SMAW process for this should follow a rigorous procedure, no change to the mechanical properties of the base material.

This research was initiated to determine weldability having the nodular cast iron according to the CAST Ductile Iron SECTION VIII, as well as in studies previously performed, so it was determined that nodular cast iron welding is to be performed preheating in the material, later determined how this affects the preheating temperature on the mechanical properties of the welded joint with electrode E Ni - CI iron pipe ductile grade 60 - 42-10 specified in ASTM A536, the temperatures used are 200 ° C, 250 ° C, 300 ° C, and 350 ° C with the use of two types of joints (in 60 ° V and V of 30 °), for evaluation of the welded joints specimens was performed and tensile, flexural, impact, hardness and metallographic analyzes were performed, the results were analyzed obtaining the conclusion that at a temperature of 300 ° C, with the type of joint in 60 ° V had the best mechanical properties. After the experiment was carried out a manual SMAW welding to ductile iron pipe.

**Keywords:** Nodular cast iron, welding, preheating.

## **CAPITULO I**

### **1.1 EL PROBLEMA**

### **1.2 TEMA DE INVESTIGACIÓN**

**“ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO EN EL PROCESO DE UNIÓN DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR MEDIANTE SOLDADURA SMAW CON ELECTRODO REVESTIDO AWS ENi – CI Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA JUNTA SOLDADA”**

#### **1.2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

#### **1.2.2 CONTEXTUALIZACIÓN.**

Actualmente en el mundo las fundiciones se producen en mayor tonelaje que cualquier otro tipo de aleaciones fundidas debido a sus buenas propiedades y numerosas aplicaciones.

La Universidad Católica de Argentina, en estudios realizados en fundición nodular determinan que “con el nombre genérico de fundiciones se designa a grupo muy importante de aleaciones a base de hierro con diversos contenidos de carbono y silicio, en las cuales el carbono se encuentra en cantidad superior al que puede tener la austenita en disolución sólida a temperatura eutéctica (2%)”, (Bacon, 2008, p.2)

En la Universidad de Matanzas mediante estudios realizados sobre la soldabilidad de los hierro fundidos donde determina referencias sobre las primeras aplicaciones de hierro fundido que según (Heyer, 1949) se han encontrado en Japón y en China hierros fundidos pertenecientes a los primeros siglos de la era cristiana. También existen evidencias ciertas de obras escultóricas romanas de la misma época



fabricadas de hierro fundido. En 1939 se publicaron datos de composición química y fotografías de la microestructura de una fundición china hecha en el período entre los años 500-1100 de nuestra era. Esas primeras fundiciones fueron hechas probablemente reduciendo el hierro a través de carbón vegetal en pequeños hornos de crisol o de pozo, (Torres, 2010, p. 2).

El hierro fundido se volvió provechoso para los propósitos ingenieriles y domésticos después del desarrollo del horno de cubilote entre los siglos XVIII y XIX. Según la referencia (Roshental et al, 1995), el primer horno de cubilote fue patentado en el año 1794.

Basada en Birmingham, Alabama, U.S. Pipe and Foundry Company, Inc. es el principal fabricante de tubería de Hierro Dúctil en toda América. U.S. Pipe fabrica tubería de Hierro Dúctil y accesorios, productos para el anclaje de juntas, válvulas e hidrantes, y otros productos para la industria de agua y aguas negras. Desde su génesis en 1899, U.S. Pipe consistentemente ha encabezado la industria con innovaciones y el desarrollo de productos, (U.S. Pipe, 2009, p. 3)

Las fundiciones tienen un porcentaje mínimo de resistencia a la tracción que los aceros y son más frágiles (por el contenido de grafito), pero en cambio tienen unas excelentes propiedades en cuanto a resistencia a compresión, resistencia al desgaste, buena respuesta a la fricción, son auto-lubricantes, resistentes a vibraciones y fácil mecanizado.

Según la Shurjoint (2011), dedicada a la producción de partes de hierro nodular, realiza estudios en materiales de hierro nodular donde determina que la fuerza superior de la fundición de hierro nodular se logró mediante la cristalización de grafito en forma de nódulos. El resultado fue de hierro nodular con propiedades de resistencia a la tracción y el rendimiento es igual o mayor que algunas fundiciones de acero. Esta fuerza superior, combinada con la excelente colabilidad de hierros dúctiles ayuda a reducir el peso y el costo de muchos componentes. Debido a estas ventajas y beneficios, muchos componentes se han convertido de hierro gris, hierro maleable y fundición de acero en fundición dúctil en los últimos 60 años, Materiales de Hierro Dúctil.

Para Darwin Baño (2008), la fundición de hierro dúctil es la más joven dentro de la familia de las aleaciones férricas formando con las maleables un puente entre las propiedades de las fundiciones grises y los aceros moldeados. A pesar de las grandes posibilidades que ofrece la fundición dúctil, combinando algunas de las propiedades mecánicas del acero con el menor coste y mayor facilidad de obtención de piezas de la fundición, su uso está todavía limitado por ciertos factores. Uno de ellos es la gran dificultad que existe para mantener las propiedades mecánicas de la fundición cuando se realiza una soldadura. La menor resistencia a la fractura en las uniones soldadas de fundición se deben muchas veces a la formación de micro estructuras como: cementita, martensita, vainita y ferrita a circular; que inciden directamente en la propiedades mecánicas en la zona afectada térmicamente (ZAT) y a la aparición de carburos de hierro en la interface entre el cordón y el metal base. Es por ello que se hace necesario evaluar la resistencia a la fractura de las uniones obtenidas con distintos métodos.

En Ingeniería Mecánica se requiere conocer en detalle el comportamiento de las juntas soldadas para analizar las propiedades obtenidas en las zonas afectadas térmicamente y tratar de realizar un control estricto de las temperaturas antes, durante y después del proceso de soldadura y así poder establecer un método con el fin de mantener la temperatura de precalentamiento durante la aplicación del material de aporte y asegurar un enfriamiento lento posterior al proceso de soldadura y poder generar uniones soldadas de elementos mecánicos reparados por soldadura con mejores características mecánicas.

A nivel de nuestro país existe muy pocos estudios respecto al tema de investigación propuesto pues la mayoría de sectores están dedicados a la fundición y no a la soldadura de elementos de hierro nodular, y los que realizan lo hacen de manera artesanal y por lo tanto no tiene fundamentación científica pues sus conocimientos son empíricos, en nuestro país existen limitadas empresas dedicadas a la producción o importación de hierro nodular se puede mencionar Aqua Ingeniería una empresa Cuencana dedicada a la producción de tuberías de este material para agua potable, y aguas negras, en la provincia existe dos empresas dedicada al realizar fundiciones (Metalurgia Tirado Hermanos y

Fundiciones Laser), pero no producen la fundición nodular y tampoco realizan procesos de soldadura en este tipo de material.

Se cree útil realizar este estudio para usarlo en diferentes ramas de la industria en el país y en la provincia de Tungurahua para aportar con la investigación en el área de materiales.

### **1.2.3 ANÁLISIS CRÍTICO.**

El presente proyecto de estudio de la soldadura SMAW de la unión de tuberías de hierro nodular (dúctil) está orientado a brindar una fuente alternativa de unión de elementos o accesorios a una tubería o reparación en caso que esta pudiera sufrir daños o fracturas, en varios de los casos la reposición de una tubería podría resultar muy costoso o incluso dicho elemento podría resultar muy difícil de conseguirlo en nuestro país lo que resultaría en un inconveniente, es por ello que a través de un proceso de soldadura se puede reparar el elemento a un costo bastante bajo y en el menor tiempo posible, pero las características de un material soldado no son comparables con las de un material nuevo, es decir con estructura casi uniforme.

Según la Ductile Iron Society (2007), se determina que mediante tratamientos térmicos post-soldadura como el precalentamiento es empleado para el control de la microestructura y controlar la formación de cementita un compuesto químico inestable en determinadas condiciones (a una temperatura dada) se descompone formando austenita y grafito o ferrita y grafito. Para que el proceso se realice, es necesaria la difusión del grafito hacia los centros de cristalización del grafito y la auto difusión del hierro de los puntos en los cuales se segregue grafito en la zona de la soldadura, es posible contribuir a mejorar las características de la junta soldada, la AWS desarrollo una prueba de soldabilidad que estableció la mínima temperatura a la que se puede lograr juntas sin presencia de fisuras (no-crack temperatura).

El precalentamiento es un parámetro de gran importancia a considerar para el control de la microestructura en la zona de soldadura, constituyéndose en uno de

los aspectos a considerar en el establecimiento de un proceso de soldadura en hierro fundido nodular.

### **1.2.3 PROGNOSIS**

Con la culminación de este proyecto de investigación, se cuenta con datos exactos de parámetros de precalentamiento para la unión de juntas soldadas de fundición de hierro nodular con electrodo revestido AWS ENiFe - C, lo cual conlleva a realizar uniones soldadas de elementos mecánicos con buenas propiedades mecánicas y bajos costos, si no se culminaba este estudio se seguirá realizando uniones soldadas a elevados costos y procesos ineficientes lo que conlleva a ser bastante susceptibles a nuevos daños del elemento generando cuantiosas pérdidas al campo industrial.

Razón por la cual este proyecto de investigación resulta ser de gran importancia como ayuda en el campo industrial, finalizado este proyecto de investigación se cuenta con datos técnicos y exactos para la realización de la soldadura en hierro nodular y tener un mayor control de temperaturas de precalentamiento antes, durante, y después de realizar el proceso soldadura en la junta.

### **1.2.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

¿Qué mejora se puede obtener en las propiedades mecánicas al variar la temperatura de precalentamiento en el proceso de unión de tuberías de agua de hierro nodular mediante soldadura SMAW con electrodo revestido AWS ENi - CI?

### **1.2.5 PREGUNTAS DIRECTRICES.**

- ¿Qué propiedades mecánicas tendrá el hierro nodular antes de realizar el proceso de soldadura SMAW con electrodo revestido AWS ENi - CI?
- ¿Cómo se determinará las propiedades mecánicas como tracción, dureza, impacto, flexión, y metalográficas de la tubería unida mediante soldadura SMAW con electrodo revestido AWS ENi - CI?

- ¿Cuál será la variación de resistencia a la tracción y la dureza en la unión de la tubería soldada de hierro nodular al variar la temperatura de precalentamiento?
- ¿Qué temperatura de precalentamiento será la adecuada para realizar uniones soldadas con buenas propiedades mecánicas?
- ¿Cómo se podrá evaluar el ensayo de doblado o flexión guiando en la junta soldada de la tubería de hierro nodular?
- ¿Cómo varía la microestructura de la junta soldada de la tubería de hierro nodular por efecto de la temperatura de precalentamiento?

## **1.2.5 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.**

### **1.2.5.1 DELIMITACIÓN DE CONTENIDOS.**

Las asignaturas involucradas son las siguientes:

- Ingeniería de Materiales
- Procesos de manufactura
- Metalografía
- Análisis de tratamientos Térmicos

### **1.2.5.2 DELIMITACIÓN ESPACIAL.**

La investigación se realizó con estudios bibliográficos y experimentales, los mismos que se desarrollaron en la biblioteca y laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, campus Huachi, cantón Ambato, provincia del Tungurahua.

### **1.2.5.3 DELIMITACIÓN TEMPORAL.**

El presente trabajo investigativo se desarrolló en un período comprendido entre los meses, de Octubre 2013 a Octubre del 2014.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

El análisis de precalentamiento en la soldadura de la junta de fundición de hierro nodular para la determinación de las principales propiedades mecánicas resulta de gran importancia debido a que se necesita conocer cómo influye los parámetros de precalentamiento en las características de la junta soldada con la finalidad de mejorar las propiedades mecánicas y poder generar un método de unión de elementos mecánicos con características de desempeño casi similares a las de un elemento nuevo.

El tratamiento térmico de precalentamiento es totalmente controlado, ya que se determinó los parámetros adecuados de las juntas de soldadura con un electrodo específico, y para un material específico consiguiendo suficiente información, por lo tanto el presente proyecto de investigación permite obtener los datos adecuados de precalentamiento de una junta de hierro nodular y se puede realizar un cordón de soldadura con excelentes características.

Con la aplicación de datos obtenidos en esta investigación se puede conseguir una junta soldada de hierro nodular con buenas propiedades mecánicas en los elementos que hayan sido reparados por este método prolongaran su vida útil como elemento funcional, satisfaciendo el área industrial.

## **1.4 OBJETIVOS GENERAL Y ESPECÍFICOS.**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL.**

Analizar la temperatura de precalentamiento adecuada para realizar uniones soldadas en tuberías de agua de hierro nodular mediante soldadura SMAW con electrodo revestido AWS ENi - CI.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Determinar las propiedades mecánicas que tendrá el hierro nodular antes de realizar el proceso de soldadura SMAW con electrodo revestido AWS ENi - CI.
- Determinación de las propiedades mecánicas como tracción, dureza, impacto, y metalográficas de la tubería unida mediante soldadura SMAW con electrodo revestido AWS ENi - CI.
- Establecer la variación de resistencia a la tracción y la dureza en la unión de la tubería soldada de hierro nodular al variar la temperatura de precalentamiento.
- Determinar la temperatura de precalentamiento que será la adecuada para realizar uniones soldadas con buenas propiedades mecánicas.
- Evaluar el ensayo de doblado o flexión guiado en la junta soldada de la tubería de hierro nodular.
- Establecer la variación de la microestructura de la junta soldada de la tubería de hierro nodular por efecto de la temperatura de precalentamiento.

## CAPITULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.

##### 2.1.1 ANTECEDENTES.

La evolución del hierro ha transcurrido paralela a los grandes cambios que ha sufrido la humanidad. El mundo actual no se podría concebir sin la presencia del hierro. La industria naval, la ferroviaria, la automovilística o la aeronáutica son los últimos resultados de una evolución iniciada muchos siglos atrás.

Se pudo encontrar información relacionada con el tema de investigación en trabajos realizados con la siguiente descripción.

**Fuente:** Estudio de análisis de mecánica a la fractura. Vol. 2

**Autores:** C. Ferrer (1), F. Salas (1), P.A. Maita (2), J. Orozco (1), M. Pascual (3).

**Año de publicación:** 2007

**Lugar:** Valencia España.

**Tema:** Resistencia a la fractura de la soldadura de fundición dúctil realizada con varillas de fundición laminar y con electrodos de fe-cr-ni y de ni, con y sin precalentamiento.

**Repositorio legal:** <http://www.gef.es/Congresos/24/pdf/9-8.pdf>

**Fuente:** Tesis

**Autores:** María Belén Paredes Robalino

**Año de publicación:** 2010

**Lugar:** Ambato, Universidad Técnica de Ambato.

**Tema:** Estudio del recocido en el hierro fundido gris y su incidencia en la dureza.

**Repositorio legal:** <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/1330>



**Fuente:** Tesis de maestría.

**Autores:** Miguel Ángel Yescas González

**Año de publicación:** 1998

**Lugar:** Universidad Autónoma de Nuevo León

**Tema:** Estudios en soldadoras de tuberías de aceros al carbono.

**Repositorio legal:** <http://cdigital.dgb.uanl.mx/te/1020122973.PDF>

**Fuente:** Tesis

**Autores:** Darwin Fernando Baño Casa

**Año de publicación:** 2008

**Lugar:** Quito, Escuela Politécnica Nacional.

**Tema:** Estudio de la soldadura por arco eléctrico de la fundición de hierro dúctil.

**Repositorio legal:** <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/609>

**Fuente:** Tesis

**Autores:** Ichaso Andoni

**Año de publicación:** 2010

**Lugar:** Universidad Central Caracas Venezuela.

**Tema:** Análisis comparativo de propiedades mecánicas entre tuberías soldadas longitudinal y helicoidalmente

**Repositorio legal:** [http://bibliomet.ing.ucv.ve/cgi-win/be\\_alex.exeAcceso=T041000000331/0&Nombrebd=Biblioteca\\_de\\_Metalurgia\\_Leopoldo\\_Finol&Sesion=500656215](http://bibliomet.ing.ucv.ve/cgi-win/be_alex.exeAcceso=T041000000331/0&Nombrebd=Biblioteca_de_Metalurgia_Leopoldo_Finol&Sesion=500656215)

## **2.2 FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.**

En el presente proyecto de investigación se analizó la temperatura de precalentamiento de la junta de hierro nodular a ser soldada con electrodo AWS ENi – CI proceso en el cual influye varios factores de importancia como es la prevención del choque térmico que puede ser muy perjudicial con la realización de un precalentamiento reduciríamos esta y también la generación de contracciones que son muy perjudiciales en soldadura las mismas que influyen directamente en las propiedades mecánicas y la microestructura de la junta soldada, parámetros que inciden en gran manera en el desempeño de un material reparado por este método, la orientación es crítico positiva ya que por medio de este se consiguió un gran aporte a la industria y se tiene una nueva alternativa de solución.

La presente investigación sufrió cambios durante su ejecución por distintos motivos como la intervención del ser humano, la intervención de la sociedad en distintos ámbitos y la forma distinta de pensar de cada uno, conllevan a necesidades.

## **2.3 FUNDAMENTACIÓN LEGAL.**

Para realizar el estudio de la temperatura de precalentamiento de la tubería de hierro fundido nodular y su incidencia en las propiedades mecánicas, se tomaron en cuenta normas especialmente internacionales, pues dentro del país es poca la información que existe.

Existen muchas normas pero se seleccionara las que tengan una relación directa con el tema para la realización de la presente investigación, las que se utilizaran son:

**ASTM A - 536** Standard Specification for Ductile Iron Castings (Especificación estándar para la fundición de hierro dúctil)

**ASTM E - 3** Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens1 (Práctica estándar para la preparación de metalográfico Specimens1)

**ASTM E - 304; E - 407** Standard Practice for Microetching Metals and Alloys (Práctica estándar para micrograbado Metales y Aleaciones)

**ASTM E – 23** Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials.

**ASTM E - 190; 92** Standard Test Method for Guided Bend Test For Ductility of Welds.

**AWS A - 5.15** Specification for Welding Electrodes and Rods for Cast Iron (Especificación para varillas de soldadura de hierro fundido)

**ASTM E – 8; M-95** Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials1 (Método estándar para las pruebas de tensión de los materiales metálicos)

**ASTM E – 10;01** Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials. (metodo estándar de pruebas de dureza brinell para materials metalicos)

**ASTM 897-90** Standard ADI Grades (USA)

**NTE INEN 2499 (2009)** (Spanish): Norma Técnica Ecuatoriana, Fundición Nodular (hierro dúctil)

**API 1104** Welding of Pipelines Related and Facilities.

**AWS B4.0** Methods for Mechanical Testing of Welds (Métodos de pruebas mecánicas de las soldaduras).

## **2.4 FUNDAMENTACIÓN TEORICA.**

### **2.4.1 Manufactura industrial.**

Uno de los procesos de manufactura más empleados en la industria es la fundición. Esta se encarga de llevar los metales hasta el punto de fusión, para que el metal adopte la forma deseada a través de un molde, (Garavito, 2008, p. 2).

La fundición es uno de los procesos de obtención de metal líquido más comunes para luego ser colado y así conseguir elementos con una determinada forma, esta se realiza en un alto horno o cubilote que es un horno de cuba vertical de unos

cuatro a seis metros que se carga por la parte superior, en capas alternadas, con carbón de coque lingote o chatarra y fundente castina. (Carrobles, 2002, p. 29)

La industria de la producción de hierro fundido es una de las principales a nivel internacional. Anualmente son producidas piezas que son ensambladas y empleadas como componentes de equipos y maquinarias. La producción de hierro fundido es el triple al resto de las producciones de metales ferrosos y no ferrosos juntos, superado solo por la producción de acero laminado, (Díaz, 2007, p. 1-3).

Los hierros fundidos, como los aceros, son básicamente aleaciones de hierro y carbono. Con relación al diagrama Fe-Fe<sub>3</sub>C, los hierros fundidos contienen más carbono que el necesario para saturar la austenita a la temperatura eutéctica, por tanto, contienen entre 2 y 6.7 % de carbono. Como el alto contenido de este elemento tiende a hacer muy frágil al hierro fundido, la mayoría de los tipos manufacturados están en el intervalo de 2.5 a 5 % de carbono, además, contienen silicio del 2 al 4%, manganeso hasta 1%, bajo azufre y bajo fósforo, (Díaz, 2007, p. 1-3).

La ductilidad del hierro fundido es muy baja y no puede laminarse, estirarse o trabajarse en frío o en caliente. Pero, se pueden vaciar de un horno de cubilote, para obtener piezas de muy diferente tamaño y complejidad siendo poco soldables pero sí maquinables, siendo relativamente duras y resistentes a la corrosión y al desgaste. Como la fundición de piezas es el único proceso aplicable a estas aleaciones se conocen como hierros fundidos, fundiciones de hierro o, hierros colados, (Díaz, 2007, p. 1-3).

#### **2.4.1.1 Hierro fundido.**

El término de hierro fundido es aplicado a una familia de aleaciones ferrosas que contienen más del 2% de carbono. Casi todos los autores consultados para la realización del trabajo definen a los hierros fundidos como aleaciones de hierro carbono en los cuales el contenido de carbono varía teóricamente entre (2.1 a 6.7%); aunque en la práctica estos porcentajes se limitan en la mayoría de los casos entre 2.7 y 3.7% de C, (Torres, 2010, p. 1-3).

Algunos autores difieren de este criterio generalizado como son los casos de Sídney Avner (Avner, 1970), que sitúa el contenido de carbono para los hierros fundidos comerciales entre 2.5 y 4 %. Por otra parte en (Southwell et al, 1990) se establece que los hierros comerciales se encuentran entre un 2 y un 4%, (Torres, 2010, p. 1-3).

Los elementos que siempre se encuentran presentes en los hierros fundidos son carbono, manganeso, silicio, fósforo y azufre; aunque en algunos casos podemos encontrarnos: níquel, cobre, cromo, (Torres, 2010, p. 1-3).

Los hierros fundidos difieren de los aceros en:

- Mayor contenido de carbono.
- En su estructura pueden aparecer ledeburita, grafito, perlita, ferrita.
- Menor punto de fusión lo que provoca mayor fluidez.
- Poca capacidad de deformación plástica.
- Mayor contenido de silicio, manganeso, fósforo, azufre.
- Menor soldabilidad.

La cantidad de carbono en forma de grafito o de cementita depende de la velocidad de enfriamiento, la cual está muy relacionada con el espesor de la pieza, mientras mayor sea el espesor menor será la velocidad de enfriamiento y mayor tendencia a la grafitización, (Torres, 2010, pp. 1-3).

Se caracterizan por adquirir su forma definitiva directamente por colada, no pudiéndose someter estas aleaciones a procesos de deformación plástica en frío ni caliente. No son dúctiles ni maleables y además, tampoco son forjables ni laminables.

**Clasificación de las fundiciones.-** Clasificaremos las fundiciones desde dos puntos de vista:

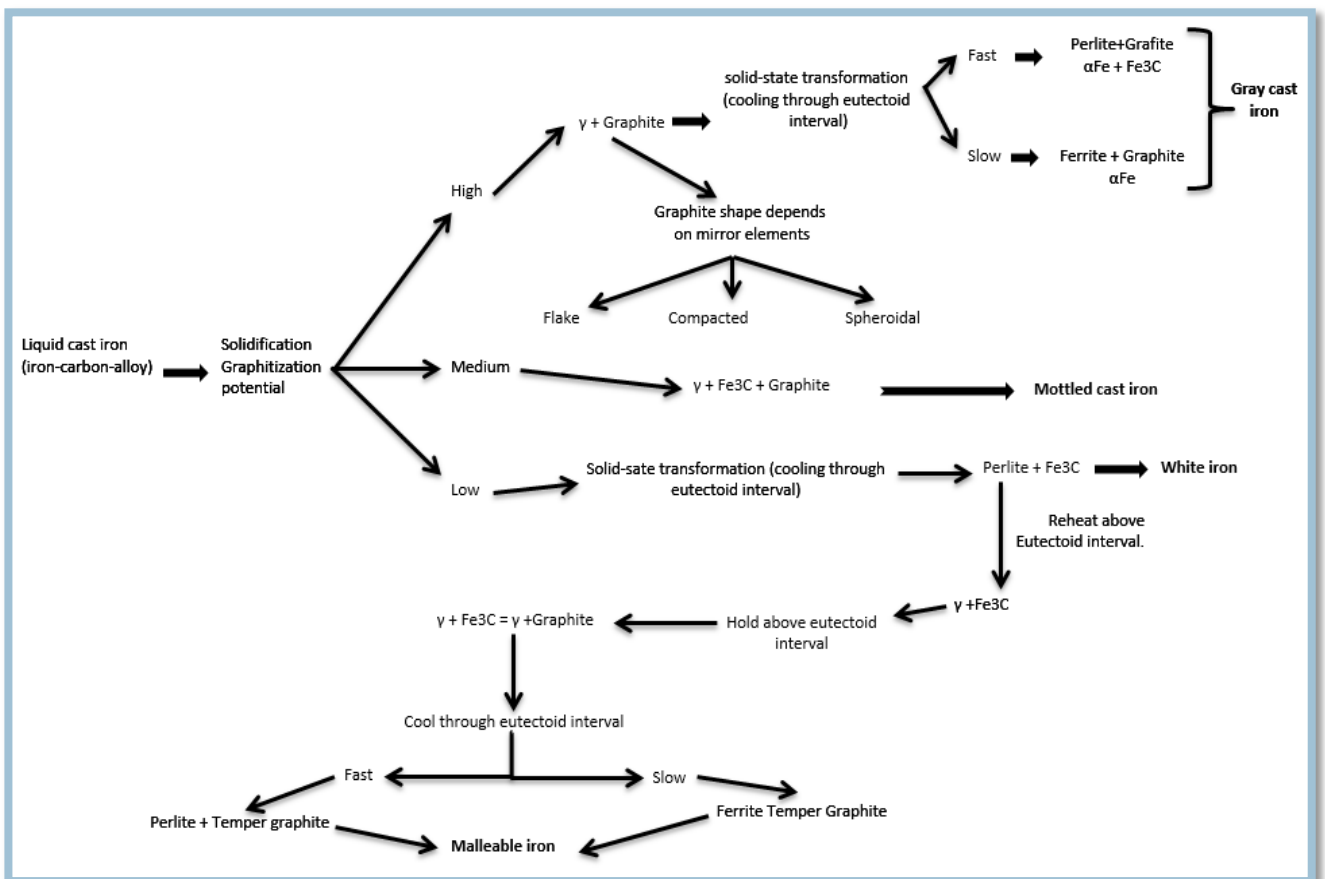
- a) **Por su fractura;** De acuerdo al aspecto que presenta las piezas fundidas después de rotas, se clasifican en:
  - Fundición gris (gris oscuro).

- Fundición blanca (blanco brillante).
- Fundición atruchada (grisáceo).

Hay que tener en cuenta que la velocidad de enfriamiento tiene gran influencia sobre la formación de una u otra fundición. Con enfriamiento lento se ve favorecida la formación de fundición gris; el enfriamiento rápido produce fundición blanca.

El tono gris que presentan las fundiciones grises y atruchadas se debe a la presencia de una gran cantidad de grafito laminar, (Díaz, 2007, p. 4-5).

### Clasificación de las aleaciones según sus propiedades finales.



**Figura 2.1** Microestructuras básicas y procesamiento para la obtención de las fundiciones comerciales más comunes.

Fuente: Metal Handbook Vol. 1, 2005, p. 18

b) **Por su microestructura:** De acuerdo a su microestructura, se pueden clasificar en tres grupos:

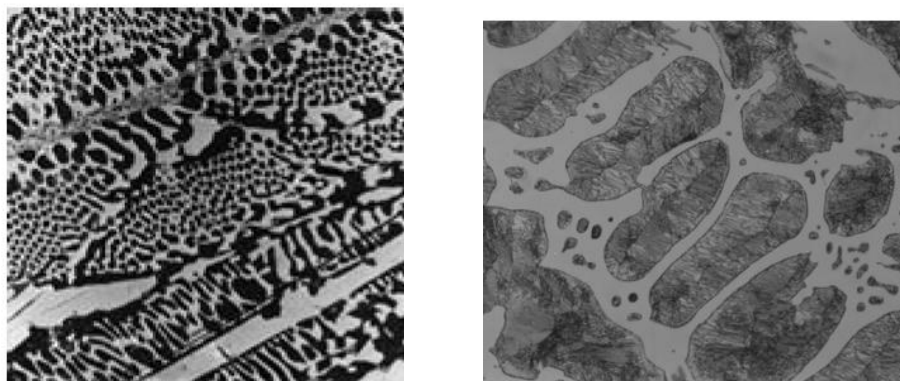
- Fundiciones en las que todo el carbono se encuentra combinado formando cementita y que al romper presenta fractura de fundición blanca.
- Fundiciones en las que todo el carbono está en estado libre, en forma de grafito.
- Fundiciones en las que parte del carbono está libre en forma de grafito y parte combinado en forma de cementita, (Díaz, 2007, p. 4-5).

#### 2.4.1.2 Características de las fundiciones.

**Fundición Blanca.-** La fundición blanca se caracteriza por la presencia del compuesto intersticial duro y frágil, denominado carburo de hierro o cementita y por el color de sus superficies fracturadas. Como fundición blanca contiene cantidades relativamente altas de cementita, esta fundición posee gran dureza y resistencia al desgaste, siendo muy frágil y difícil de maquinar.

Esta fragilidad y falta de maquinabilidad limita su utilización industrial, quedando reducido su empleo a guías de laminadoras, molinos de bolas, estampas de estirar y boquillas de extrusión, etc., en general piezas sujetas al desgaste.

También se usa en grandes cantidades como material de partida para la fabricación de fundición maleable, (Díaz, 2007, p. 6).



**Figura 2.2** Metalografía de las fundiciones. Microestructura de la fundición blanca.

Fuente: Díaz F, 2007, p. 7.

**Fundición Gris.-** La fundición gris Ferrítica, se caracteriza porque las láminas de grafito se encuentran sobre granos de ferrita; mientras que en la fundición gris perlítica, las láminas de grafito se hallan sobre fondo perlítico (oscuro), con la presencia de algunos granos de ferrita (blanco).

La resistencia a la tracción tiene gran importancia en la elección de la fundición gris para la fabricación de piezas, que en servicio están sometidas de manera indirecta a cargas estáticas de tracción o flexión. Entre éstas podemos mencionar, soportes, válvulas, accesorios de montaje y palancas, (Díaz, 2007, p.10).



**Figura 2.3** Metalografía de las fundiciones. Hojuelas de grafito en el hierro fundido gris.

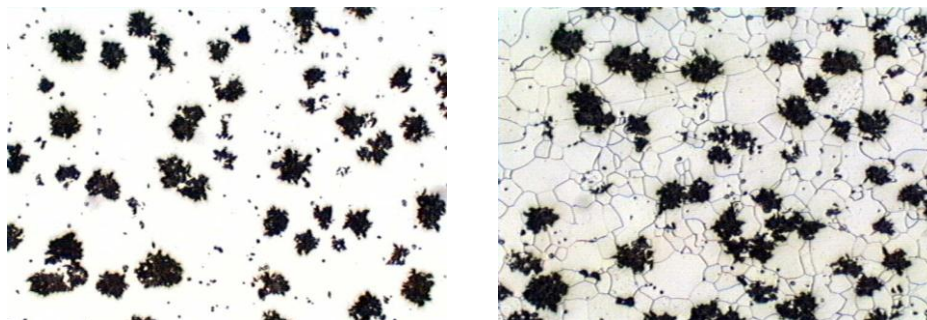
Fuente: Diaz F, 2007, p. 8.

**Fundición Maleable.-** Este tipo de fundición se obtiene al aplicarle al hierro fundido blanco un tratamiento de recocido, calentándolo a una temperatura comprendida entre 850 y 950°C, con el objeto de descomponer la cementita, quedando el carbono libre en forma de nódulos irregulares, denominados normalmente carbono de revenido. Pueden originarse dos tipos diferentes:

El primero es del tipo “europeo” que se obtiene realizando el tratamiento de recocido durante uno o dos días y en presencia de óxido férrico, que oxida el carbono superficialmente, con la natural reducción del porcentaje del mismo en la composición final.

El segundo tipo es la llamada “fundición maleable americana”, que se obtiene prolongando el recocido, a veces hasta ocho días, y con una estructura de fondo ferrítica, en la que los nódulos irregulares del carbono de revenido están uniformemente distribuidos (Castro, 2009, p. 6 - 7).





**Figura 2.4** Metalografía de las fundiciones. Nódulos de carbono de revenido (rosetas) en una matriz ferrítica.

Fuente: Castro G., 2009, p. 6.

**Fundición nodular.-** Este tipo de fundición se llama también “Fundición dúctil” y “Fundición con grafito esferoidal”. Se caracteriza porque en ella aparece el grafito en forma esferoidal o de glóbulos minúsculos (Castro G. 2009, p. 5 - 6).

Al encontrarse el grafito en forma esferoidal, la continuidad de la matriz se interrumpe mucho menos que cuando se encuentra en forma laminar; esto da lugar a una resistencia a la tracción y tenacidad mayor que en la fundición gris ordinaria.

El contenido de carbono en la fundición nodular es igual al de la fundición gris. Las partículas de grafito esferoidal se forman durante la solidificación, debido a la presencia de pequeñas cantidades de algunos elementos formadores de nódulos, como el magnesio y cerio (Soldexa, 2011, p. 108-115).

En la referencia bibliográfica (Lakhtin, 1970) se plantea además que la presencia de titanio durante la obtención del hierro fundido nodular, deforma el nódulo de grafito y provoca la aparición de carburos.

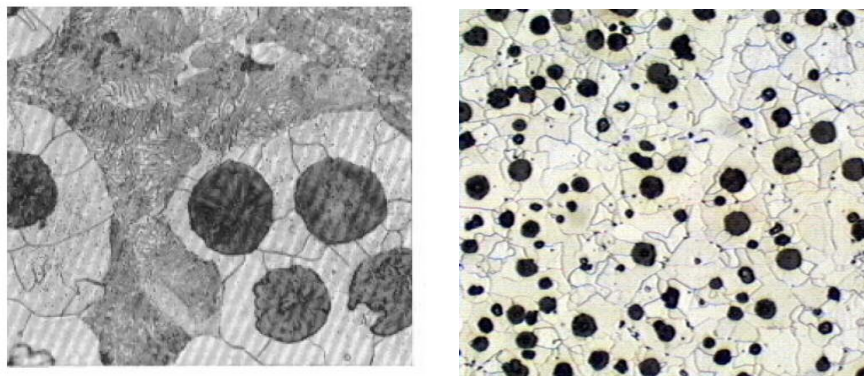
La fundición nodular se diferencia de la fundición maleable en que normalmente se obtiene directamente en bruto de colada sin necesidad de tratamiento térmico posterior.

Esta microestructura produce propiedades deseables como alta ductilidad, resistencia, buen maquinado, buena fluidez para la colada, buena endurecibilidad

y tenacidad. No puede ser tan dura como la fundición blanca, salvo que la sometan a un tratamiento térmico, superficial, especial.

Las fundiciones nodulares perlíticas presentan mayor resistencia pero menor ductilidad y maquinabilidad que las fundiciones nodulares ferríticas. Cada día se están sustituyendo muchos elementos de máquinas que tradicionalmente eran de fundición gris o acero por fundición nodular (Castro, 2009, p. 66).

También se puede obtener una matriz martensítica templando en aceite o en agua desde una temperatura de 870 a 930 °C. Las estructuras templadas generalmente se revienen después del endurecimiento a los niveles de resistencia y dureza deseados. Poseen mayor resistencia a la tensión que los hierros grises, resistencia al desgaste y dureza similares, poseen alta resistencia al impacto térmico y mayor maquinabilidad (Soldexa, 2011, p. 115).



**Figura 2.5** Metalografía de las fundiciones. Microestructura de la fundición nodular ferrítico-perlítica.

Fuente: Díaz F, 2007, p. 14.

**Tabla 2.1 Propiedades mecánicas de algunos tipos de fundición nodular**

Tipo	Contenido de aleación	Resistencia a la tracción kg/mm <sup>2</sup>	Límite elástico práctico. Kg/mm <sup>2</sup>	Alargamiento % en mm <sup>2</sup>	BHN
Ferrítica	Bajo	38,5	24,5	25	130
	Alto	63,0	49,0	12	210
Perlítica	Bajo	56,0	42,0	10	200
	Bajo	91,0	63,0	7	275
	Alto	91,0	77,0	2	275

Fuente: Soldexa, Vol. 7, 2011, p.108.

La fundición nodular se utiliza ampliamente en diversas industrias. Entre sus aplicaciones más importantes podemos mencionar: Fabricación de piezas de tractores para maquinaria agrícola; cigüeñales, pistones y culatas en la industria automotriz. En la construcción de accesorios eléctricos: Cajas de bombeo, carcaza de motores, elementos de disyuntores.

En la minería: Para la fabricación de tambores de grúa, poleas motrices, volantes, jaulas de montacargas, etc.

**En siderúrgica:** Para cilindros de laminación, puertas de hornos. En la fabricación de estampas y matrices: Para la obtención de llaves inglesas, palancas, tornillos de banco, manguitos, porta-herramientas y matrices diversas para el estampado de piezas de acero, aluminio, bronce, latones, etc. (Soldexa, 2011, p. 110-111).

En (Smith, 1992, p. 102) aparecen reflejados los datos de composición química para los hierros fundidos no aleados según la A.I.S.I.

**Tabla 2.2 Composición química para los hierros fundidos no aleados según la A.I.S.I.**

Elemento químico	Fundición blanca %	Fundición gris %	Fundición maleable %	Fundición nodular %
Carbono	1.3 - 3.6	2.5 - 4	2.0 - 2.6	3.0 - 4.0
Silicio	0.5 - 1.9	1.0 - 3.0	1.1 - 1.6	1.8 - 2.8
Manganeso	0.2 - 0.8	0.2 - 1.0	0.2 - 1.0	0.1 - 1.0
Azufre	0.06 - 0.2	0.02 - 0.2	0.04 - 0.1	0.03max
Fosforo	0.06 - 0.1	0.05 - 1.0	0.18max.	0.10max

Fuente: Torres, 2010, p.30.

Se puede adicionar otros elementos tales como el níquel, cromo, molibdeno, cobre para producir hierros fundidos aleados (Torres, 2010, p.30).

**Tabla 2.3 Clasificación de la fundición nodular teniendo en cuenta sus características mecánicas de acuerdo a la norma ASTM A536.**

	GRADO	DESCRIPCIÓN	USOS GENERALES
ASTM A536	60-40-18	Ferrita; puede ser recocida	Piezas resistentes al impacto; servicio a bajas temperaturas.
	65-45-12	Mayoritariamente ferrítica; de colada o recocido	Servicios generales.
	80-55-06	Ferrítica-Perlítica; puede ser normalizada	Servicios generales.
	100-70-30	Mayoritariamente Perlítica; puede ser normalizada.	La mejor combinación de resistencia al desgaste y tenacidad. Buena respuesta al endurecimiento superficial
	120-90-02	Martensítica; temple al aceite y revenido.	La más tenaz y resistente al desgaste.

Fuente: Bacon F., 2008, p. 11.

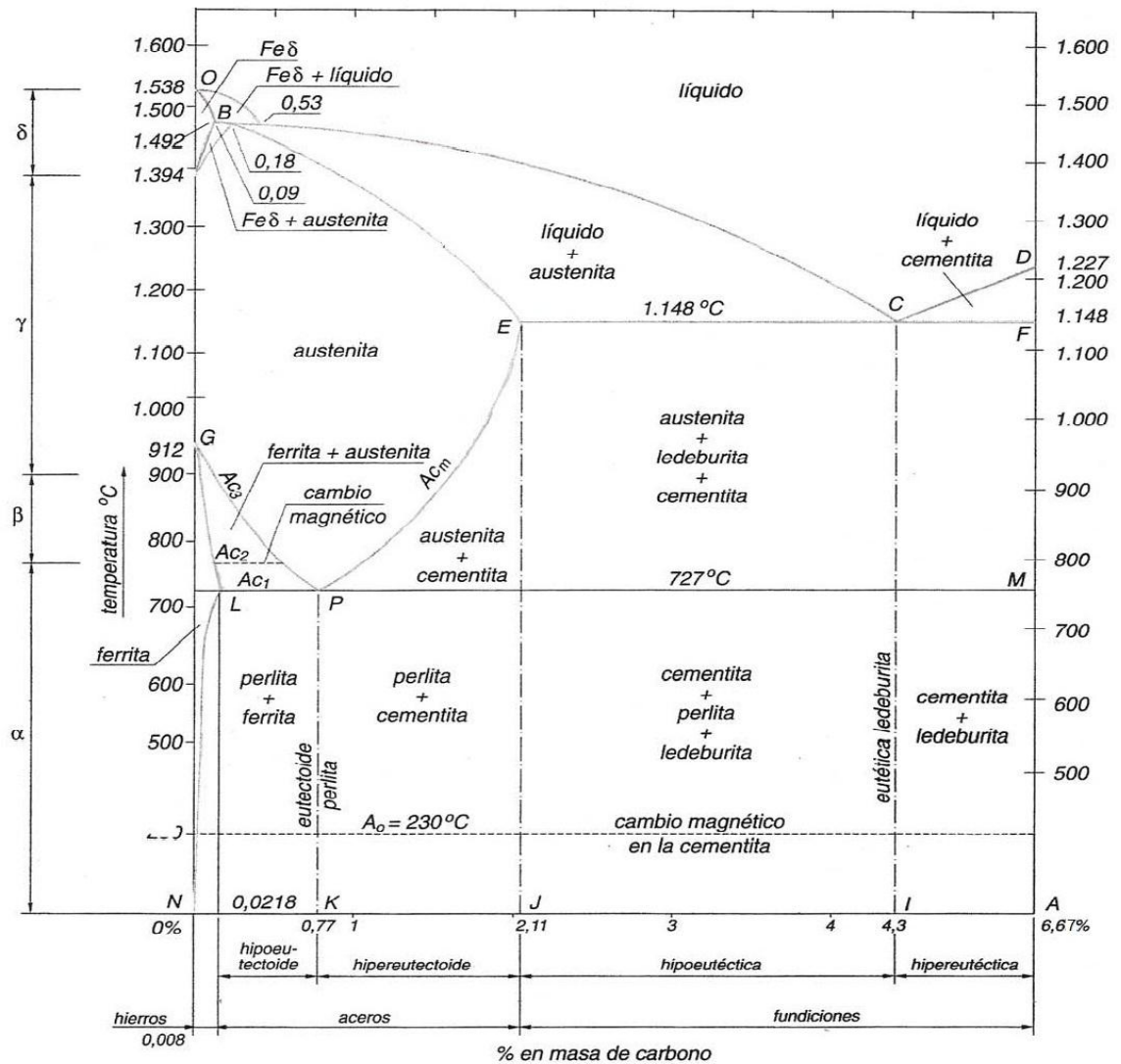
#### **2.4.1.3 Microestructura del hierro fundido.**

Las fundiciones de hierro pueden presentar los mismos constituyentes de los aceros, más el eutéctico ledeburita, compuesto de austenita y cementita, el eutéctico ternario de cementita, ferrita y fósforo de hierro (esteodita) y el carbono en forma de láminas, nódulos o esferitas de grafito, su microestructura se basa en el diagrama hierro carbono estable. (Callirgos, 2012).

En el diagrama de equilibrio o de fases, Fe-C se representa las transformaciones que sufren los aceros al carbono con la temperatura, admitiendo que el calentamiento (o enfriamiento) de la mezcla se realiza muy lentamente de modo que los procesos de difusión (homogeneización) tienen tiempo para completarse.

Dicho diagrama se obtiene experimentalmente identificando los puntos críticos (temperaturas a las que se producen las sucesivas transformaciones) por métodos diversos (Callirgos, 2012).

**Diagrama Fe-C.-** La siguiente figura muestra parte del diagrama Hierro- Carbono o Hierro-Carburo de Hierro.

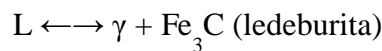


**Figura 2.6** Diagrama de equilibrio o de fases, Fe-C

**Fuente:** Días F, 2007, p.3.

**Ledeburita.-** Es una reacción eutéctica ocurriendo a 1148 °C y una composición de 4.3 %C. A esta temperatura y composición la fase líquida está en equilibrio con la fase sólida cementita, con 6.7 %C y austenita saturada conteniendo 2.11 %C.

El producto de esta reacción se conoce como “ledeburita”.



La ledeburita no existe a temperatura ambiente en las fundiciones ordinarias debido a que en el enfriamiento se transforma en cementita y perlita; sin embargo en las fundiciones se pueden conocer las zonas donde existió la ledeburita por el aspecto eutéctico con que quedan las agrupaciones de perlita y cementita (Díaz, 2007, p. 8).

**Esteadita.** Es un constituyente de naturaleza eutéctica duro, frágil (300 a 350 Vickers) y de bajo punto de fusión (960 °C), que aparece en las fundiciones de alto contenido en fósforo (más de 0.15 % P) (Díaz, 2007, p. 8).

**Cementita (Fe<sub>3</sub>C).** Se denomina también carburo de hierro contiene 6.67 %C y 93.33% de hierro Es el carburo de hierro de fórmula Fe<sub>3</sub>C, contiene 6.67 %C y 93.33% de hierro, es el microconstituyente más duro y frágil de los aceros al carbono, alcanzando una dureza Brinell de 700(68 RC) y cristaliza en la red ortorrómbica.

**Perlita.** Es el microconstituyente eutectoide (+ Fe<sub>3</sub>C) formado por capas alternadas de ferrita y cementita contiene el 0.76% C. Tiene una dureza de 250 Brinell, resistencia a la tracción de 80 kg/mm<sup>2</sup> y un alargamiento del 15% (Jimenez, 2009, p. 30-34).

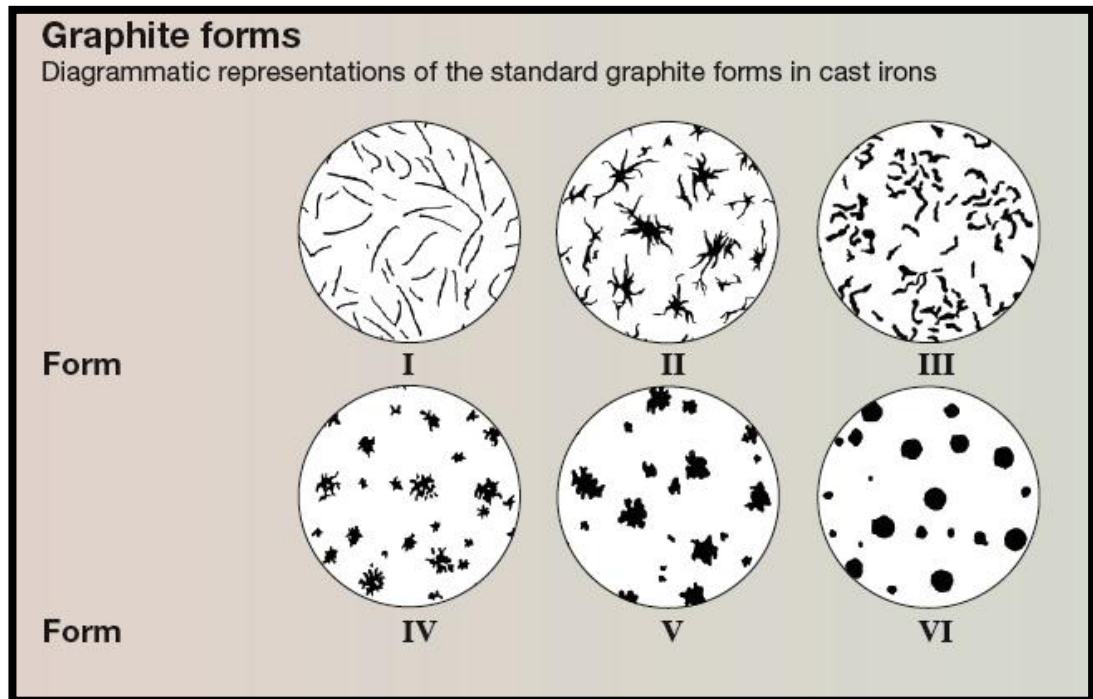
**Ferrita.** Aunque la ferrita es en realidad una solución sólida de carbono en hierro alfa, su solubilidad a la temperatura ambiente es tan pequeña que no llega a disolver ni un 0.008% de C. Es por esto que prácticamente se considera la ferrita como hierro alfa puro. La ferrita es el más blando y dúctil constituyente de los aceros. Cristaliza en una estructura BCC. Tiene una dureza de 95 Vickers, y una resistencia a la rotura de 28 Kg/mm<sup>2</sup>, llegando a un alargamiento del 35 al 40%. Además de todas estas características, presenta propiedades magnéticas. En los aceros aleados, la ferrita suele contener Ni, Mn, Cu, Si, Al en disolución sólida sustitucional. Al microscopio aparece como granos monofásicos, con límites de grano más irregulares que la austenita. El motivo de esto es que la ferrita se ha formado en una transformación en estado sólido, mientras que la austenita, procede de la solidificación (Leal, 2012).

**Martensita.** Es el constituyente de los aceros templados está conformado por una solución sólida sobresaturada de carbono o carburo de hierro en ferrita y se



obtiene por enfriamiento rápido de los aceros desde su estado austenítico a altas temperaturas. El contenido de carbono suele variar desde muy poco de carbono hasta el 1% de carbono, sus propiedades físicas varían con su contenido de carbono hasta un máximo de 0.7% C (Jiménez, 2009).

A continuación se presenta varias formas del grafito en hierro fundido:

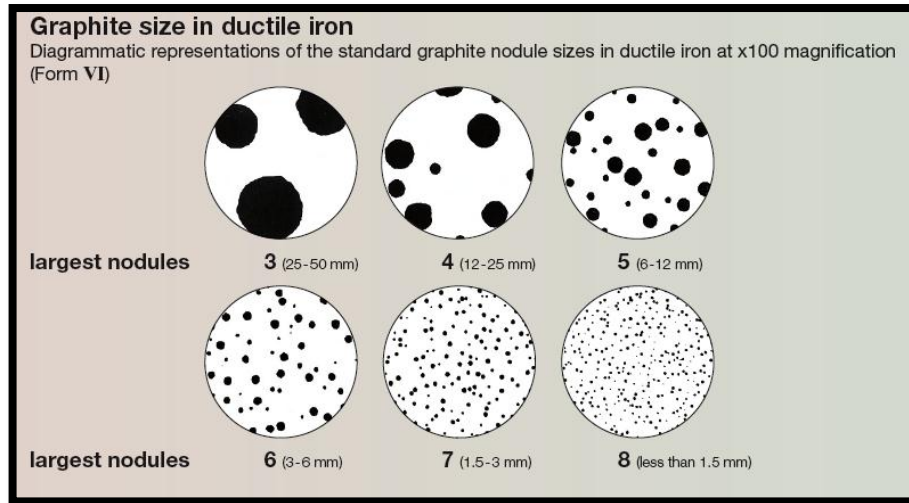


**Figura 2.7** Diferentes formas del Grafito en hierro fundido.

Fuente: Elkem, 2010, p. 1.

En la figura 2.7 se tiene varias formas comparativas del grafito y la más deseada en esta investigación debe ser la forma VI que representa el grafito nodular, con la utilización de esta figura también se realizara la comparación del grafito que se tiene en el material base de las probetas antes de ser soldadas.

En la siguiente figura se tiene el tamaño de grano del grafito.



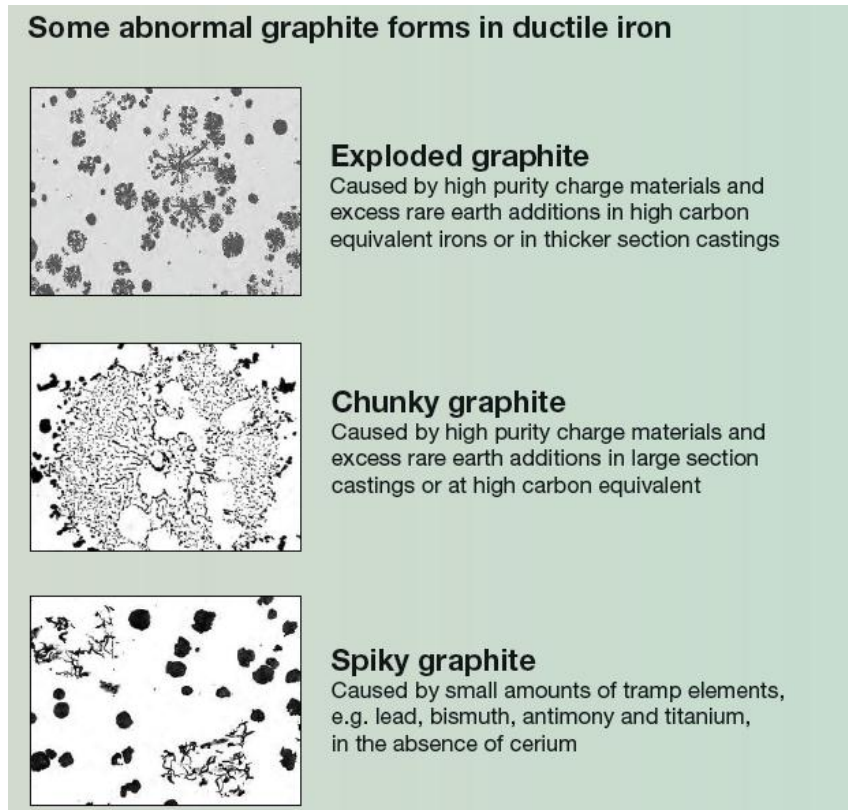
**Figura 2.8** Tamaño de grano del Grafito.

Fuente: Elkem, 2010, p. 1.

Con la utilización de la figura 2.8 se realizara la comparación del tamaño de grafito que se tiene en las distintas probetas como son las de material base así como las probetas de las juntas soldadas con variación de temperatura de precalentamiento, el tamaño de grano que se llegue a determinar no será igual este tendrá una cierta variación por distintos factores como temperatura de precalentamiento y de enfriamiento.

Algunas formas distorsionadas del grafito en hierro fundido nodular.





**Figura 2.9** Formas distorsionadas del grafito.

Fuente: Elkem.

El grafito llega a adquirir varias de estas distribuciones distorsionadas ya sea por el atrapamiento de sustancia no deseadas en el compuesto químico, el material base que se utilizó en este estudio tiene la distribución de nódulos aleatorio con una forma distorsionada tipo Spiky Graphite la misma que aparece en todas las micrografías analizadas. (ANEXO C1).

#### **2.4.2 Composición química del material base de hierro nodular.**

La determinación de los principales elementos químicos de la tubería de hierro nodular es esencial para la investigación que se está realizando. El análisis químico se realizó mediante espectroscopia por emisión óptica, la superficie mínima requerida para esta evaluación es aproximadamente de  $3\text{cm}^2$ .

Con esta prueba realizada se utilizarán estos datos para calcular y determinar una temperatura adecuada de precalentamiento de la tubería de agua de hierro nodular para luego realizar la unión mediante soldadura.



**Figura 2.10** Probeta utilizada para realizar el análisis químico.

Fuente: Aldás Milton.

**Resultados del análisis químico: (anexo A1)**

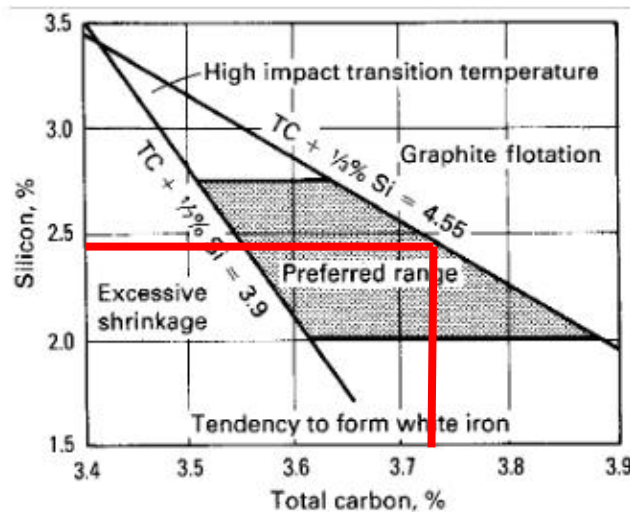
<b>RESULTADOS DEL ANÁLISIS QUÍMICO, MATERIAL BASE</b>		
Nombre	Símbolo	porcentaje
Carbono	C	3.820
Silicio	Si	2.322
Manganeso	Mn	0.167
Fosforo	P	0.014
Azufre	S	0.010
Cromo	Cr	0.031
Níquel	Ni	0.013
Cobre	Cu	0.011
Magnesio	Mg	0.052
Titanio	Ti	0.019
Vanadio	V	0.006
Hierro	Fe	95.27

Realizado por: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, DEPARTAMENTO DE METALURGIA EXTRACTIVA.

**2.4.3 Propiedades del material base de hierro fundido nodular.**

Composición; Los principales efectos de la composición química son similares al hierro fundido gris, con diferencias cuantitativas en la medida de estos efectos y diferencias cualitativas en la influencia en la morfología de grafito. El carbono equivalente tiene sólo una leve influencia sobre las propiedades y estructura de hierro nodular, ya que afecta a la forma del grafito considerablemente menor que en el caso del hierro fundido gris. Sin embargo, para evitar la contracción excesiva, alta tendencia de enfriamiento, la flotación de grafito, o una temperatura de transición de alto impacto, cantidades óptimas de carbono y de silicio debe ser

seleccionado en la figura 2.11 se muestra los lineamientos básicos para la selección de composiciones apropiadas.



**Figura 2.11** Rango típico de los contenidos de carbono y silicio en hierro dúctil de buena calidad.

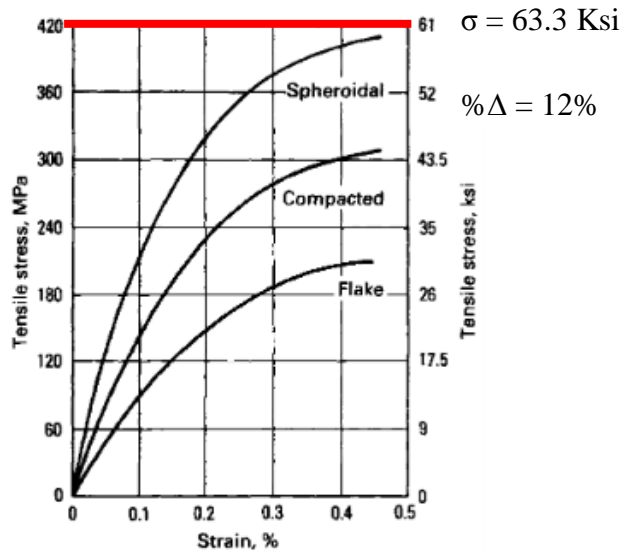
Fuente: ASM Handbook Vol. 1, 2005, p. 25.

Como se mencionó anteriormente, porcentajes mínimos de otros elementos que se encuentran en la fundición de hierro nodular pueden alterar significativamente la estructura en términos de la morfología del grafito, el rápido enfriamiento produce una tendencia de endurecimiento en la matriz. Estos porcentajes mínimos pueden promover la esferoidización de grafito o también pueden tener un efecto adverso en forma de grafito (Aggen et al., 2005, pp. 24 – 25).

**Tabla 2.4** Influencia de los elementos menor importancia en forma de grafito.

Categoría de forma del grafito.	Elementos que modifican la forma del grafito.
Esferoidizantes	Magnesio, calcio, tierras raras (cerio, lantano, etc.), itrio.
Neutro	Hierro, carbono, aleaciones, elementos.
Anti-esferoidizantes (grafito degenerado)	Aluminio, arsénico, bismuto, telurio, titanio, plomo, azufre, antimonio.

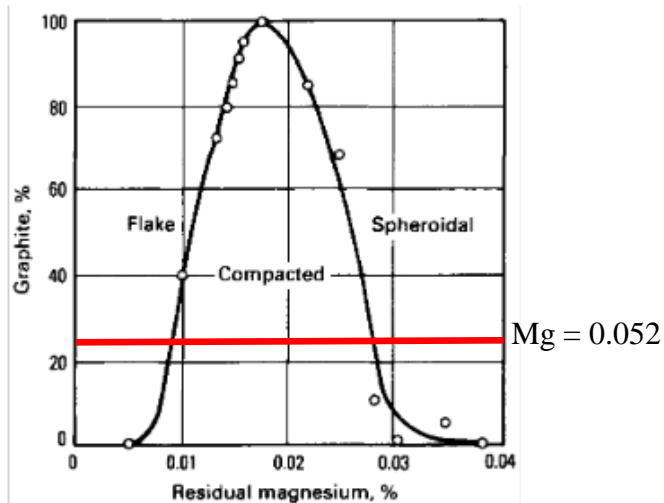
Fuente: ASM Handbook Vol. 1, 2005, p. 27.



**Figura 2.12 Influencia de la morfología de grafito en la curva de tensión-deformación de varios hierros fundidos.**

Fuente: ASM Handbook Vol. 1, 2005, p. 26.

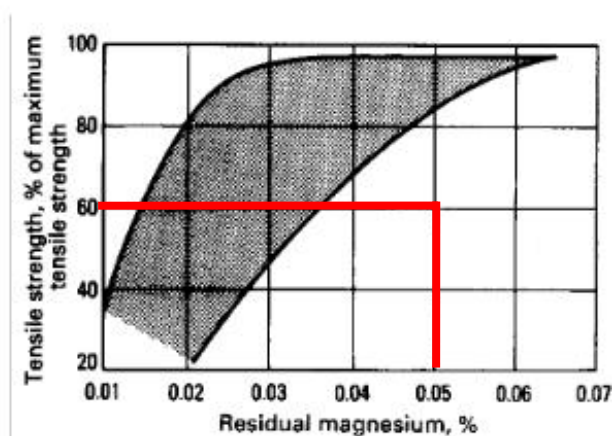
Los porcentajes mínimos de otros elementos afectan negativamente a la forma del grafito se dice que degenerar forma de este. La figura 2.12 indica la influencia de la morfología del grafito en la curva de tensión-deformación de varias fundiciones de hierro, los elementos que pueden variar la forma del grafito y los más reconocidos se indican en la tabla 2.4. Se puede observar tres grupos de elementos que pueden modificar la forma del grafito. Los elementos del primer grupo – elementos esferoidizantes – pueden cambiar la forma del grafito del tipo de escamas a un tipo compacto y pasar a esferoidal. Esto se ilustra en la figura 4.5 según el % de magnesio. Los porcentajes de magnesio, Mg, requerido para producir grafito esferoidal es generalmente entre 0,03 a 0,05%. El nivel exacto depende de la velocidad de enfriamiento. Una velocidad de enfriamiento superior requiere menos magnesio (Aggen et al., 2005, p. 26).



**Figura 2.13** Influencia de magnesio residual en forma de grafito.

Fuente: ASM Handbook Vol. 1, 2005, p. 27.

La figura 2.13 indica la influencia de magnesio residual en forma de grafito. A nivel de magnesio residual que es demasiado bajo, se obtienen resultados en nodularidad insuficiente (es decir, una baja relación entre el grafito esferoidal y la cantidad de total de grafito en la estructura). Esto a su vez resulta en un deterioro de las propiedades mecánicas del hierro, como se ilustra en la figura 2.14. Si el contenido de magnesio es demasiado alto, los carburos son promovidos, (Aggen et al., 2005, p. 26).



**Figura 2.14** Influencia de magnesio residual en la nodularidad de hierro dúctil.

Fuente: ASM Handbook Vol. 1, 2005, p. 25.

### **2.4.3.1 Designación del hierro según la norma UNE – EN 1560:1997.**

La norma UNE – EN 1560 de noviembre de 1997, establece el sistema de designación para la fundición de hierro. Dicha norma sustituye a la norma UNE 36003 de julio del 1971.

Como ocurre con la designación de los aceros, la poca implantación de la norma UNE 36003:1971, hace necesario describir la designación desde el punto de vista de la norma sustituida, la norma UNE – EN 1560:1997 de mayor uso actual para comentar las condiciones generales de codificación que establece la nueva norma, (Ivey, 2000, p. 10-20).

#### **Tipos de fundición:**

- FG** Fundición gris.
- FB** Fundición blanca.
- FA** Fundición atruchada.
- FMB** Fundición maleable blanca o europea.
- FMN** Fundición maleable negra o americana.
- FGE** Fundición de grafito esferoidal
- FGD** Fundición de grafito difuso.

#### **Designación simbólica según UNE – EN 1560:1997**

La norma UNE – EN 1560:1997 se distinguen dos condiciones simbólica y otra numérica que, totalmente distintas a la codificación propuesta por la norma UNE 36003:1971 a la que sustituye.

La designación simbólica establece un máximo de seis posiciones o caracteres alfanuméricos, alguno de los cuales no son obligatorios. El significado de cada una de estas posiciones es la siguiente:

Posición 1	Obligatoria	Prefijo EN para material normalizado.
Posición 2	Obligatoria	GJ, símbolo representativo para el tipo de material.
Posición 3	Opcional	Estructura gráfica, cada tipo se define por un símbolo.
Posición 4	Opcional	Micro o macro estructura cada tipo se define por un símbolo.
Posición 5	Obligatoria	Define una propiedad mecánica o su composición química.
Posición 6	Opcional	Requisitos adicionales exigidos al material.

Ejemplo de designación simbólica de una fundición:

Designación simbólica: **EN – GJSA – 360 – 12S – W**

<b>EN</b>	Material normalizado
<b>GJ</b>	Fundición de hierro
<b>S</b>	Estructura gráfica esferoidal
<b>A</b>	Austenita
<b>360</b>	Resistencia a la tracción mínima expresada en N/mm <sup>2</sup>
<b>12</b>	Límite de alargamiento expresado en porcentaje %
<b>S</b>	Condiciones de ensayo de la muestra, en este caso fundida independientemente.
<b>W</b>	Pieza apta para soldar.

Designación numérica según UNE \_ EN 1560:1997.

La designación numérica debe comprender nueve posiciones o caracteres alfanuméricos.

Los cinco primeros son la una combinación de cuatro letras mayúsculas separadas por un guion, y los demás corresponden a números arábigos el significado de cada una de estas posiciones es el siguiente:

- Posición 1-3** Prefijo EN y un guion separador.
- Posición 4** Letra J, símbolo representativo del tipo de material.
- Posición 5** Estructura granítica, cada tipo se define por un símbolo.
- Posición 6** Un dígito que expresa la característica principal de la fundición.
- Posición 6 – 8** Dos dígitos del 00 al 99 representan el material individual.
- Posición 9** Un dígito que representa los requisitos específicos del material individual.

Ejemplo de designación numérica de una fundición.

Designación numérica: **EN - JL 1013**

- EN** Material normalizado.
- J** Fundición de hierro.
- L** Estructura gráfica laminar.
- 1** Característica principal su carga de rotura.
- 01** Numero de orden dentro del grupo al que pertenece.
- 3** Muestra de ensayo obtenida de una pieza moldeada.

Cualquiera que sea el método utilizado para obtener las piezas moldeadas, los grados se han establecido en función de las características mecánicas determinadas sobre probetas mecanizadas a partir de muestras coladas independientemente, en moldes de arena o de otro tipo con un coeficiente de difusión térmica comparable (Altemir, 2002, p. 6-10)



Tabla 2.5 Designación según otras normas con la aplicación de colores. La designación de materiales se ajusta a la norma UNE - EN 1560

<b>HIERRO FUNDIDO GRIS</b>						
MATERIALES TUPY	MATERIALES CORRESPONDIENTES EN NORMAS DE OTRAS ENTIDADES					
	ABNT	ASTM		DIN	ISO	SAE
	NBR 6589	A 48	A 159	1691	R 185	J 434c
FC 200*	FC 200	30	G3000	GG 20	GR 20	G3000
FC 300	FC 300	40	G4000	GG 30	GR 30	G4000
GMI	--	--	--	--	--	--

<b>HIERRO FUNDIDO NODULAR</b>						
MATERIALES TUPY	MATERIALES CORRESPONDIENTES EN NORMAS DE OTRAS ENTIDADES					
	ABNT	ASTM		DIN	ISO	SAE
	NBR 6916	A 536	A 897 M	1693	1693	J 431c
FE 40015	FE 38017	60-40-18	--	GGG 40	400-15	D 4018
FE 45012	FE 42012	65-45-12	--	--	450-12	D 4512
FE 55006	FE 50007	80-55-06	--	GGG 50	500-7	D 5506
FE 70002	FE 70002	100-70-03	--	GGG 70	700-2	D 7003
BAINÍTICO ADI 1	--	--	850/555/10 1050/700/7	--	--	--
BAINÍTICO ADI 2	--	--	1200/850/4 1400/1100/1	--	--	--

Fuente: Altemir, 2002, p. 8.

## 2.4.4 Unión de elementos.

### 2.4.4.1 Procesos de soldadura.

La soldadura en la actualidad es el más utilizado para todo tipo de uniones mecánicas entre materiales; las ventajas sobre otro tipo de unión como pueden ser los remaches atornillados, etc., son muchas aunque por esto no vamos a caer en la tentación de despreciar otras, pues para la multitud de aplicaciones son más adecuadas sobre todo si el tipo de unión debe ser reversible o demostrable, (Carrobles, 2008, p. 156)

Se desarrollan talleres especializados para la elaboración centralizada de estructuras soldadas y se introduce el relleno con materiales resistentes al desgaste en máquinas y piezas, que permiten su recuperación y el alargamiento de su vida útil; además se introducen métodos de soldadura de alta productividad.

Una técnica no puede imponerse si no es fuente de progreso y si no reúne a la vez factores de calidad y economía. Es por ello que la soldadura como proceso tecnológico, ha logrado imponerse indiscutiblemente en todos los campos de las construcciones metálicas. Debido a la aplicación de la soldadura ha sido posible crear muchas construcciones, equipos y mecanismos, que prácticamente antes no se habían podido materializar. Esto se debe a una serie de ventajas que traen consigo una notable reducción de los tiempos de ejecución, aumento de la productividad del trabajo, ahorro de materiales, etc., (Torres, 2003, p. 2)

Las ventajas más destacadas de la soldadura son, entre otras, las siguientes:

- a. Reducción de los períodos de trabajo y reducción de los costos de fabricación.
- b. Posibilidad de fabricar piezas de gran tamaño a partir de piezas o semiproductos de pequeño tamaño.
- c. Posibilidad de reparación y corte de piezas.
- d. Aumento de la productividad del trabajo.
- e. Bajo costo del equipamiento tecnológico.
- f. Eliminación de ruidos y mejora de las condiciones de trabajo
- g. Se puede lograr una unión total consiguiendo que los metales se unan en uno solo; por ejemplo de esto podemos encontrar en la industria del automóvil, que es la forma de unión, casi exclusiva, en todos los elementos de estos, podemos fijarnos en las puertas de un vehículo que, por supuesto, están unidas por medio de soldadura y una vez lijadas y pintadas es imposible distinguir cuales son las uniones realizadas con soldadura.

- h. La resistencia de la soldadura es tan grande que si esta está perfectamente realizada y sin porosidad es fácil que la rotura, si sometemos a un esfuerzo de torsión, es más fácil que rompa por un sitio distinto a la soldadura.
- i. Economía del metal (se ahorra un 25% comparado con el remachado), y su costo es más económico que cualquier otro tipo de unión habitual.
- j. Es el método más rápido de unión e incluso el único método que se puede usar para acceder a determinadas zonas que por su inaccesibilidad es imposible utilizar otro medio.
- k. Uniones herméticas para los fluidos, con lo que conseguimos un ahorro interesante de juntas de estanqueidad.

Podríamos citar algunas más pero con éstas pueden ser suficientes para comprobar la importancia de la soldadura como método de unión de elementos de materiales metálicos.

Si observamos con un poco de atención veremos que la mayoría de los objetos utilizados en mecánica están realizados por la técnica de la soldadura (un ejemplo común es, en las edificaciones, las soldaduras de las vigas de los edificios). Por todo esto podemos decir que la soldadura es un medio de unión económico y moderno, (Carrobles, 2008, p. 156)

La sociedad americana de soldadura AWS la define como una coalescencia localizada del metal, en donde esa coalescencia se produce por el calentamiento a temperaturas adecuadas, con o sin aplicación de presión y con o sin utilización de material de aporte para producir una unión localizada a través de fusión o recristalización a lo largo de la intercara. Otra definición mucho más simple es la del Instituto de soldadura, TWI, esta definición dice: “e-doubusunum”, que significa de dos hacer uno (Pastor, 2005, p. 10).

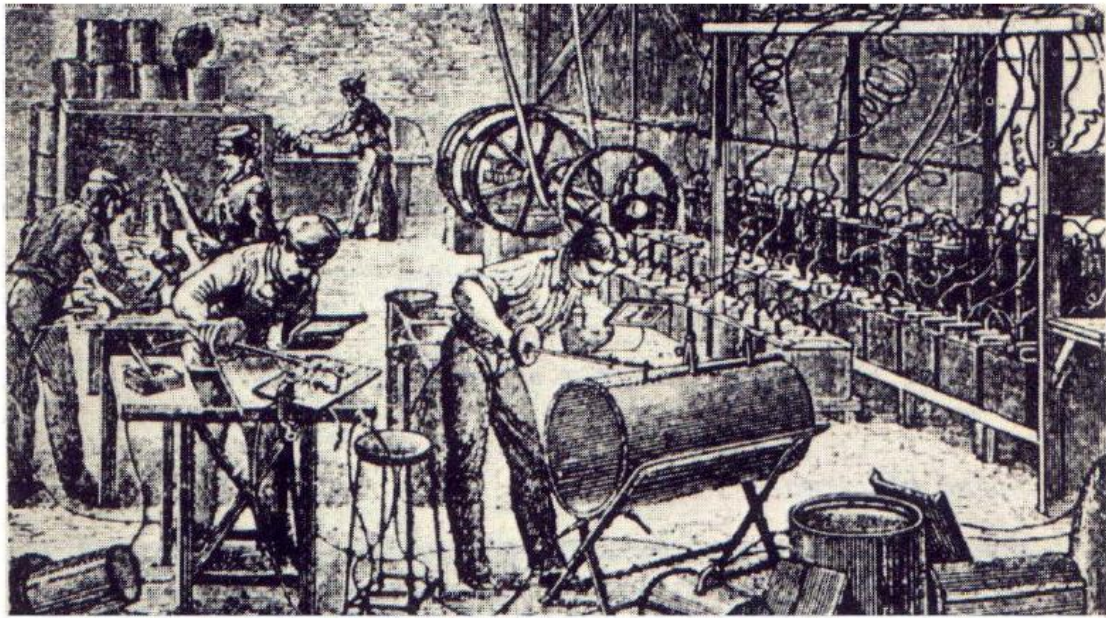
Hace aproximadamente 2500 años, un herrero griego de nombre Glaukos, inventó la forma de soldar el hierro. Con el procedimiento de este herrero, se calentaban las piezas de hierro en un horno o forja hasta que se ablandaba el metal.

Valiéndose del martilleo, se les fusionaba hasta convertirlas en una unidad. Hasta los años 80 no hubo cambios en la soldadura por forja, cuando nuevos procedimientos de soldadura aparecieron. La soldadura de arco fue la primera en desarrollarse seguida rápidamente de la soldadura oxiacetilénica, esos procesos se utilizaron para reparar piezas desgastadas o dañadas (Horwittz, 2002, p. 20).

Este tipo de soldadura es uno de los procesos de unión de metales más antiguos que existe, su inicio data de los años 90 de siglo XVIII. En la que se utilizaba un electrodo de carbón para producir el arco eléctrico, pero no es sino hasta 1907, cuando el fundador de ESAB figura 2.10, Oscar Kjellber desarrolla el método de soldadura con electrodo recubierto, también conocido como método SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*).

Fue el primer método aplicado con grandes resultados, no solo de orden técnico, sino también de orden económico, ya que este proceso permitió el desarrollo de procesos de fabricación mucho más eficaces, y que hasta hoy en día solamente han sido superados por modernas aplicaciones, pero que siguen basándose en el concepto básico de la soldadura al arco con electrodo auto protegido.

Esto llevó a la idea de aplicar recubrimientos protectores al electrodo, siendo las primeras patentes en 1907 adjudicadas al sueco O. Kjellberg. Posteriormente fue quien fundó la empresa ESAB (Vedia, L. & Svoboda, H. 2004, p. 2-3).



**Figura 2.15** Reproducción de un antiguo grabado de un taller de soldadura en 1887.

Fuente: Vedia L, 2004, p. 3.

Este revestimiento era capaz de estabilizar el arco, crear una atmósfera protectora del oxígeno y del nitrógeno del aire y una escoria, que son los principales requerimientos de un revestimiento moderno. De hecho los electrodos celulósicos se siguen utilizando hasta la actualidad.

Así la soldadura adquiría una posición de importancia central en la construcción de estructuras de ingeniería. Esta tendencia ha continuado y desde la invención, en 1943, del proceso de soldadura con protección por gas inerte los procesos de soldadura se han desarrollado y multiplicado a una gran velocidad, dando como resultado que la gran mayoría de los materiales metálicos utilizados actualmente en la industria puedan ser soldados por algunos de los procesos de soldadura existentes. En la figura 2.8, se muestra un esquema de la evolución histórica de los procesos de soldadura, (Vedia et al., 2004, p. 3).

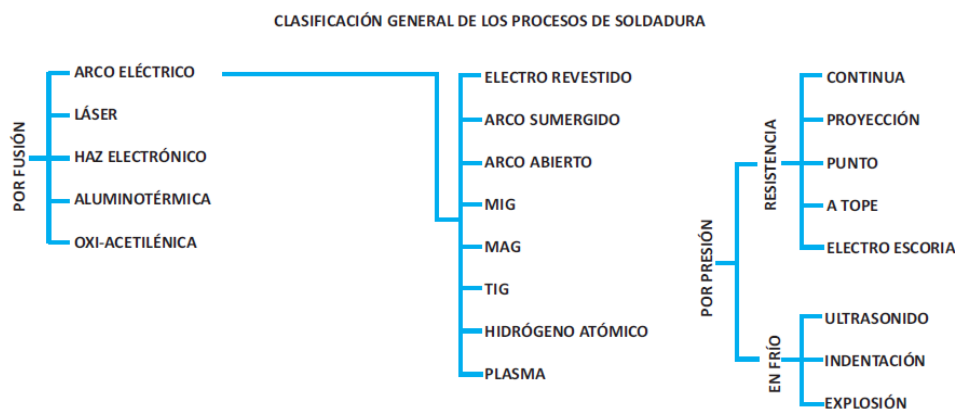
La soldadura moderna de los metales, al igual que la soldadura antigua por forjado, logra la unión de los metales por fusión. Sin embargo, con el desarrollo de la tecnología de la soldadura y el mejoramiento de los métodos de prueba, se observó que podía lograrse una fusión completa y permanente entre dos o más metales, y que el área soldada tenía mayor resistencia que cualquiera de las piezas

que se habían unido. Utilizando las técnicas y los materiales correctos, casi cualesquier pieza de metal pueden fundirse para formar una sola unidad (Vedia et al., 2004, p. 3).

La American Welding Society (AWS) es una de las organizaciones que se ha preocupado por establecer normas específicas para soldadura las mismas que han sido ampliamente aceptadas a nivel mundial. Los métodos de soldadura que se utilizan actualmente son muchos y muy variados; cada uno de estos métodos ha sido caracterizado y designado por la AWS de la siguiente forma: (Pastor, 2005, p. 12).

En la actualidad son los métodos de soldadura que existen y los más utilizados por la industria. Son múltiples las posibilidades de aplicación de los procesos de soldadura. Descripción de los procesos de soldadura según la AWS (Vedia et al., 2004, p. 4).

Su campo de aplicación depende, entre otras cosas, del material a soldar, de su espesor, de los requisitos que debe satisfacer la costura, y de la construcción. La multiplicidad de la ejecución de la costura, tanto en la forma como en el método y las aplicaciones, ha conducido al desarrollo de muchos procesos en esta técnica. La selección del proceso más favorable, adecuado y económico de soldadura presupone el conocimiento de la manera de ejecutarla y sus peculiaridades (Soldexa, 2011, p. 17).



**Figura 2.16** Breve descripción de los procesos por Arco Eléctrico. También del proceso Oxi - Gas.

Fuente: Soldexa, Vol. 7, 2011, p.17.

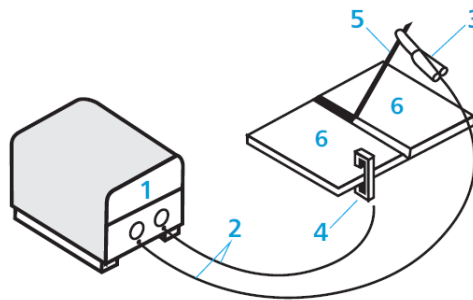
#### 2.4.4.2 SOLDADURA SMAW.

La (AWS) denomina soldadura de arco metálico con electrodo revestido (shielded metal arcwelding, o SMAW). Se llama también soldadura de arco, soldadura con varilla y soldadura con electrodo (La A.W.S., 1992, p. 3).

La energía eléctrica se transforma en energía térmica, pudiendo llegar esta energía hasta una temperatura de aprox. 4000°C. La energía eléctrica es el flujo de electrones a través de un circuito cerrado.

Cuando ocurre una pequeña ruptura dentro de cualquier parte, o apertura del circuito, los electrones se mueven a gran velocidad y saltan a través del espacio libre entre los dos terminales, 1,5 - 3 mm produciendo una chispa eléctrica, con la suficiente presión o voltaje para hacer fluir los electrones continuamente. A través de esta apertura, se forma el arco eléctrico, fundiéndose el metal a medida que se avanza (Soldexa, 2011, p. 21).

Principio de funcionamiento de la soldadura por arco eléctrico.



**Figura 2.17** Partes del Circuito de Soldadura por Arco Eléctrico con electrodo revestido.

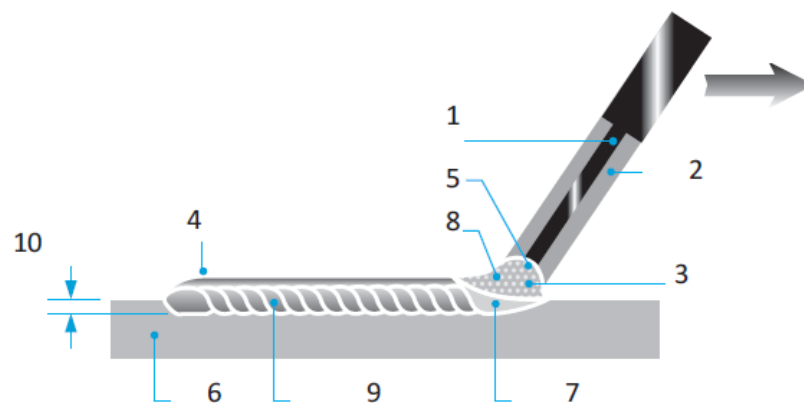
Fuente: Soldexa, Vol. 7, 2011, p. 22.

**El equipo consta de:**

1. Generador de corriente (Fuente de poder)
2. Cables de soldadura
3. Porta-Electrodo

4. Masa o tierra
5. Electrodo
6. Pieza de trabajo

El circuito se cierra momentáneamente, tocando con la punta del electrodo a la pieza de trabajo, y retirándola inmediatamente a una altura preestablecida, 1,5 - 3mm formándose de esta manera un arco. El calor funde un área restringida del material base y la punta del electrodo, formando pequeños glóbulos metálicos, cubiertos de escoria líquida, los cuales son transferidos al metal base por fuerzas electromagnéticas, con el resultado de la fusión de dos metales y su solidificación a medida que el arco avanza (Soldexa, 2011, p. 22)



**Figura 2.18** Proceso de fusión del electrodo revestido.

Fuente: Soldexa, Vol. 7, 2011, p. 22.

**Partes del proceso de fusión:**

1. Núcleo metálico
2. Revestimiento
3. Gota en formación
4. Escoria



5. Arco eléctrico
6. Metal base
7. Baño de fusión y cráter del metal base en fusión
8. Protección gaseosa
9. Cordón depositado
10. Penetración

El arco es el principio físico de transformar la energía eléctrica en calor. Normalmente cumple la ley de Ohm.

$$U = R \times I$$

Donde R es la resistencia del arco, I es la intensidad de corriente y U es la tensión o voltaje. La potencia del arco es  $P = U \times I$  expresada en Watt. Esta energía concentrada en una pequeña área es la que se usa en todos los procesos por arco eléctrico, para fundir tanto al metal base como a los materiales de aporte.

El arco se debe mantener lo más corto posible en todo momento, pudiéndose usar una oscilación muy suave para controlar la forma y ancho del cordón. En soldaduras de varios pases, toda la escoria debe ser removida y la limpieza del cordón muy bien hecha (Oxgasa, 2010, p. 8-11).

**Tabla 2.6 Especificaciones ANSI/AWS para los electrodos revestidos.**

Aplicación	Especificación ANSI/AWS
Acero al carbono	A5.1
Acero de baja aleación	A5.5
Acero resistente a la corrosión	A5.4
Hierro colado	A5.15
Aluminio y sus aleaciones	A5.3
Cobre y sus aleaciones	A5.6
Níquel y sus aleaciones	A5.11
Recubrimiento de superficies	A5.13 & A5.21

Fuente: Oxgasa, 2010, p.28.

## **Electrodos de soldadura SMAW para hierro colado.**

Los electrodos de soldadura SMAW para hierro colado están normados por AWS 5.15., (Specification for covered Carbon Steel Arc Welding Electrodes). La especificación AWS A 5.15. De electrodos para soldadura de hierro fundido utiliza el prefijo E, seguido de los elementos considerados significativos y finalmente las letras CI que indican que el electrodo es para hierro fundido. (Ejemplos: Eni-CI, EniFe-CI, etc.) (La A.W.S., 1992, p. 35)

El Núcleo es una varilla metálica con una definida composición química para cada metal a que está destinado el electrodo. Los diversos elementos componentes del núcleo, como el hierro, carbono, manganeso, silicio, fósforo, azufre, níquel, y otros, proporcionan diferentes propiedades y características a la junta soldada.

El núcleo metálico constituye la base del material de aporte, que es transferido a la pieza en forma de gotas, impulsado por la fuerza electromagnética del arco eléctrico.

El Revestimiento, que se aplica en torno del núcleo metálico, es un compuesto de composición química definida para cada tipo de electrodo.

### **Funciones del revestimiento.**

Cumple funciones indispensables y decisivas en la ejecución y calidad de la soldadura.

Estas funciones podemos clasificarlas en:

- a. Funciones eléctricas.
- b. Funciones metalúrgicas.
- c. Funciones mecánicas.

#### **A. Funciones eléctricas.**

- Permitir el empleo de la corriente alterna Como es sabido, la corriente alterna cambia de polaridad 120 veces por segundo, creando en

consecuencia una gran inestabilidad en el arco. Este problema ha sido solucionado, agregando al revestimiento, algunos elementos químicos que, al quemarse en el arco, producen gases especiales ionizados que mantienen la continuidad del arco. Cualquier electrodo para corriente alterna puede ser empleado también con corriente continua, pero no todos los electrodos fabricados para corriente continua pueden ser utilizados con corriente alterna.

- Facilitar el encendido del arco y mantenerlo con facilidad durante la ejecución de la soldadura.

#### B. Funciones metalúrgicas.

- Proteger el metal fundido de los gases dañinos del aire. Algunos elementos del revestimiento forman, al quemarse, una capa de gases que rodea al arco, protegiendo a las finísimas gotas de metal que son proyectadas por el arco contra el contacto con el aire, así como al metal fundido del charco de fusión. El aire contiene oxígeno y nitrógeno en grandes cantidades, las que al combinarse con el metal fundido forman óxidos y nitruros debilitándolo, haciéndolo poroso, frágil y menos resistente a la tracción y al impacto.
- Formar la escoria protectora del metal caliente. Ciertas materias del revestimiento se funden y se mezclan con el metal de soldadura y van recogiendo las impurezas del metal, haciéndolas flotar en la superficie del metal fundido. Así se forma la escoria que protege al cordón caliente, retardando su enfriamiento, para que no llegue a templarse por el contacto violento con el aire frío, permitiendo que los gases escapen del metal.
- Compensar la pérdida de los elementos que, por acción de la alta temperatura del arco eléctrico, tienden a desaparecer durante el proceso de fusión. Los elementos de compensación mejoran muchas veces el metal depositado y le dan características mecánicas superiores al metal base.
- Aportar elementos de aleación para obtener propiedades y características determinadas en el metal depositado.

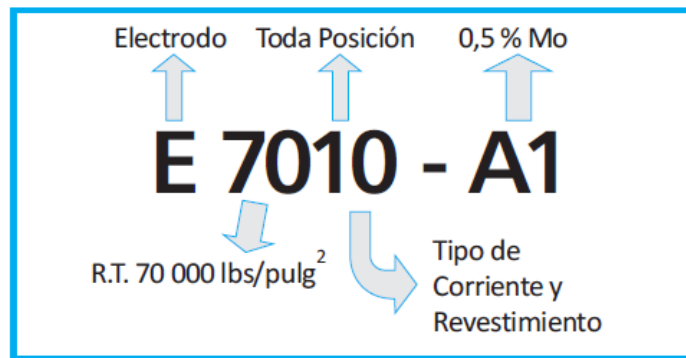
### C. Funciones mecánicas.

- El revestimiento tiende a fundirse inmediatamente después que el núcleo metálico, formando una concavidad; de forma tal que el revestimiento permita dirigir la fuerza del arco y las gotas del metal fundido en la dirección deseada. Esta función que cumple el revestimiento es de gran utilidad, sobre todo en posiciones forzadas.
- Permitir el depósito de cordones, “arrastrando” el electrodo. En muchos casos, el revestimiento establece contacto con la pieza, cuando se está soldando. En realidad, el revestimiento, que sobresale del núcleo, establece la separación entre la pieza y el extremo del núcleo metálico y entonces el arco arde dentro de la concavidad formada por el revestimiento, (Soldexa, 2011, p.125-130 )

#### **2.4.4.3 Designación de electrodos de soldar SMAW para hierro colado.**

Como ya hemos visto, para poder realizar este proceso de soldadura al arco con electrodo recubierto, se dispone de una gran diversidad de tipos de electrodos, cada uno de ellos se selecciona en base al material de que está constituido su núcleo, así como por su tipo de recubrimiento y además por el diámetro del electrodo. La AWS. (American Welding Society) ha normalizado su diseño y utilización.

Para efectos de identificación se utiliza las siguientes siglas. Como podemos ver en la figura 2.16 Esta identificación aparece en la parte superior de cada electrodo. Como una aclaración: diremos que la sigla de posiciones, se refiere a la posición en la que se coloca el electrodo a la hora de estar ejecutando el cordón de soldadura.



**Figura 2.19** La AWS designa a los electrodos de soldadura SMAW para acero al carbono así:

Fuente: Soldexa, Vol. 7, 2011, p. 44.

**Tabla 2.7** Resistencias a la tensión, según designación.

Clasificación AWS	Valores Mínimos	
	Resistencia a la tensión (lb/pulg <sup>2</sup> )	Límite de cedencia (lb/pulg <sup>2</sup> )
E60XX	62,000	50,000
E70XX	70,000	57,000
E80XX	80,000	67,000
E90XX	90,000	77,000
E100XX	100,000	87,000
E100XX	100,000	87,000
E110XX <sup>a</sup>	110,000	95,000
E120XX <sup>a</sup>	120,000	107,000

a. En este tipo de electrodos se utiliza recubrimiento tipo bajo hidrógeno únicamente

Fuente: ESAB, 2010, p. 7-9.

**Tabla 2.8** Posición de soldadura.

Clasificación	Posiciones
EXX1X	Plano, horizontal, vertical, sobrecabeza
EXX2X	Plano, horizontal (filete)
EXX4X	Plano, horizontal, vertical descendente, sobrecabeza

Fuente: ESAB, 2010, p. 7-9.

**Tabla 2.9** Tipo de recubrimiento.

	Recubrimiento	Tipo de Corriente	Penetración
EXXX0	Celulósico, sodio	DCEP	Profunda
EXX20	Oxido de hierro, sodio	DCEN, DCEP, AC	Media
EXXX1	Celulósico, potasio	AC, DCEP	Profunda
EXXX2	Rutílico, Sodio	AC, DCEN	Media
EXXX3	Rutílico, Potasio	AC, DCEP, DCEN	Ligera
EXXX4	Rutílico, Polvo de hierro	AC, DCEP, DCEN	Ligera
EXXX5	Bajo hidrógeno, Sodio	DCEP	Media
EXXX6	Bajo hidrógeno, Potasio	AC, DCEP	Media
EXXX7	Oxido de hierro, Polvo de hierro	AC, DCEP, DCEN	Media
EXXX8	Bajo hidrógeno, Polvo de hierro	AC, DCEP	Media
EXXX9	Oxido de hierro, Rutílico, Potasio	AC, DCEP, DCEN	Media

Fuente: Soldexa, Vol. 7, 2011, p. 42 - 43.

**Tabla 2.10** El sufijo (Ejemplo EXXXX A1) indica el porcentaje aproximado de aleación en el depósito de soldadura. (Soldexa 7° edición.)

A1	0,5% Mo
B1	0,5% Cr; 0,5% Mo
B2	1,25% Cr; 0,5% Mo
B3	2,25% Cr; 1,0% Mo
B4	2,0% Cr; 0,5% Mo
B5	0,5% Cr; 1,0% Mo
C1	2,5% Ni
C2	3,25% Ni
C3	1,0% Ni; 0,35% Mo; 0,15% Cr
D1 y D2	0,25-0,45% Mo; 1,75% Mn
* G	0,5% mín. Ni; 0,3% mín. Cr; 0,2% mín. Mo; 0,1% mín. V; 1,0% mín. Mn

Fuente: Soldexa, Vol. 7, 2011, p. 44.

Solamente se requiere un elemento de esta serie para alcanzar la clasificación G.

### Interpretación de la norma AWS (La A.W.S., 1992).

- a. La letra E designa el producto: Electrodo para soldadura eléctrica manual.
- b. Los primeros 2 dígitos -en un número de 4 dígitos- o 3 dígitos -en un número de 5 dígitos señalan la resistencia mínima a la tracción, sin tratamiento térmico post soldadura:

E 60XX	62000	lbs/pulg <sup>2</sup> mínimo	
E 70XX	70000	"	"
E 110XX	110000	"	"

Fuente: Soldexa, Vol. 7, 2011, p. 43.

- c. El último dígito, íntimamente relacionado con el penúltimo, es indicativo del tipo de corriente eléctrica y polaridad en la que mejor trabaja el electrodo e identifica a su vez el tipo de revestimiento, el que es calificado según el mayor porcentaje de materia prima contenida en el revestimiento; por ejemplo el electrodo E-6010 tiene un alto contenido de celulosa en el revestimiento aproximadamente un 30% o más; por ello es que a este electrodo se le clasifica como un electrodo de tipo celulósico.
- d. El tercer dígito indica la posición en la que se puede soldar satisfactoriamente con un electrodo. Por ejemplo, el número 1 en el electrodo E 6011 significa que el electrodo es apto para soldar en toda posición (plana, vertical, sobre cabeza y horizontal). El número 4 en un electrodo E 7048 indica que el electrodo es conveniente para posición plana y también para posición vertical descendente. (Soldexa, 2011, p. 107-115).

#### 2.4.4.4 Electrodo para hierro fundido.

**Electrodo AWS A5.15 E – 6506, 6510. (E Ni-CI (básico)).-** Utiliza un mínimo de amperaje de trabajo, sin porosidad ni socavaciones. Su gran elongación permite absorber las tensiones residuales que quedan en el interior de la pieza. Utilizar C.A. / C.D.

Electrodo con núcleo de Ni puro y revestimiento especial básico-grafítico con transferencia spray para soldaduras dúctiles de unión y reparación de hierro

fundido gris entre sí o con metales ferrosos o no, tanto en frío como en caliente. Depósitos mecanizables para máxima calidad de juntas en piezas livianas y medianas de paredes delgadas y bajas tensiones de contracción con contenido de P<0,20 %.(Soldexa, 2011, p. 107-115)

**Composición:** C: 1,40 % Ni: resto Fe: 3,50 % Dureza: 140 HB.

**Electrodo AWS A5.15 E – 6340, 6345. (E NiFe-CI (básico)).-** Coeficiente de expansión menor, mayor resistencia y ductibilidad, menor tendencia a fracturar. Deposito 60% Ni. Utilizar C.A. / C.D. P.I.

Electrodo de Fe-Ni, de revestimiento básico conductor que permite su aplicación con muy bajas intensidades de corriente en técnicas de soldadura en frío. Soldadura de unión y reparación de hierro fundido gris maleable y nodular entre sí o con aleaciones ferrosas o no, tanto en frío como en caliente. Máxima calidad en juntas de gran espesor y restricción de movimientos. Hierro fundido con contenidos de P que pueden exceder el 0,20 %.(Soldexa, 2011, p. 107-115)

**Composición:** C: 1,60 %, Ni: 55,0 %, Fe: resto, Dureza: 150 HB.

**Electrodo AWS A5.6 E – 6040. (E CuSn-C (básico)).-** Sella las paredes del bisel, permitiendo uniones libres de poros en hierros colados. Utilizar C.A. / C.D.

Debido a su bajo punto de fusión y revestimiento especial permite una alta velocidad de depósito con mínimo aporte térmico, resultando una zona de transición reducida y tenaz. El aporte no endurece mayormente con la incorporación de C y resulta limable y mecanizable como los electrodos base Ni, con un costo sensiblemente menor. Soldadura de hierro fundido gris entre sí, o con acero al C o bronce.

**Composición:** Sn: 7,20 %, Fe: 0,25 %, Cu: 92,5 %, Rt: 280-380 N/mm<sup>2</sup>, Dureza: 120 HB. (Soldexa, 2011, p. 107-115)



#### **2.4.4.5 Posiciones de la soldadura**

Los trabajos de soldadura, o más propiamente la ejecución de los cordones, pueden realizarse en las posiciones siguientes:

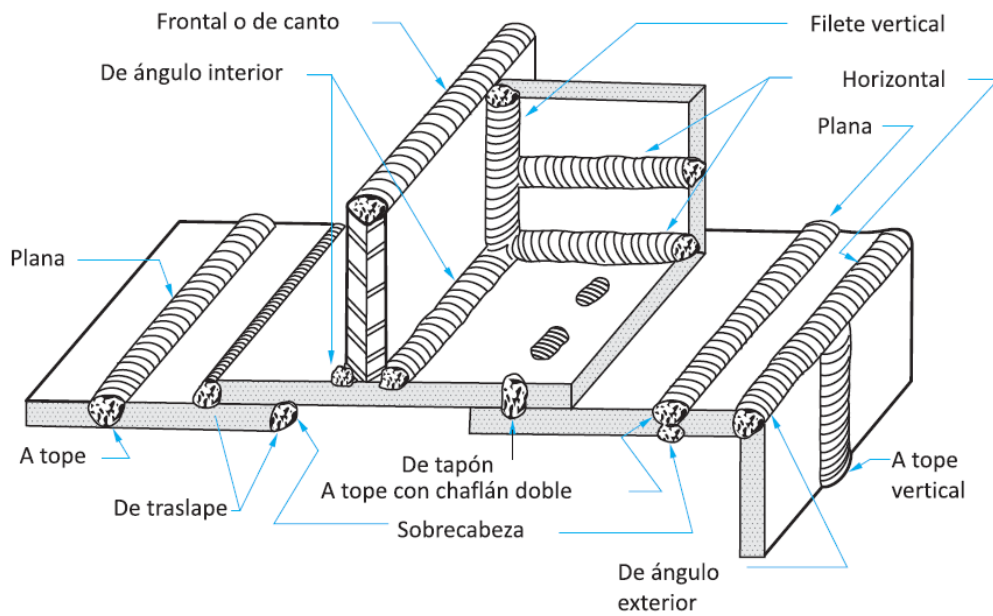
**Posición plana (1F).**- Es decir, sobre un plano horizontal. La ejecución de cordones en esta posición es más fácil y económica. En lo posible, la pieza debe colocarse de tal forma, que permita la ejecución de los cordones en esta posición, (Soldexa, 2011, p. 107-115)

**Posición vertical (3F).**- Las planchas a soldar se encuentran en posición vertical y los cordones también se ejecutan siguiendo la dirección de un eje vertical. La soldadura puede hacerse en forma ascendente y también en sentido descendente.

**Posición horizontal (2F).**- Las planchas están colocadas verticalmente y el cordón se ejecuta horizontalmente, tal como indica.

**Posición sobre cabeza (4F).**- Es decir las planchas están colocadas horizontalmente y la soldadura se ejecuta por debajo. Es una posición inversa de la posición plana.

Existe gran variedad de tipos de juntas y son varias las posiciones, en las cuales puede realizarse una soldadura. La figura adjunta muestra la variedad de juntas tal como aparecen en los trabajos de soldadura, (Soldexa, 2011, p. 51)

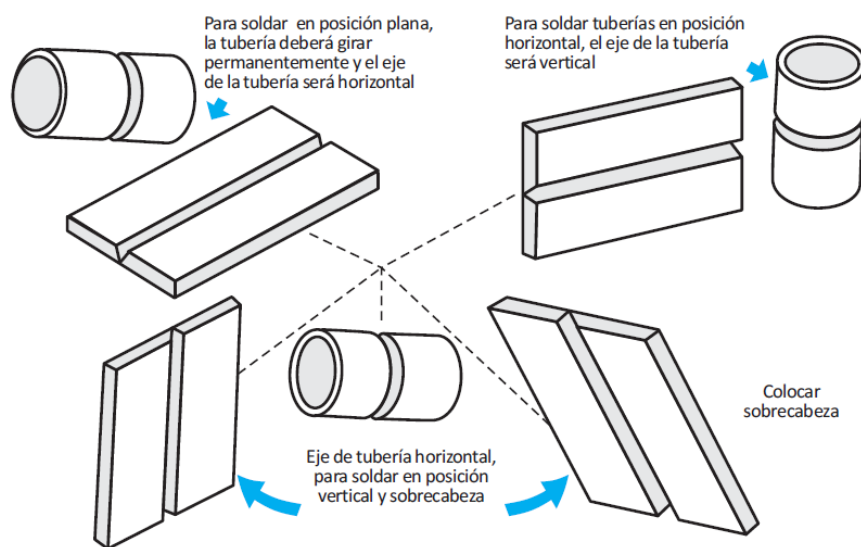


**Figura 2.20** Diversas juntas y posiciones de soldadura.

Fuente: Soldexa, Vol. 7, 2011, p. 51.

**La soldadura de tuberías.-** Es una combinación de las diferentes posiciones.

En los trabajos, que se realizan en el taller o en el campo, se presentan situaciones diversas, tal como las posiciones indicadas, así como posiciones intermedias, (Soldexa, 2011, p. 51)



**Figura 2.21** Posiciones de soldadura de tubos.

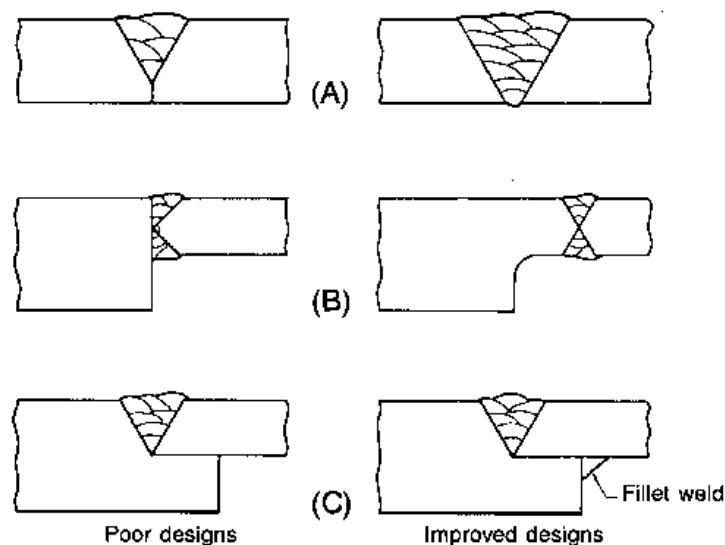
Fuente: Soldexa, Vol. 7, 2011, p. 53.

#### 2.4.4.6 Preparación de las juntas para la Soldadura.

**La junta.-** La Junta es la parte a rellenar de metal situada entre 2 o más planchas o piezas, que tienen los bordes convenientemente preparados.

El diseño de uniones y la preparación a diferencia de las juntas a soldadas, la articulación-brecha para la soldadura fuerte (Figura 2.17) es estrecha y de espesor controlado para maximizar la resistencia de la unión, incidir en la penetración de la aleación de soldadura por flujo capilar, y reducir la cantidad de aleación del cordón de soldadura a través del electrodo consumido (Soldexa, 2011, p. 53).

Las articulaciones preferiblemente deben ser diseñadas para operar a compresión o cizallamiento. Aunque las uniones soldadas pueden tener excelentes propiedades mecánicas bajo carga de tracción pura, cualquier momento de flexión reducirá seriamente las propiedades mecánicas. El hierro nodular debe estar preparado para una soldadura resistente, en la superficie del material a ser soldado se debe eliminar posibles rugosidades con un esmerilado, realizar un calentamiento previo de las superficies de la articulación con una llama oxidante de oxi-acetileno o un baño de sal y la limpieza y desengrasado con un disolvente adecuado (DUCTILE IRON SOCIETY SECTION VIII, 2007, p. 8). (Anexo C5)



**Figura 2.22** Juntas más frecuentes aplicadas para la unión por soldadura en hierro nodular (A.- junta a tope en V B.- Junta a tope en X C.- Junta traslapada en V).

Fuente: DUCTILE IRON SOCIETY SECTION VIII, 2002, p.3.

**Finalidad de la junta.-** La finalidad de la preparación de la junta es asegurar la penetración deseada en la soldadura y facilitar la operación de miras a obtener una unión de excelente calidad. Soldexa, 2011

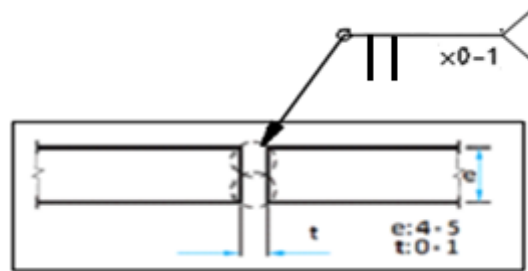
**Elección del tipo de junta.-** Una cuestión de suma importancia en el trabajo de soldar por arco es la selección del mejor y más adecuado tipo de junta a utilizar en cada aplicación concreta. Soldexa, 2011

La mejor junta es la que, con un mínimo costo, satisface todas las condiciones de servicio. Al seleccionar la junta, deben tomarse en cuenta tres factores: Soldexa, 2011

- La carga y sus características, es decir si la carga es de tracción o de compresión y si existe alguna combinación de esfuerzos de doblado, fatiga o choque.
- La forma en que la carga es aplicada, o sea si su acción es continua, variable o instantánea.
- El costo de preparación y de la ejecución, propiamente dicha de la soldadura.
- Otros aspectos, que deben tenerse en cuenta, son los efectos del alabeo, la comodidad para soldar y la uniformidad y apariencia de la soldadura apropiada para todas las condiciones de carga.

#### **Juntas a tope.**

- Satisfactoria para todas las cargas corrientes.
- Requiere fusión completa y total.
- Recomendable para espesores menores de 6 mm.
- Preparación sencilla.
- La separación de los bordes depende del espesor de las planchas.
- El costo de preparación es bajo, sólo requiere el emparejamiento de los bordes de las planchas a soldar.

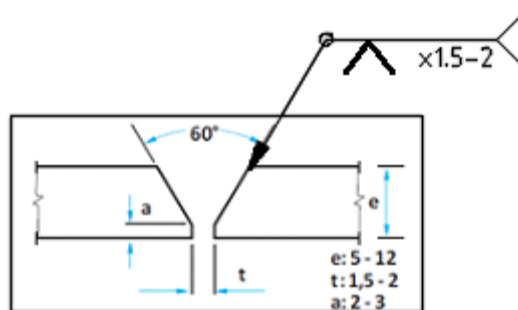


**Figura 2.23** Junta a tope.

Fuente: Soldexa, Vol. 7, 2011, p. 54.

### Junta a tope en "V".

- Aplicable en planchas de 5 a 12 mm, no siendo muy corriente aplicarla en espesores menores.
- El ángulo de la junta es de  $60^\circ$ . La preparación de la junta es más cara que para la junta a tope simple.

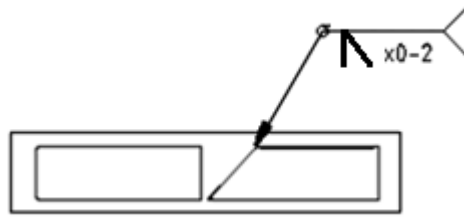


**Figura 2.24** Junta a tope en "V"

Fuente: Soldexa, Vol. 7, 2011, p. 54.

### Junta de bisel simple.

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

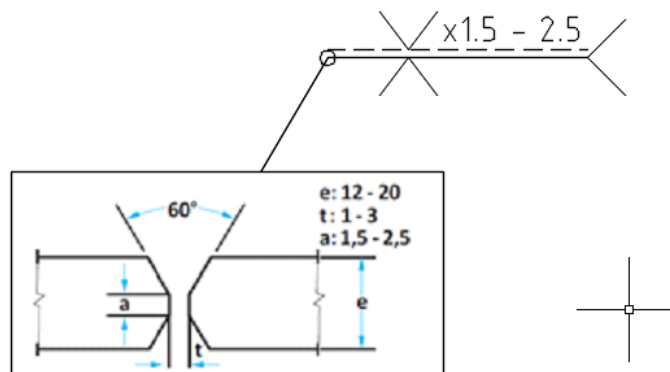


**Figura 2.25** Junta de bisel simple

Fuente: Soldexa, Vol. 7, 2011, p. 54.

### Junta a tope en doble V ó en X.

- Satisfactoria para todas las condiciones normales de carga.
- Para planchas de un espesor mayor de 12 hasta 20 mm, siempre y cuando sea posible soldar por ambos lados.
- La junta en X consume más o menos la mitad de electrodos que la junta a tope en V, pero en cambio es más costosa su preparación.



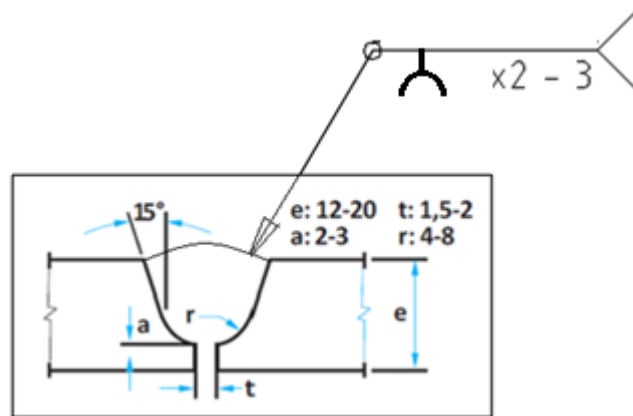
**Figura 2.26** Junta a tope en doble “V” ó “X”

Fuente: Soldexa, Vol. 7, 2011, p. 54.

### Junta a tope en “U” simple.

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

- Esta junta consume menos electrodos que la junta en V o X, pero su costo de preparación es mucho más elevado.
- La soldadura se realiza por un solo lado, con excepción de un único cordón que se aplica al final por el lado opuesto.

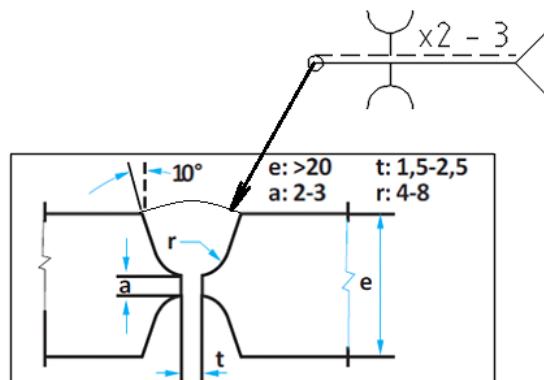


**Figura 2.27** Junta a tope en "U" simple

Fuente: Soldexa, Vol. 7, 2011, p. 54.

### Junta a tope en doble "U".

- Satisfactoria para todas las cargas.
- Para planchas de espesor superior a 20 mm, siempre y cuando sea posible soldar por ambos lados.
- Esta junta consume menos electrodos que una junta en U simple.
- El costo de su preparación es mucho más elevado que en todos los demás tipos de junta estudiados.

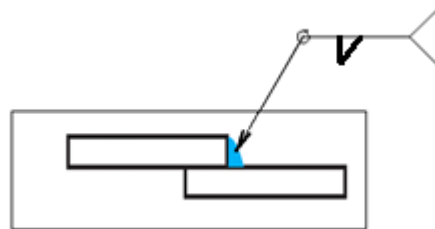


**Figura 2.28** Junta a tope en doble "U"

Fuente: Soldexa, Vol. 7, 2011, p. 54.

### Junta de traslape de rincón simple.

- Usada con mucha frecuencia.
- No requiere preparación alguna en los bordes de las planchas.
- Si las cargas a soportar no son grandes, este tipo de junta resulta apropiada para soldar planchas de todos los espesores, pero cuando existen esfuerzos de fatiga o de impacto, debe estudiarse detenidamente la distribución de las tensiones.

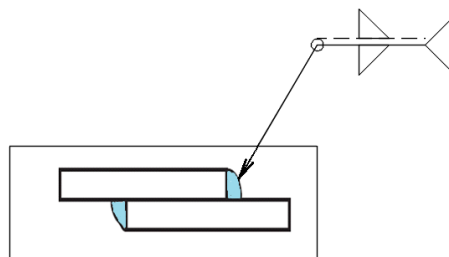


**Figura 2.29** Junta de traslape de rincón simple.

Fuente: Soldexa, Vol. 7, 2011, p. 56.

### Junta de traslape de rincón doble

- Apropriada para condiciones más severas de cargas que las que pueden satisfacerse con la junta anterior.
- Para cargas muy pesadas debe usarse la junta a tope, (Soldexa, 2011, p. 53-56)



**Figura 2.30** Junta de traslape de rincón doble.

Fuente: Soldexa, Vol. 7, 2011, p. 56.

### 2.4.5 Zonas presentes en la soldadura.

En soldadura a medida que la fuente de calor interactúa con el material la severidad del ciclo térmico que experimental el material varía de zona en zona, pudiendo identificarse tres regiones principales en la soldadura. Estas son las



zonas fundidas (**ZF**) o columnar (**ZC**), la zona afectada térmicamente (**ZAT**) y el metal base (**MB**) no afectado por la presencia de la fuente de calor (Vedia & Svoboda, 2004, p. 138 – 143).

**La zona fundida (ZF).** Es la que experimenta la fusión y posterior solidificación con el material base formando el metal de soldadura.

Dicha solidificación del metal de soldadura es influenciada por la composición química del sistema, por la geometría de la pileta líquida y por las condiciones térmicas bajo las que tiene lugar. Adicionalmente existen otros factores que afectan la solidificación como la presencia de impurezas en la pileta líquida, la existencia de una considerable turbulencia, un volumen de metal líquido pequeño respecto del metal base y la existencia de grandes gradientes de temperatura en el metal líquido. Además debido a que la fuente está en movimiento la solidificación es un proceso dinámico, que está relacionado depende con la velocidad de soldadura. Cuando se requiere precalentamiento los gradientes de temperatura se ven afectados, (Vedia et al, 2004, p. 138-143).

**La línea de fusión.-** Es el límite entre el metal fundido y la zona de estado sólido es la zona con alta susceptibilidad al inicio de fisuras, se presentan zonas con fusión parcial.

**La zona afectada térmicamente (ZAT).** Esta región del metal base sufre ciclos de calentamiento y enfriamiento en la cual se producen transformaciones en fase sólida.

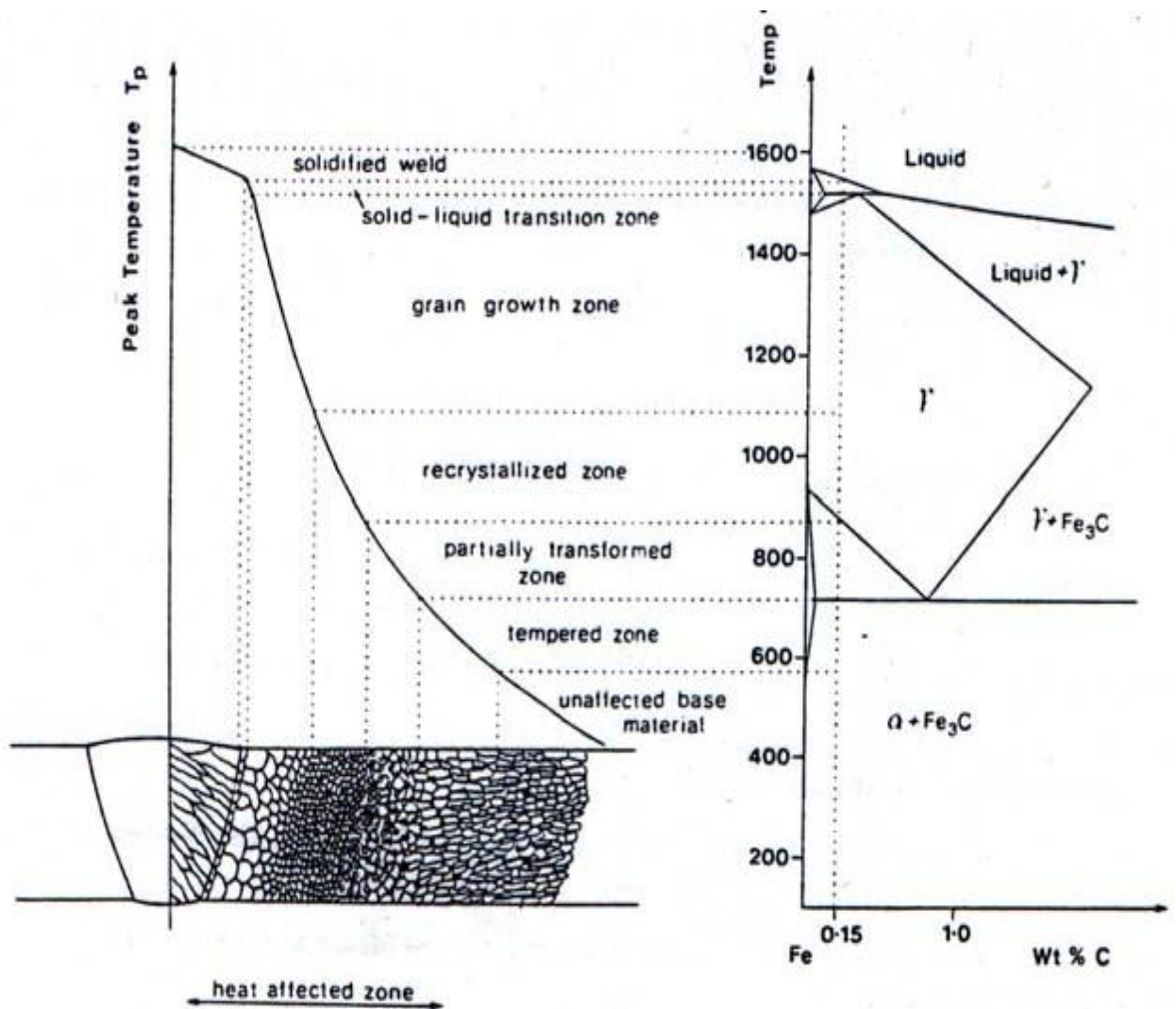
“Cuando partes estructurales son soldadas por fusión, en la junta, el material de ambos componentes es calentado hasta su punto de fusión bajo condiciones de restricción impuestas por la geometría del sistema. Debido a este severo ciclo térmico la estructura original del material y sus propiedades son modificadas en una región cercana a la soldadura. Este volumen de material afectado térmicamente se lo denomina usualmente como zona afecta por el calor (ZAC). Esta zona es convenientemente dividida en subzonas, las que se pueden observar en la figura 2.27 para el caso de un acero”, (Vedia et al, 2004, p. 138-143).

A fin de comprender los procesos que tienen lugar en la ZAC es necesario considerar cómo la microestructura del metal base reacciona al ciclo térmico completo aplicado, es decir el ciclo de calentamiento, el tiempo de mantenimiento a temperatura y el ciclo de enfriamiento. Junto con esto deben tenerse en cuenta los efectos de dicho ciclo térmico en las transformaciones de fase y en las reacciones de precipitación, (Vedia et al, 2004, p. 138-143).

Durante el calentamiento en la zona del material que alcance temperaturas que se encuentren en el rango entre la temperatura crítica superior y alrededor de 1200°C se formarán granos de austenita, que crecerán relativamente lento. Cuando se supere la temperatura de crecimiento de grano la velocidad de crecimiento aumentará fuertemente. Debajo de esta temperatura el movimiento del borde de grano está impedido por la presencia de ciertas partículas.

Por Ej.: Nitruro de aluminio.

Sin embargo estas partículas entran en solución por encima de una temperatura, perdiéndose el efecto de anclaje del borde de grano. La efectividad de las adiciones para refinamiento de grano como Al, Ti, Nb o V es mayor cuanto mayor es la temperatura de disolución de las partículas formadas, (Vedia et al, 2004, p. 138-143).



**Figura 2.31** Diagrama esquemático de las zona afectada por el calor y las sub-zonas derivadas indicadas sobre un diagrama Fe-Fe<sub>3</sub>C

Fuente: Vedia et al., 2004, p.139.

## 2.4.6 Tratamientos térmicos.

### 2.4.6.1 Tratamientos térmicos de los hierros fundidos.

Según Torres (2010, p. 17-18), el término recocido cubre una variedad de tratamientos térmicos de fundiciones grises o nodulares aplicados con el propósito de reducir la dureza y mejorar la maquinabilidad, y que puede, simultáneamente, producir cambios en otras propiedades. Comprende los procesos de alivio de tensiones residuales, disminución de la resistencia mecánica y, en el caso del hierro nodular, incremento en la ductilidad y resistencia al impacto.

Metalúrgicamente, el recocido representa un cambio en la microestructura de la fundición hacia una condición de equilibrio más estable, esto es, una estructura más uniforme.

Según el folleto (UCLV, 1983) a los hierros fundidos se les aplican los tratamientos térmicos siguientes:

- a) Recocido.
- b) Recocido ablandador.
- c) Recocido grafitizador.
- d) Recocido esferoidizante.
- e) Normalización.
- f) Temple y revenido.
- g) Tratamiento termoquímico.
- h) Recocido de fundiciones aleadas.

**Recocido para eliminar tensiones:** Se da a las siguientes temperaturas en dependencia del tipo de fundición:

- a) Gris laminar 500-570°C.
- b) Nodular 530-650°C.
- c) Baja aleación 520-600°C.
- d) Alta aleación 620-650°C.

El tiempo de mantenimiento es de una hora por cada 25mm de espesor. El enfriamiento se realiza en el horno.

**Recocido ablandador:** Mejora el maquinado y eleva la plasticidad se logra con calentamiento prolongado de 680 a 700°C. (Torres, 2010).

**Recocido grafitizador:** Se logra la descomposición de la cementita. Dependiendo del tipo de fundición el rango de temperatura varía entre 850 y 1050°C. El tiempo de tratamiento depende de las condiciones específicas de la fundición. Este

tratamiento tiene como objetivo disminuir la dureza y mejorar la maquinabilidad. (Torres, 2010).

**a) Velocidad de calentamiento:** Para disminuir los peligros de gradientes térmicos grandes, se debe minimizar el diferencial de temperatura durante el calentamiento. Fundiciones de formas intrincadas con secciones gruesas y delgadas, deben ser precalentadas lentamente a 400 – 500° C, antes de llevarse a las temperaturas de austenización. En general la velocidad de calentamiento desde temperatura ambiente hasta la temperatura de recocido, no debería exceder de 110° C/hora. (Torres, 2010).

**b) Tiempo a temperatura:** Para la completa grafitización de los carburos libres, el tiempo de permanencia a la temperatura de recocido tiene su importancia. En una fundición gris no aleada se recomienda un tiempo de permanencia, cuando los carburos son masivos, de 1 a 3 horas, más 1 hora por 25 mm., de espesor. En las fundiciones grises con cantidad apreciable de aleantes, especialmente estabilizadores de carburos como Cr, Mo y V, se utilizan mayores tiempos a temperaturas más elevadas; no obstante, cantidades apreciables de estos elementos pueden inhibir el proceso y no hacer recomendable el tratamiento. (Torres, 2010).

**c) Velocidad de enfriamiento:** La velocidad de enfriamiento después de la permanencia a temperatura de recocido, afecta definitivamente las propiedades mecánicas de la fundición. Si se necesita un máximo ablandamiento para incrementar la maquinabilidad, es importante que la velocidad de enfriamiento sea lo suficientemente lenta para permitir la completa grafitización y prevenir que se produzcan tensiones residuales a causa de gradientes térmicos dentro de la fundición. En la mayoría de los casos las velocidades de enfriamiento en horno alcanzan a 50° C/hora, hasta bastante por debajo del rango crítico (300° C aprox.). El enfriamiento posterior hasta temperatura ambiente, se recomienda al aire calmo (Torres, 2010).

**Recocido esferoidizante:** Se usa para mejorar las propiedades mecánicas de las piezas de importancia construidas de fundición maleable o de alta resistencia. Como resultado de este tratamiento se transforma la perlita laminar en globular.

El rango de temperatura oscila entre 730 a 750 °C y el tiempo de duración del proceso es de algunas horas con enfriamiento al aire. (Torres, 2010).

**Normalización:** Se realiza en el rango de 850 a 950°C con enfriamiento al aire. Este tratamiento aumenta la dureza, la tenacidad y la resistencia al desgaste. Se logra como resultado de la ferrita o ferrita-perlita en perlita. En el “Niresist” mejora la maquinabilidad. (Torres, 2010).

**Temple y revenido:** Para el temple la fundición se calienta por encima del punto Ac1 con enfriamiento en aceite a continuación se hace el revenido cuya temperatura puede oscilar entre los 200 y los 600°C. Con este tratamiento aumenta la tenacidad la dureza y la resistencia al desgaste. (Torres, 2010).

**Tratamiento termoquímico:** Tiene como objetivo aumentar la dureza superficial, la resistencia al desgaste y a la corrosión, así como otras propiedades superficiales. Dentro de estos tratamientos se encuentra la nitruración que se realiza entre 550 y 700°C en dependencia del tipo de fundición. En el hierro fundido al magnesio se logran durezas superficiales de hasta 1000 HB.

Se ha comprobado experimentalmente que los elementos de aleación (Mn, Si, Mg, Cr, Ge, Mo, W, Ce, Ni) elevan la dureza de la capa nitrurada y disminuyen su profundidad en comparación con el hierro sin alear. El aluminio tiene la característica que eleva la dureza de la capa nitrurada sin disminuir la profundidad de la misma. La cementación no se utiliza en el caso de los hierros fundidos porque sería incongruente tratar de enriquecer con carbono la superficie de un material demasiado rico en este elemento. La cianuración ni la carbonitruración se emplean por las mismas razones, (Torres, 2010, p. 18).

**Recocido de fundiciones aleadas:** La presencia de uno o más elementos estabilizantes de carburos, tales como Cr, Mo, V y algunos otros como Mg, Ni y Cu, tiende a interferir en el proceso de ablandamiento que ocurre durante el recocido. Para contrarrestar estos efectos de inhibición, el recocido de las fundiciones con cantidad apreciable de estos elementos generalmente requiere

temperaturas más altas y mayores tiempos de calentamiento que para las no aleadas.

Por otro lado, el Si y el C tienen el efecto de favorecer la grafitización de los carburos. Consecuentemente, para comparar las características del recocido de varias fundiciones es importante considerar la influencia del C y Si, tanto como la de los estabilizadores de carburos. Si bien el Cr y otros estabilizadores de carburos interfieren en el recocido, tienen un importante rol cuando se trata de producir fundiciones de resistencia a la tracción y al desgaste superior.

En general, períodos de calentamiento largos, altas temperaturas de recocido y velocidades de enfriamiento muy lentas tienden a favorecer el alcance del equilibrio y máximo efecto de ablandamiento. (Torres, 2010).

El recocido de la fundición incluye un aspecto no presente en el acero. Por un enfriamiento lento, el contenido de carbono de la matriz, el carbono combinado, se reduce a cero de manera que sólo ferrita y grafito quedan remanentes en la microestructura. El Si en la fundición causa precipitación del C que se deposita en el grafito presente, (Anónimo, 2009, p. 3-4)

**Tabla 2.11 Práctica recomendada para los recocidos de fundiciones nodulares.**

Tipo de recocido	Propósito	Temperatura	Tiempo	Veloc de Enfriamiento
Baja temperatura (ferritizado)	En ausencia de carburos. Para obtener grados 60-45-12 y 60-40-18	720 a 732° C	1 hora por 25 mm de sección	Enfriamiento en el horno hasta 300° C aprox.
Media temperatura (para bajos % de Si)	En ausencia de carburos. Para obtener grado 60-40-18	870 a 925° C	hasta igualar la temperatura de control	Enfriamiento en horno hasta 300° C aprox.
Alta temperatura (grafitizado)	En presencia de carburos. Para obtener los grados 60-45-12 y 60-40-18	915 a 930° C	2 horas mínimo	Enfriamiento dentro del horno hasta 700° C. Mantener 2 horas a 700° C y enfriar dentro del horno
Normalizado y revenido	En presencia de carburos. Para obtener los grados 100-70-03 y 80-55-06	900 a 930° C	2 horas mínimo	Enfriamiento al aire y revenido a 530-600° C

Fuente: Anónimo, 2009, p.3.

El recocido, en sus variadas formas, provee un medio controlado de alcanzar el máximo de ablandamiento y maquinabilidad, o un ablandamiento parcial con retención de altos niveles de resistencia.

Desde el punto de vista metalúrgico, la microestructura para óptima maquinabilidad es una matriz ferrítica con láminas de grafito uniformemente dispersas, lo cual es una característica de una fundición totalmente recocida. Una fundición nodular totalmente recocida con una matriz ferrítica tiene una maquinabilidad comparable a la de una fundición gris, y ambos son superiores a cualquier fundición con otra estructura en la matriz. La cementita libre es la microestructura más perjudicial para la maquinabilidad, debido a que lo abrasivo y la elevada dureza tienen un efecto destructivo en el filo de la herramienta (Anónimo, 2009, p. 5).

#### **2.4.6.2 Principios de precalentamiento del hierro fundido.**

El calentamiento previo o precalentamiento del elemento, por una parte, elimina residuos y humedades evitando inclusiones de gases, tales como N<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>; por otra, este calentamiento favorece la difusión en caliente de la matriz ferrítica con la aleación del electrodo, con lo que se optimizan las características de la unión entre los dos materiales (Cembrero & Pascual, 1999).

Según (Rodríguez, 1983) el precalentamiento de los hierros fundidos se define a través de las siguientes interrogantes y condiciones:

- a) ¿Se soldará con o sin precalentamiento?
- b) Si se precalienta ¿De qué forma? ¿Local o total?
- c) El precalentamiento se emplea sólo cuando es indispensable y sólo hasta la temperatura que sea necesario.

En la selección del precalentamiento de una forma local o total será necesario analizar si durante el calentamiento existe la libre dilatación es decir la no aparición de tensiones de compresión ( $\sigma_c$ ) y de tracción ( $\sigma_t$ ). Desde el punto de vista de las propiedades mecánicas de los hierros fundidos no será necesario el precalentamiento de las piezas cuando existe la libre dilatación, sin embargo para



evitar la formación de cementita se le aplica un ligero calentamiento local. En piezas de hierro fundido rígidas, es decir, cuerpos huecos reforzados, con nervios, etc., el calentamiento local es inútil y entonces es indispensable el calentamiento total el cual debe ser uniforme en todas las dimensiones y secciones.

En la soldadura de piezas grandes se aplica un precalentamiento local, mantenido durante el proceso de soldadura para lograr la libre dilatación de la pieza, (Torres, 2010, p. 18)

### **Formas de precalentamiento.**

#### a) Precalentamiento local.

1. Llama oxiacetilénica.
2. Hornos de llama.
3. Calentamiento por inducción.

#### b) Precalentamiento total.

1. Hornos de resistencia eléctrica.
2. Hornos de fragua o forja.
3. Pozos de calentamiento.

### **Formas de aplicación del precalentamiento.**

De acuerdo a (Rodríguez, 1983) la temperatura de precalentamiento se selecciona teniendo en cuenta los siguientes criterios:

#### a) **Precalentamiento local:**

La temperatura de precalentamiento se da en función de la deformación localizada requerida, para una separación tal que libere el empotramiento. Esto puede calcularse en algunos casos por las ecuaciones de dilatación lineal correspondiente; generalmente no sobrepasa los 300°C, (torres, 2010, p. 19).

b) **Pre calentamiento total:**

En piezas de mayor rigidez es, decir, cuando se trata de piezas que no están enteramente cerradas con paredes que no estén reforzadas o donde se admita cierta deformación en flexión, se recomienda una temperatura de pre calentamiento entre 300 y 400°C, como por ejemplo en cajas de reductores de velocidad, cárteres de motores, etc. En piezas de mayor rigidez como es en el caso de bloques de cuerpos de bombas, etc., la temperatura de pre calentamiento que se recomienda está entre 600 y 800°C, (Torres, 2010, p. 19-20).

Los hierros fundidos en dependencia de las temperaturas a la que se sueldan podrán soldarse en frío o en caliente. En la selección del pre calentamiento de una forma total o local será necesario analizar si durante el pre calentamiento existe la libre dilatación es decir, la ausencia de aparición de tensiones de compresión ( $\sigma_c$ ) y de tracción ( $\sigma_t$ ).

Desde el punto de vista de las propiedades mecánicas de los hierros fundidos no será necesario el pre calentamiento de las piezas cuando existe la libre dilatación, sin embargo para evitar la formación de cementita se aplica un ligero pre calentamiento final.

En piezas, de hierro fundido, rígidas es decir, cuerpos huecos reforzados con nervios, etc., el calentamiento local es inútil y entonces es indispensable el calentamiento total, el cual debe ser uniforme en todas las secciones. En piezas grandes se aplica un pre calentamiento local mantenido durante el proceso para lograr la libre dilatación de la pieza, (Torres, 2010, p. 19-20).

**2.4.6.3 Criterios de temperatura de pre calentamiento.**

**Pre calentamiento local:** Generalmente a 300°C.

**Pre calentamiento total:**

1. Piezas de menor rigidez como cajas de reductores, cárteres de motores, etc. De 300 a 400°C.
2. Grietas rectas y cortas terminadas en aristas o agujeros. De 350 a 400°C.

3. Grietas ramificadas sin salida al borde de la pieza. 600 – 750°C.

Una vez realizada la soldadura, debido al rápido enfriamiento que ésta experimenta, se temple, lo que le confiere una gran dureza y fragilidad que imposibilitaría una adecuada utilización del elemento a la vez que impide el mecanizado, es por esto que es de gran importancia la realización del precalentamiento previo a la soldadura, y un enfriamiento controlado, (Caldera, Massone, Boeri & Sikora, 2003, p. 3).

En la zona de influencia térmica y más específicamente en la zona de sobrecalentamiento el aumento de la temperatura al elevar el coeficiente de difusión favorece la migración de los átomos de carbono de la inclusión de grafito hacia el grano de austenita. Si el enfriamiento de la aleación es lento parte de este carbono regresará a la inclusión de grafito. En caso de enfriamiento rápido este carbono reaccionara con el hierro formando carburos y cementita, (Torres, 2010, p. 11-12).

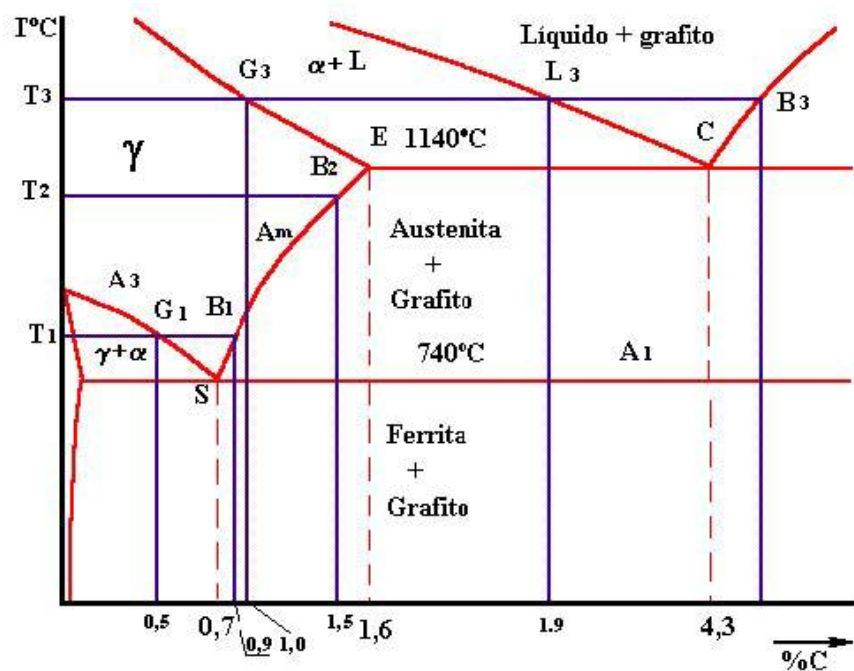
Este proceso esta descrito en el texto (Udim et al, 1954). Para explicar la influencia de la temperatura máxima de calentamiento y la velocidad de enfriamiento en la estructura que se origina en (Udim et al, 1954) se efectúa un análisis en este sentido. Para esto se considera una inclusión de grafito nodular en una fundición de matriz ferrítica. Algún tiempo después de que la fuente de calor pase este nódulo y sus alrededores alcanzan un máximo de temperatura determinado por la distancia del nódulo desde la línea de avance de la fuente y por la velocidad e intensidad de la fuente. El grafito entonces enfría con una velocidad comparable pero algo más lenta que la velocidad a la cual aumentó la temperatura. Se selecciona un nódulo que fue calentado a 1300°C., a 738°C una capa delgada de hierro y la interface ferrita grafito se transforman en austenita (Torres, 2010, p. 11-12).

Sin embargo, el grano de ferrita contiene insuficiente carbono y entonces no puede transformarse. En la interface entre la austenita y el grafito el contenido de carbono crece rápidamente sobre el nivel de saturación de 0.75 % C,

suministrando un gradiente difusivo que fuerza el carbono hacia el resto del hierro.

Como la temperatura continúa aumentando muchas cosas pasan simultáneamente. El contenido de carbono se incrementa a lo largo de la línea Ac<sub>m</sub>. El parámetro de la red de austenita aumenta rápidamente, desde el que el grado de difusión del carbono se incrementa exponencialmente con la temperatura a la T<sub>1</sub> del diagrama 1, la austenita de la interface  $\gamma$ : grafito contiene 0.9 % mientras que la austenita de la interface  $\gamma$ :  $\alpha$  contiene un 0.5 % de carbono. Los gradientes de carbono se muestran sistemáticamente en el diagrama 2, el cual contiene una representación de un nódulo de grafito enfriado rápidamente desde T<sub>1</sub> (Torres, 2010, p. 11-12).

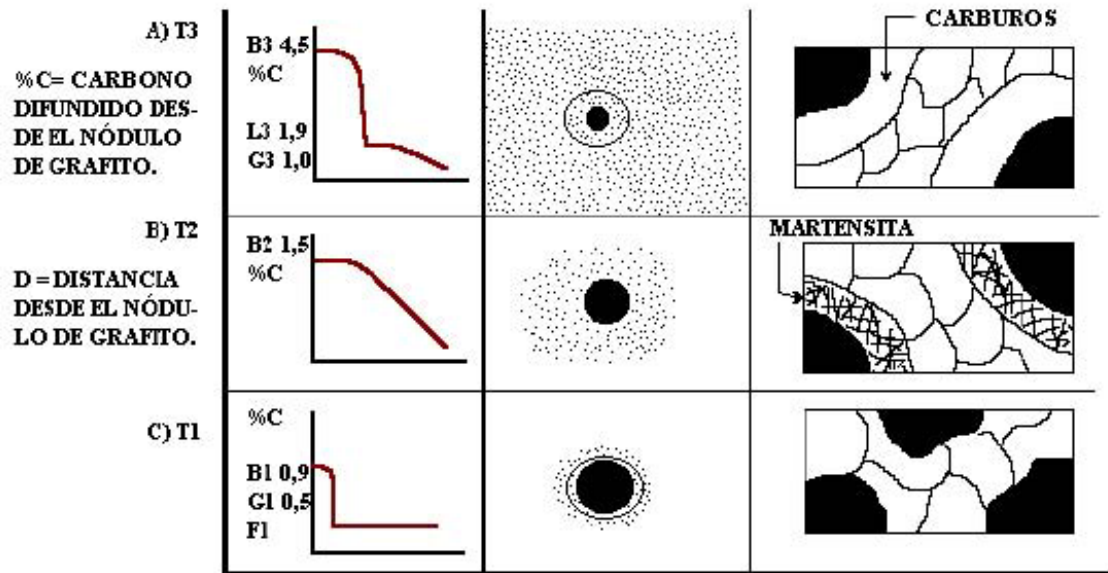
Al tiempo que la temperatura alcanza 738°C la matriz entera se transformará en austenita. Los procesos de difusión continúan acelerándose y a la temperatura T<sub>2</sub> ocurrirá una penetración considerable del carbono en la austenita. A 1140°C ocurre una reacción de norma completamente análoga a la primera que comenzó a 738 °C.



**Figura 2.32** Esquema de calentamiento de la aleación de acuerdo al diagrama de estado Hierro-Carbono.

Fuente: Torres E, 2010, p. 10.

Ahora sin embargo, la nueva fase que se forma es una película interfacial de líquido. El carbono se difunde muy rápidamente en hierro líquido y a la temperatura T3 la capa de líquido se hace gruesa (Torres, 2010, p. 12).



**Figura 2.33** Comportamiento de la difusión del carbono y la estructura final en la aleación de acuerdo a la zona de calentamiento.

Fuente: Torres E, 2010, p. 12.

**A continuación se menciona tres casos a considerar.**

**Caso 1:** Considerando previamente una zona que alcanzó la temperatura T1. A esa temperatura cada nódulo de grafito está rodeado por granos de austenita; con un contenido de carbono que varía desde 0.5 a 0.9%. Subenfriando, la capa interior de la celdilla se encuentra en equilibrio con el grafito por debajo de A1.

A la temperatura A1 los gradientes de carbono son como se muestran en el la figura 2.26. El promedio de composición química de la austenita alrededor de 0.8 % C y todas las partes contienen más de 0.5 % C. Por debajo de A1 la zona reacciona de una forma predecible desde el diagrama hierro-grafito. Por debajo de A1 las reacciones no dependen fuertemente de la velocidad de enfriamiento. Si se alcanza A1 sin precalentamiento la celdilla de austenita podrá transformarse en

martensita. Con precalentamiento moderado la tendencia será a la formación de perlita. Teóricamente con un precalentamiento alrededor de 1000°C todo el carbono deberá refundir de regreso al nódulo de grafito, pero esto no ocurre en la práctica de la soldadura. (Torres, 2010, p. 13)

**Caso 2:** Considerando la zona calentada a la temperatura T2. Otra vez la interface grafito austenita permanece en equilibrio. Alrededor de 738°C toda la austenita en la cual el carbono no ha penetrado se transforma en ferrita. Con un sub-enfriamiento adicional hasta A1 el resultado en esta zona será como en la aleación que fue calentada en el caso 1 hasta T1. La figura 2.28, muestra la distribución del carbono en A1 para este caso. Con un rápido enfriamiento por debajo de A1 se vuelve a obtener martensita. Si se usa un precalentamiento moderado, se obtiene perlita, pero existirá la posibilidad de que precipiten carburos proeutectoides libres en las regiones hipereutectoides, (Torres, 2010, p. 13)

**Caso 3:** Finalmente se considera un la zona de calentamiento hasta T3. Aquí las reacciones son más complejas. Sub-enfriando hasta C, el carbono se depositará en forma de nódulos de grafito de una forma aproximadamente reversible. Mientras tanto, sin embargo, desde el baño fundido se enfría la matriz de austenita. Y la cara fundida de la interface  $\gamma$ : líquido se enfrían siguiendo la línea de composición G3 E y L3 C respectivamente. La temperatura EC representa la eutéctica austenita - grafito pero la velocidad de enfriamiento es generalmente muy rápida para permitir la precipitación de grafito de la eutéctica y el enfriamiento continuo hasta E C, la cual es la temperatura ledeburítica, forma la eutéctica de austenita cementita.

Cuando el enfriamiento se completa, esta zona consiste en nódulos de grafito rodeados por ledeburíta en una matriz de austenita. Un enfriamiento adicional trae como resultado una reacción en la matriz similar a la del caso 2. La austenita con bajo contenido de carbono se transforma en ferrita alrededor de 730°C y los granos de austenita de alto contenido de carbono se transforman en martensita o perlita de acuerdo a su diagrama T.T.T. (Torres, 2010, p. 14).

Diagrama T.T.T.

73

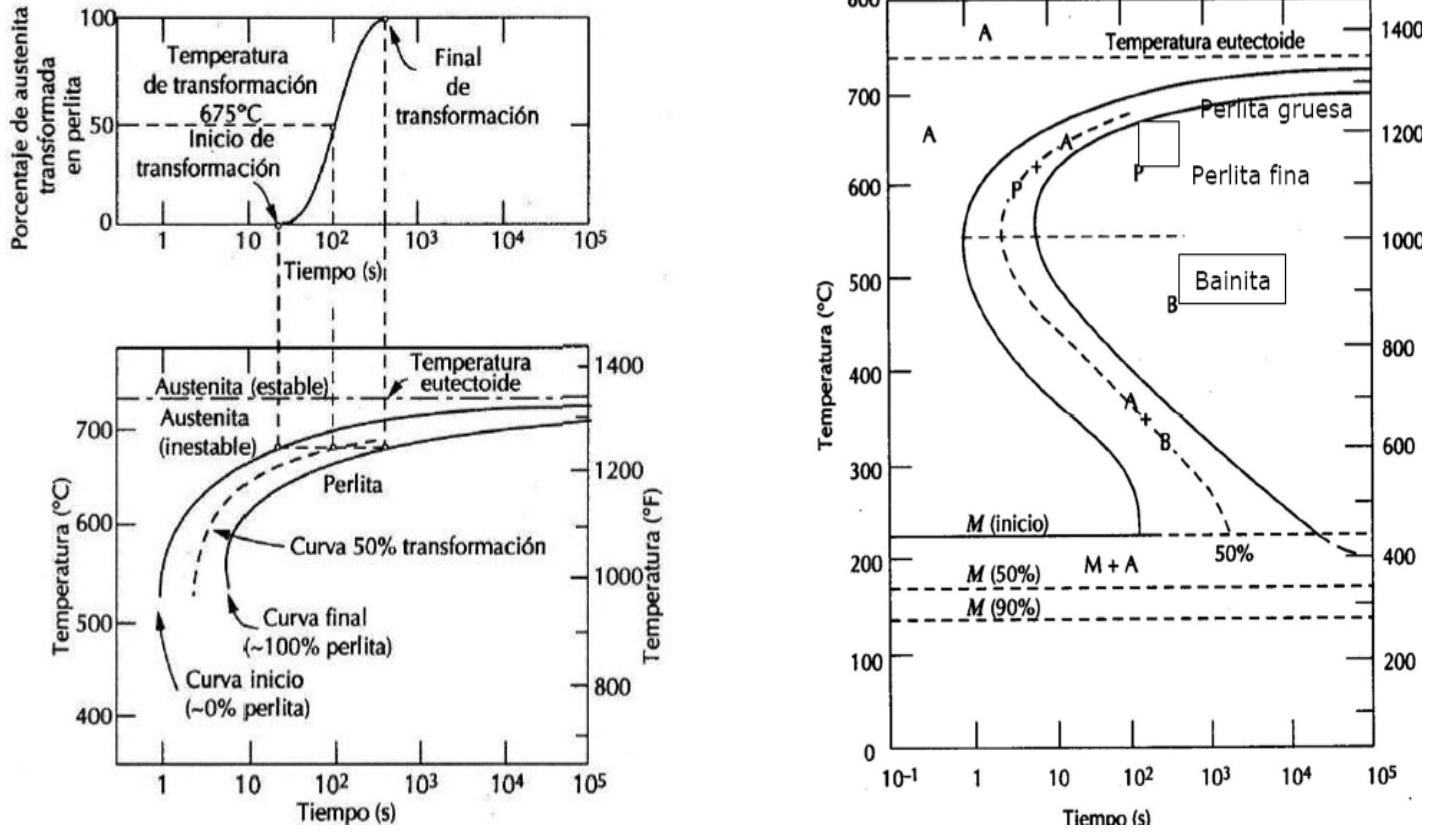


Figura 2.34 Curvas TTT es el diagrama que relaciona el tiempo la temperatura requeridos para una transformación a temperatura constante.

Fuente: Eyheralde M, 2008, p. 15.

La temperatura adecuada de precalentamiento del hierro nodular también depende de la composición química “temperatura no-crack” se relaciona con la composición, pero no microestructura los hierros dúctiles ferríticos generalmente se considera que tienen la más alta capacidad de soldadura de todos los grados de hierro (Ductile Iron Society section VIII, 2007).

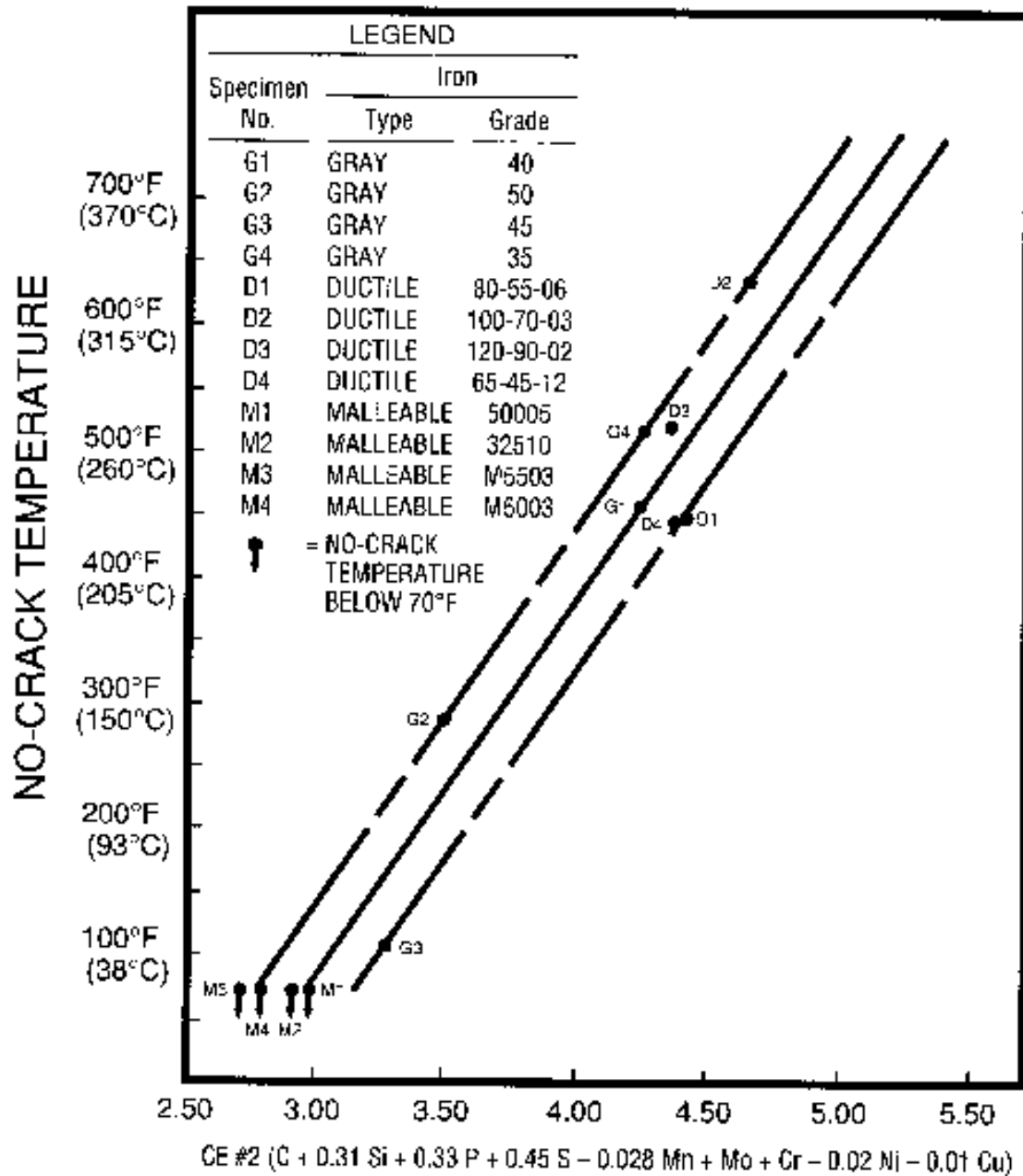


Figura 2.35 Influencia de la composición química en la soldabilidad de los hierros fundidos.

Fuente: DUCTILE IRON SOCIETY SECTION VIII, 1999, p.2.



### **2.4.7 Ingeniería de materiales.**

Según la teoría atómica, la materia está constituida por partículas de pequeño tamaño denominadas átomos. Este vocablo significa en griego lo indivisible y fue empleado por primera vez por Demócrito cuatrocientos años antes de Jesucristo para designar unas partículas infinitesimales que suponía que existían en la naturaleza y se unían para formar la materia en sus diferentes formas, (Carrobles, 2008, p. 9).

Para diseñar un elemento mecánico se debe conocer las características del material cuando están sometidos a fuerzas o cargas. Dependiendo de la aplicación se debe cuidar que el material no sea sometido a esfuerzos excesivos con la consecuente fractura del elemento. El desempeño mecánico de un material es el reflejo de la relación entre su respuesta o deformación ante una fuerza o carga aplicada.

Algunas de las propiedades mecánicas más importantes son la resistencia, la dureza, la ductilidad y la rigidez. Las propiedades de los materiales son obtenidas realizando ensayos de laboratorio.

Muchos materiales, cuando prestan servicio, están sometidos a fuerzas o cargas; ejemplos de ello son las aleaciones de aluminio con las cuales se construyen las alas de los aviones y el acero de los ejes de los automóviles.

En tales situaciones es necesario conocer las características del material y diseñar la pieza de tal manera que cualquier deformación resultante no sea excesiva y no se produzca la rotura. El comportamiento mecánico de un material refleja la relación entre la fuerza aplicada y la respuesta del material (o sea, su deformación), (Callister, 2005, p. 113).

#### **2.4.7.1 Ensayo de materiales.**

**Conceptos de resistencia y tenacidad.-** La resistencia de cualquier acero está controlada por una serie de factores. Los endurecimientos por precipitación y por solución sólida están gobernados principalmente por el contenido de aleantes, mientras que un endurecimiento adicional puede obtenerse por refinamiento del grano y de la subestructura de dislocaciones, la que es función tanto del contenido de aleación como de la historia termo-mecánica.

En soldadura, en general, la resistencia y la dureza de los depósitos es alta. Esto se debe a la abundancia de impurezas y elementos de aleación los que en combinación con las rápidas velocidades de enfriamiento, tienden a promover menores temperaturas de transformación.

Muchos de los productos de transformación a estas bajas temperaturas, particularmente la bainita, tienen una muy alta densidad de dislocaciones, que junto con el endurecimiento por solución sólida, causa la alta dureza y resistencia de los depósitos. Un factor adicional que probablemente contribuye a la dureza del metal de soldadura es la deformación plástica debida a las tensiones residuales, la que aumenta la densidad de dislocaciones en todos los componentes microestructurales, (Vedia et al, 2004, p. 144).

Las propiedades al impacto y la tenacidad de los depósitos soldados no son generalmente altas. Esto se debe fundamentalmente a la homogeneidad de la microestructura que resulta de su estructura de solidificación columnar relativamente gruesa y de la segregación.

La resistencia a la iniciación de fractura por clivaje está controlada por el límite de fluencia, el tamaño del grano, el tamaño y naturaleza de las incipientes micro-fisuras y por la resistencia al clivaje inherente de la ferrita.

Los elementos de aleación pueden afectar fuertemente este último aspecto mencionado, por ejemplo el Ni es conocido que aumenta la resistencia al clivaje de la ferrita mientras que el Si y el N la disminuyen. Por lejos el efecto más importante de los elementos de aleación es en la microestructura y en el tamaño de grano. Un tamaño de grano grande en general conduce a una baja tenacidad, y por esta razón es usual encontrar que microestructuras que contenga un alto porcentaje de ferrita acicular tengan buena resistencia al clivaje, mientras que aquellas que contengan regiones de ferrita en borde de grano gruesa o ferrita con segundas fases alineadas tiendan a tener una baja tenacidad, (Vedia et al, 2004, p. 144).

Se ha encontrado que aumentar el límite de fluencia tiene un efecto negativo sobre la resistencia al clivaje, por lo que elementos que produzcan un endurecimiento sin un mejoramiento microestructural producirán, en general, la disminución de la tenacidad.

Además, la tenacidad en el metal de soldadura está íntimamente relacionada al contenido de inclusiones y a su "limpieza". El nivel inclusionario depende del contenido de oxígeno y azufre en el metal de soldadura. A su vez, el nivel de oxígeno está relacionado con el tipo de relleno de los alambres tubulares. A mayor basicidad menor contenido de oxígeno y azufre en el metal de soldadura, (Vedia et al, 2004, p. 144).

En este sentido la basicidad de la escoria tiene un efecto importante en la tenacidad del metal de soldadura. Hay una diferencia considerable en los valores de tenacidad obtenidos para los

electrodos básicos respecto de los rutilicos. Los básicos muestran un comportamiento superior en todo el rango de temperaturas, siendo más significativo a temperaturas cercanas a la ambiente. Esto se debe a la forma y distribución de las inclusiones no metálicas. Los depósitos rutilicos típicamente tienen una mayor fracción en volumen y un rango de tamaños mucho mayor que los básicos, (Vedia et al, 2004, p. 144).

En la línea central del depósito, donde generalmente se ubica la entalla de la probeta de Charpy-V, tiene el mayor nivel de segregación debido a los efectos del sobre-enfriamiento constitucional. La tenacidad del metal de soldadura es entonces probable que sea más baja, particularmente para el caso de alta velocidad de soldadura, (Vedia et al, 2004, p. 144).

Los constituyentes que asisten a la formación de fisuras por clivaje son los carburos grandes, inclusiones, ferrita con segundas fases alineadas y ferrita en borde de grano. Es importante hacer notar que los carburos muchas veces son refinados como resultado de un refinamiento general de la microestructura, siendo difícil de separar en esos casos la influencia de estos dos factores en la tenacidad del material. Aunque la ferrita en borde de grano es un material blando y dúctil, si ésta está asociada con un material significativamente más resistente (como ferrita acicular de grano fino) la concentración de deformación resultante en el material más blando puede llevar a la iniciación de fisuras por clivaje. Por esto la homogeneidad micro-estructural es beneficiosa para la tenacidad.

En la región de la meseta superior la tenacidad es influenciada fundamentalmente por la fracción volumétrica de las inclusiones no metálicas. Propiedades mecánicas de la junta soldada, (Vedia et al, 2004, p. 144).

#### **2.4.7.2 Ensayo de Tracción**

El ensayo de tensión se utiliza para evaluar varias propiedades mecánicas de los materiales que son importantes en el diseño. En este ensayo la muestra se deforma usualmente hasta la fractura incrementando gradualmente una tensión que se aplica uniaxialmente a lo largo del eje longitudinal de la muestra. Las muestras normalmente tienen sección transversal circular, aunque también se usan especialmente rectangulares. Figura 2.30. Durante la tensión, la deformación se concentra en la región central más estrecha, la cual tiene una sección uniforme a lo largo de su longitud. La muestra se sostiene por sus extremos en la máquina por medio de soportes o mordazas que a su vez someten la muestra a tensión a una velocidad constante. La máquina al

mismo tiempo mide la carga aplicada instantáneamente y la elongación resultante (usando un extensiómetro).

Un ensayo de tensión normalmente dura pocos minutos y es un ensayo destructivo, ya que la muestra es deformada permanentemente y usualmente fracturada, (Vergara & Martinez 2008, p. 39).

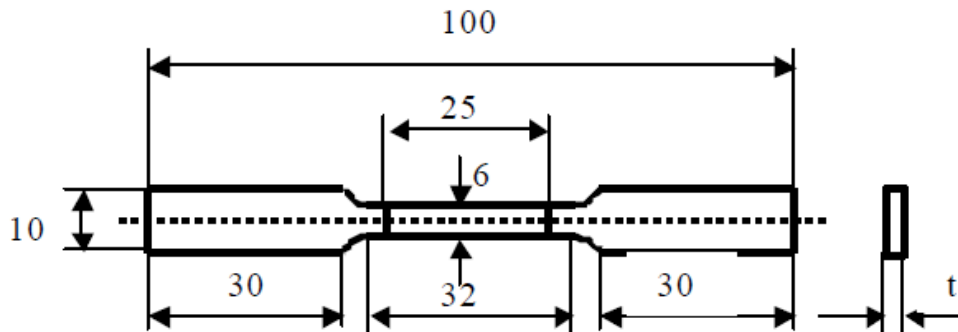
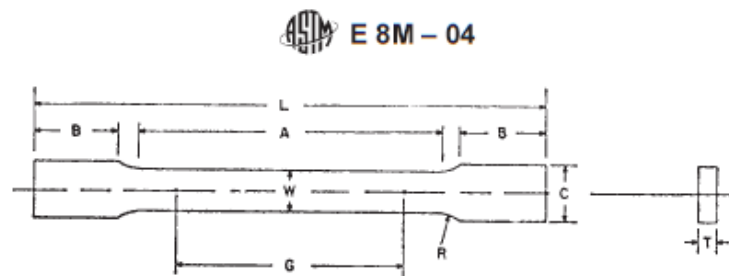


Figura 2.36 Probeta de tracción normalizada con sección rectangular.

Fuente: Jornadas SAM, Vol. 2, 2007, p.530.

### Dimensiones de la probeta según la norma ASTM E8M – 04

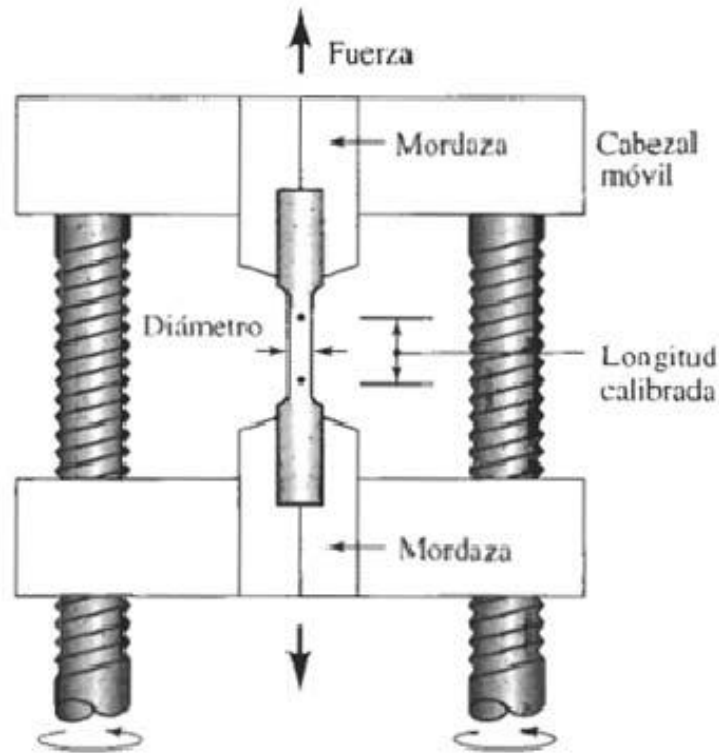


Nominal Width	Dimensions, mm		
	Plate-Type 40 mm	Standard Specimens Sheet-Type 12.5 mm	Subsize Specimen 6 mm
G— Gage length (Note 1 and Note 2)	200.0 ± 0.2	50.0 ± 0.1	25.0 ± 0.1
W— Width (Note 3 and Note 4)	40.0 ± 2.0	12.5 ± 0.2	6.0 ± 0.1
T— Thickness (Note 5)		thickness of material	
R— Radius of fillet, min (Note 6)	25	12.5	6
L— Overall length, (Note 2, Note 7 and Note 8)	450	200	100
A— Length of reduced section, min	225	57	32
B— Length of grip section, (Note 8)	75	50	30
C— Width of grip section, approximate (Note 4 and Note 9)	50	20	10

Figura 2.37 Dimensiones de la probeta plana

Fuente: Norma ASTM E 8M – 04

La probeta se monta con sus extremos en las mordazas de la máquina de ensayos.



**Figura 2.38** Esquema de la máquina utilizada para realizar ensayos de tracción. La probeta es alargada por el cabezal móvil; la celda de carga y el extensómetro miden, respectivamente, la carga aplicada y el alargamiento.

Fuente: Márquez R., 2010, p.42.

La tensión nominal  $\sigma$  se define mediante la relación:

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

En donde  $F$  es la carga instantánea aplicada perpendicularmente a la sección de la probeta, en unidades de newtons (N) o libras fuerza (A), y es el área de la sección original antes de aplicar la carga ( $m^2$  o  $pulg^2$ ). Las unidades de tensión nominal son libras fuerza por pulgada cuadrada, psi (unidades del sistema U.S.) o bien mega pascales, MPa (SI);  $1MPa = 10^6 \frac{N}{m^2}$  (Márquez, 2010, p. 43).

**La deformación nominal se define como:**

$$\epsilon = \frac{l_i - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

En donde:

$l_0$  = longitud original antes de aplicar la carga,

$l_i$  = longitud instantánea.

$\Delta l$  = alargamiento producido por deformación,

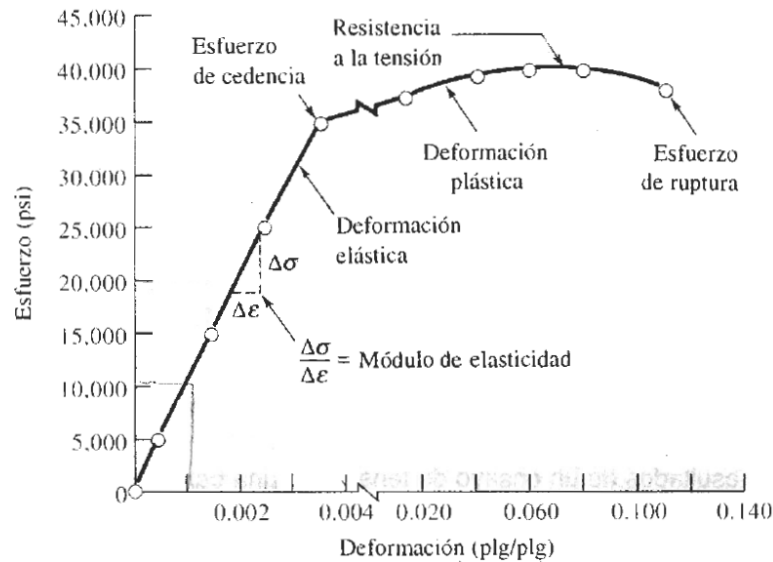
Algunas veces la cantidad  $l_i - l_0$  se indica simplemente mediante,  $\Delta l$  y es el alargamiento producido por deformación, o cambio en longitud en un instante determinado, con respecto a la longitud inicial. La deformación nominal no tiene unidades, aunque a menudo se utiliza pulgadas por pulgada o bien metros por metro; el valor de la deformación obviamente es independiente del sistema de unidades. A veces, la deformación se expresa como porcentaje (Callister, 2005, p. 115).

$$\% \text{ deformación} = \text{deformación} \times 100\% = \% \text{ elongación}$$

### **Propiedades obtenidas del ensayo de tracción**

Las propiedades mecánicas que son de importancia en ingeniería y que pueden deducirse del ensayo tensión – deformación son las siguientes:

- Módulo de elasticidad
- Límite elástico a 0.2%
- Resistencia máxima a la tensión
- Porcentaje de elongación a la fractura
- Porcentaje de reducción en el área de fractura



**Figura 2.39** Curva esfuerzo-deformación correspondiente a una aleación de aluminio

Fuente: Askeland D. Vol.3, 1998, p.132

### Módulo de elasticidad:

Al inicio del ensayo de tracción, el material se deforma elásticamente, o sea que si se elimina la carga sobre la muestra, volverá a su longitud inicial. Para metales, la máxima deformación elástica es usualmente menor a un 0.5%. En general, los metales y aleaciones muestran una relación lineal entre la tensión y la deformación en la región elástica en un diagrama tensión – deformación.  $\sigma = E\epsilon$

Esta relación se conoce con el nombre de ley de Hooke, y la constante de proporcionalidad, E (MPa, o bien, psi) es el módulo de elasticidad, o módulo de Young.

### Límite Elástico:

Es el esfuerzo al cual un material muestra deformación plástica significativa. También se conoce como esfuerzo de cedencia. Debido a que no hay un punto definido en la curva de esfuerzo – deformación donde acabe la deformación elástica y se presente la deformación plástica se elige el límite elástico cuando tiene lugar un 0.2% de deformación plástica, como se indica en la figura. (Callister, 2005, p.116)

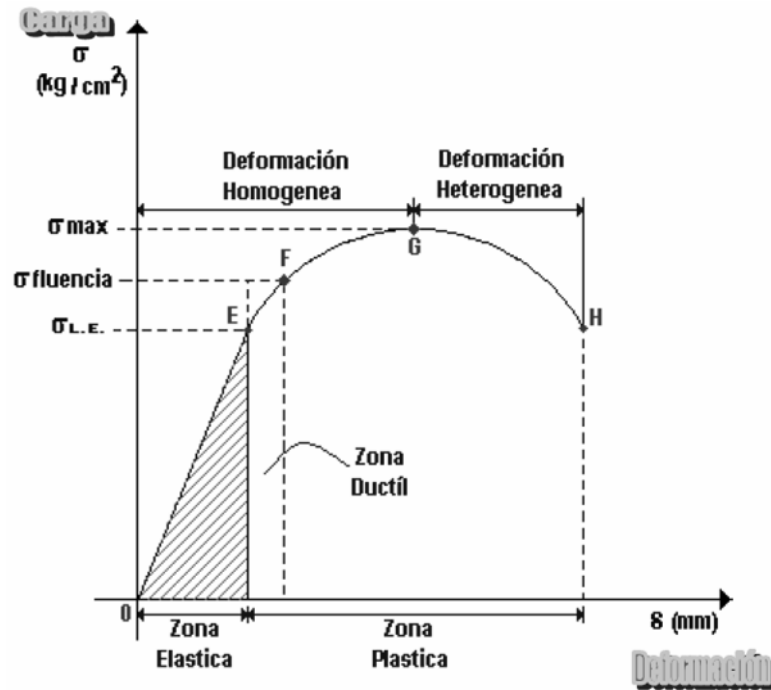


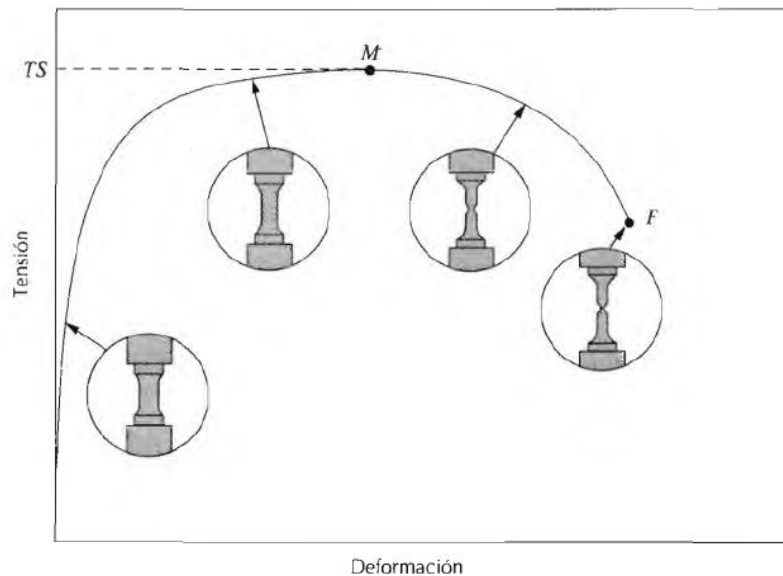
Figura 2.40 Curva esfuerzo deformación – nominal  $\frac{kg}{cm^2} \cdot mm$

Fuente: Askeland D. Vol.3, 1998, p.135

### Resistencia máxima de la tensión:

La resistencia máxima a la tensión es el esfuerzo máximo alcanzada en la curva de esfuerzo – deformación. Si la muestra desarrolla un decrecimiento localizado en su sección (un estrangulamiento de su sección antes de la rotura), la tensión decrecerá al aumentar la deformación hasta que ocurra la fractura puesto que la tensión se determina usando la sección inicial de la muestra. Mientras más dúctil sea el metal, mayor será el decrecimiento del esfuerzo en la curva esfuerzo-deformación después del esfuerzo máximo. La resistencia máxima a la tensión de un material se determina dibujando una línea horizontal desde el punto máximo de la curva tensión – deformación hasta el eje de las tensiones (punto OE en la figura 2.35). La tensión a la que la línea intercepta al eje de tensión se denomina resistencia máxima a la tensión, o a veces simplemente resistencia a la tensión o tensión de fractura. (Callister, 2005, p. 118):





**Figura 2.41** Curva típica de tracción hasta la fractura, punto F. La resistencia a la tracción TS está indicada en el punto M. Los insertos circulares representan la geometría de la probeta deformada en varios puntos de la curva.

Fuente: Callister W., 1995, p. 127.

### **Porcentaje de Elongación – Ductilidad:**

La cantidad de elongación que presenta una muestra bajo tensión durante un ensayo proporciona un valor de la ductilidad de un material. La ductilidad de los materiales comúnmente se expresa como porcentaje de la elongación, comenzando con una longitud de calibración usualmente de 2 pulg. (50 mm). En general, a mayor ductilidad (más deformable es el metal), mayor será el porcentaje de la elongación.

El porcentaje de elongación de una muestra después de la fractura puede medirse juntando la muestra fracturada y midiendo longitud final con un calibrador. El porcentaje de elongación puede calcularse mediante la ecuación (Callister, 2005, p. 125):

$$\%EL = \left( \frac{l_f - l_0}{l_0} \right) \times 100$$

Dónde:

$l_f$  Es la longitud en el momento de la fractura.

$l_0$  Es la longitud de prueba original.

%Él es el porcentaje de elongación.

Siempre que una parte significativa de la deformación plástica a la rotura esté confinada en la región de la estricción, la magnitud de %EL dependerá de la longitud de prueba de la probeta. Cuanto más corta sea,  $l_0$  mayor será la fracción del alargamiento total que proviene de la estricción, y, por consiguiente mayor será el valor de %EL. Por tanto, se debe especificar el valor de  $l_0$  cuando se menciona el alargamiento relativo, el cual se suele tomar igual a 50 mm (2 pulgadas).

Este valor es importante en ingeniería no solo porque es una medida de la ductilidad del material, sino también porque da una idea acerca de la calidad del mismo. En caso de que haya porosidad o inclusiones en el material o si ha ocurrido algún daño por un sobrecalentamiento del mismo, el porcentaje de elongación de la muestra puede decrecer por debajo de lo normal. (Callister, 2005, p. 127-133).

#### **Porcentaje de reducción de áreas - Ductilidad:**

Este parámetro también da una idea acerca de la ductilidad del material. Esta cantidad se obtiene del ensayo de tensión utilizando una muestra de 0.5 pulgadas (12.7mm) de diámetro. Después de la prueba, se mide el diámetro de la sección al fracturar. Utilizando la medida de los diámetros inicial y final, puede determinarse el porcentaje de reducción en el área a partir de la ecuación.

$$\%AR = \left( \frac{A_0 - A_f}{A_0} \right) \times 100$$

Dónde:

%AR porcentaje de reducción en el área.

$A_0$  Es el área de la sección inicial.

$A_f$  Es el área de la sección en el momento de la fractura.

Los valores del porcentaje de reducción de área son independientes de  $A_0$  y  $l_0$ . Además, para un determinado material los valores de %EL y %AR son en general diferentes. La mayoría de los metales tienen por lo menos un pequeño grado de ductilidad a temperatura ambiente; sin embargo, algunos se hacen frágiles a medida que la temperatura disminuye. A partir de ensayos de tensión - deformación se pueden determinar importantes propiedades mecánicas (Callister, 2005, p. 127-133).

**Tabla 2.12** Presenta valores típicos a temperatura ambiente del límite elástico, resistencia a la tracción y porcentaje de ductilidad de hierro dúctil o nodular.

Short Summary of Ductile Iron Specifications									
Specifying Body	Spec. No.	Class or Grade	Min. Tensile psi	Min. Yield psi	% Elongation	Heat Treatment	Other Requirements	Uses	Typical Applications
ASTM	A536-80	60-40-18	60,000	40,000	18	May be Annealed	In all grades in this specification chemical composition is subordinate to mechanical properties. However, the content of any element may be specified by mutual agreement.	For maximum shock resistant parts to be used at sub-zero temperatures.	Pressure-containing castings such as valve and pump bodies.
ASTM	A536-80	65-45-12	65,000	45,000	12	-		Most widely used grade for normal service.	Machinery castings subject to shock and fatigue loading.
ASTM	A536-80	80-50-06	80,000	55,000	6	-		Suitable for flame and induction hardening.	Crankshafts, gears and rollers.
ASTM	A536-80	100-70-03	100,000	70,000	3	Usually Normalized		Best combination of strength, wear resistance and response to surface hardening.	High strength gears, automotive and machine components.
ASTM	A536-80	120-90-02	120,000	90,000	2	Quenched and Tempered		Maximum strength and wear resistance.	Pinions, gears, rollers and slides.

Fuente: Ductile Iron Cast Section VIII, 1999, p.6.

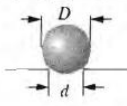

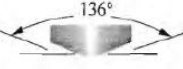



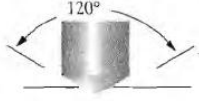



### 2.4.7.3 Dureza.

La dureza es “Una medida de la resistencia de un material a la deformación plástica localizada (por ejemplo, una pequeña abolladura o rayadura). Los primeros ensayos de dureza se basaban en el comportamiento de los minerales

junto con una escala construida según la capacidad de un material para rayar a otro más blando. Un método cualitativo de ordenar de forma arbitraria la dureza es ampliamente conocido y se denomina escala de Mohs, la cual va desde 1 en el extremo blando para el talco hasta 10 para el diamante. A lo largo de los años se han ido desarrollando técnicas cuantitativas de dureza que se basan en un pequeño penetrador que es forzado sobre una superficie del material a ensayar en condiciones controladas de carga y velocidad de aplicación de la carga.

El penetrador tiene diferentes formas y de acuerdo a esta es la huella que queda impresa en el material. De acuerdo a la geometría de la huella y a la carga. Se utilizan diferentes fórmulas para determinar el valor de la dureza. Actualmente hay aparatos que leen la dureza de una forma digital. Es así como puede establecerse la dureza Brinell, Vickers, Knoop, y Rockwell (Askeland, 1998, p. 129-132).

**Tabla 2.13** Técnicas de ensayo de dureza.

Ensayo*	Penetrador	Forma del penetrador		Carga	Fórmula para el número de dureza <sup>a</sup>
		Vista lateral	Vista superior		
Brinell	Esfera de 10mm de acero o de carburo de tungsteno			P	$HB = \frac{2P}{\pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$
Microdureza Vickers	Pirámide de diamante			P	$HV = 1,854P/d_1^2$
Microdureza Knoop	Pirámide de diamante			P	$HK = 14,2P/l^2$
Rockwell y Rockwell superficial	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cono de diamante</li> <li>Esferas de acero de <math>\frac{1}{16}, \frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}</math> pulgadas de diámetro</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>60 kg</li> <li>100 kg</li> <li>150 kg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rockwell</li> <li>Rockwell superficial</li> </ul>
				<ul style="list-style-type: none"> <li>15 kg</li> <li>30 kg</li> <li>45 kg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rockwell superficial</li> </ul>

Fuente: Callister W., 1995, p. 137.

**Dureza brinell.** El indentador es una bola de carburo de tungsteno o de acero endurecido. Este indentador se presiona sobre la superficie del material a medir durante un tiempo standard bajo una carga standard. Después de remover la carga, la indentación circular se mide en dos direcciones mutuamente perpendiculares, sacando el promedio de las dos medidas. La dureza Brinell se calcula por.

Se fuerza un indentador de un diámetro adecuado a la dureza del material contra la probeta, con una fuerza adecuada para la dureza del material. El tiempo de aplicación de la fuerza varía entre 10-30 s. El diámetro del penetrador de acero endurecido (o bien de carburo de tungsteno) es de 10.00mm (0.394pulg). Las cargas normalizadas están comprendidas entre 500 y 3000 kg en incrementos de 500 kg; durante un ensayo, la carga se mantiene constante durante un tiempo especificado (entre 10 y 30 s). Dependiendo de la aleación examinada; después se quita la carga y se mide el diámetro de la impresión en la probeta con un microscopio o lente especial.

Para materiales duros, es poco exacta pero fácil de aplicar. Poco precisa con chapas de menos de 6mm de espesor. El valor así obtenido, se aplica a la fórmula Brinell. El número de dureza Brinell se define como la fuerza aplicada dividida por la superficie de contacto entre el indentador y la probeta después de haberse retirado el indentador (Askeland, 1998, p. 133-135).

$$HB = \frac{2P}{\pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$$

Dónde:

P: Carga.

D: Diámetro de la bola.

d: Promedio del diámetro de la indentación.

Si el material es suave y el indentador es duro, es posible que el valor d llegue a ser igual al valor de D. En este caso, este valor no sería certero. Para serlo, debe

cumplirse que  $d = 0.25D$  o  $d = 0.5D$ . Por esta razón se debe regular la carga aplicada para cada material.

Para aceros,  $P / D^2 = 30$

Para aleaciones de Cobre,  $P / D^2 = 10$

### **Limitaciones.**

- a) La impresión es grande (2 – 4 mm de diámetro) y esto puede convertirse en un generador de esfuerzos en un componente. Además desmejora la apariencia y esto puede ser inaceptable en algunas aplicaciones.
- b) La profundidad de la impresión impide su uso en láminas o superficies endurecidas ya que la impresión podría también involucrar la estructura subyacente
- c) Materiales muy duros deformaran el indentador de aquí que la prueba Brinell se limite para materiales con dureza no superior a 450 HBN para una bola de acero y a 600 HBN para bolas de carburo de tungsteno.

**Ensayo de dureza Rockwell** “El ensayo de dureza Rockwell utiliza una pequeña bola de acero para materiales blandos y un cono de diamante para materiales más duros. La profundidad de la penetración es medida automáticamente por el instrumento y se convierte a índice de dureza Rockwell (HR). Se utilizan diversas variantes del ensayo Rockwell, incluyendo las descritas en la tabla 2.13. La escala Rockwell C (HRC) se utiliza para aceros duros, en tanto que para medir la dureza del aluminio se selecciona la escala Rockwell F (HRF)”

**Tabla 2.14** Comparación de ensayos de dureza típicos.

ENSAYO	PENETRADOR	CARGA	APLICACION
Brinell	Bola de 10 mm	3000 kg	Hierro y acero fundidos
Brinell	Bola de 10 mm	500 kg	Aleaciones no ferrosas
Rockwell <i>A</i>	Cono de diamante	60 kg	Materiales muy duros
Rockwell <i>B</i>	Bola de 1/16 plg	100 kg	Latón, acero de baja resistencia
Rockwell <i>C</i>	Cono de diamante	150 kg	Acero de alta resistencia
Rockwell <i>D</i>	Cono de diamante	100 kg	Acero de alta resistencia
Rockwell <i>E</i>	Bola de 1/8 plg	100 kg	Materiales muy suaves
Rockwell <i>F</i>	Bola de 1/16 plg	60 kg	Aluminio, materiales suaves
Vickers	Pirámide de diamante	10 kg	Materiales duros
Knoop	Pirámide de diamante	500 g	Todos los materiales

Fuente: Callister W., 1995, p. 140.

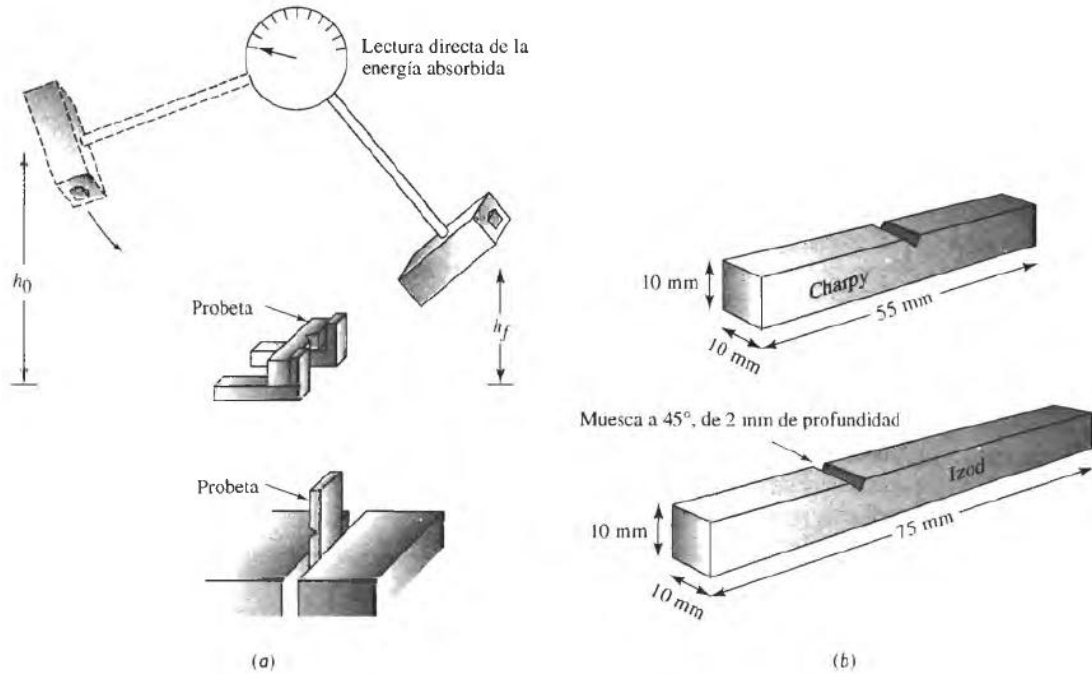
Los ensayos Vickers (HV) y Knoop (HK) son pruebas de microdureza, producen penetraciones tan pequeñas que se requiere de un microscopio para obtener su medición (Askeland, 1998, p. 140-146).

#### **2.4.7.4 Ensayo de impacto.**

Cuando se somete un material a un golpe súbito e intenso, en el cual la velocidad de aplicación del esfuerzo es extremadamente grande, el material puede tener un comportamiento más frágil comparado con el que se observa en el ensayo de tensión. El ensayo de impacto a menudo se utiliza para evaluar la fragilidad de un material bajo estas condiciones. Se han diseñado muchos procedimientos, incluyendo el ensayo Charpy y el ensayo Izod (figura 2 – 37). Este último generalmente se utiliza para materiales no metálicos. La probeta puede o no tener muesca; la que tiene muesca en V mide mejor la resistencia del material a la propagación de grietas.

Durante el ensayo, un péndulo pesado, que inicia su movimiento desde una altura  $h_0$  describe un arco y posteriormente golpea y rompe la probeta; llega a una altura final  $h$ , menor. Si se conocen las alturas inicial y final del péndulo, se puede calcular la diferencia en su energía potencial. Esta diferencia es la energía de impacto absorbida durante la falla o ruptura de la probeta. (Askeland, 1998).

En el caso del ensayo Charpy, la energía por lo general se expresa en libra-pie (Ib • pie) o en joules (J) donde 1 Ib • pie = 1.356 J. Los resultados del ensayo Izod se expresan en Ib • pie/plg o J/m. La capacidad de un material para resistir cargas de impacto, a menudo se conoce como tenacidad del material (Askeland, 1998).



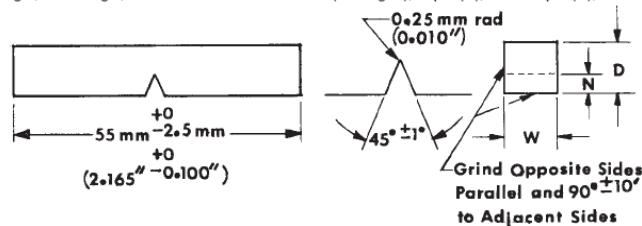
**Figura 2.42** El ensayo de impacto: a) los ensayos Charpy e Izod, y b) dimensiones de las probetas típicas.

Fuente: Callister W., 1995, p. 211.

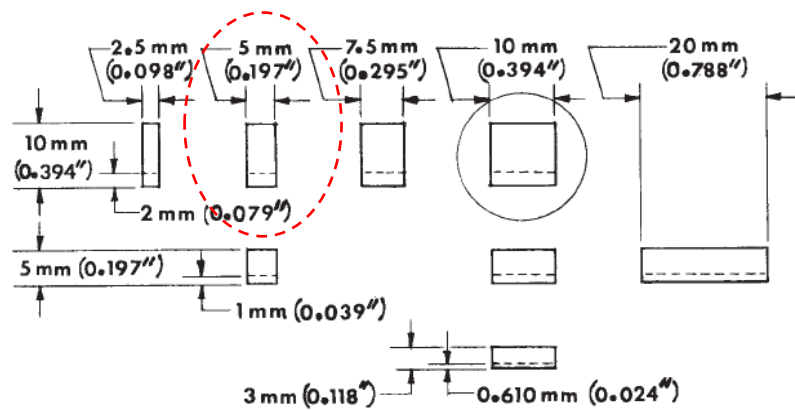
Cuando se realiza ensayos de impacto en materiales de alto y mediano contenido de carbono se pueden emplear probetas sin ranura debido a que se rompen con facilidad al recibir el golpe porque son frágiles. Para lograr que se fracturen las probetas se recomienda se ranure de la siguiente manera. (Vergara et al, 2008, p. 65).

**E 23 - 02a**

On subsized specimens the length, notch angle, and notch radius are constant (see Fig. 1); depth ( $D$ ), notch depth ( $N$ ), and width ( $W$ ) vary as indicated below.







NOTE 1—Circled specimen is the standard specimen (see Fig. 1).

NOTE 2—Permissible variations shall be as follows:

Cross-section dimensions	$\pm 1\%$ or $\pm 0.075$ mm (0.003 in.), whichever is smaller
Radius of notch	$\pm 0.025$ mm (0.001 in.)
Depth of notch	$\pm 0.025$ mm (0.001 in.)
Finish requirements	2 $\mu$ m (63 $\mu$ in.) on notched surface and opposite face; 4 $\mu$ m (125 $\mu$ in.) on other two surfaces

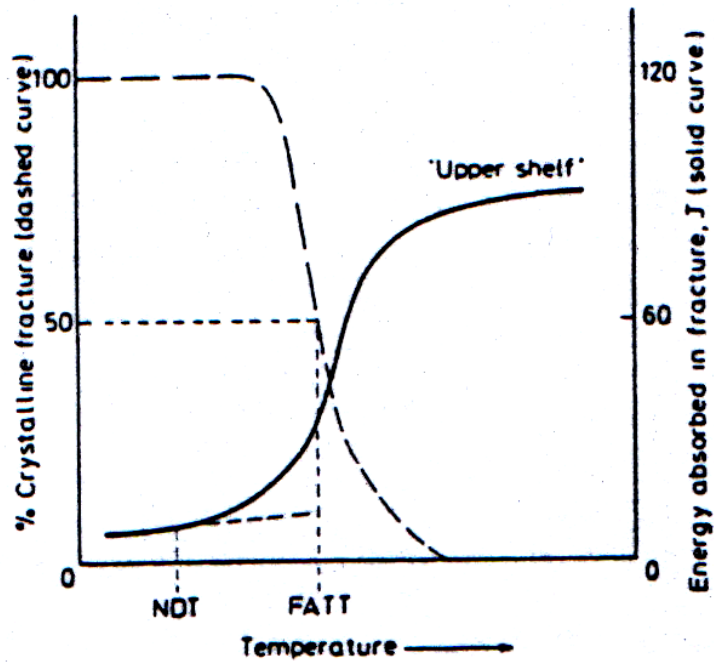
**Figura 2.43** Charpy (biga simple) sobre medida (tipo A) espécimen de prueba de impacto. Charpy (Simple-Beam) Subsize (Type A) Impact Test Specimens

Fuente: Norma ASTM E 23 – 02<sup>a</sup>

**Sub-Size Specimen**— When the amount of material available does not permit making the standard impact test specimens shown in Figs. 1 and 2, smaller specimens may be used, but the results obtained on different sizes of specimens cannot be compared directly (X1.3). When Charpy specimens other than the standard are necessary or specified, it is recommended that they be selected from Fig. 2.43.

Una forma típica de presentar los resultados del ensayo de impacto en aceros es graficando la energía absorbida en función de la temperatura de ensayo. Otra forma alternativa es graficar el porcentaje de fractura por clivaje o de zona de fractura cristalina en función de la temperatura.

Este porcentaje se mide sobre la superficie de fractura de la probeta. En la figura 2.44 se observan estas formas mencionadas de presentar los resultados del ensayo de impacto (Vedia et al, 2004).

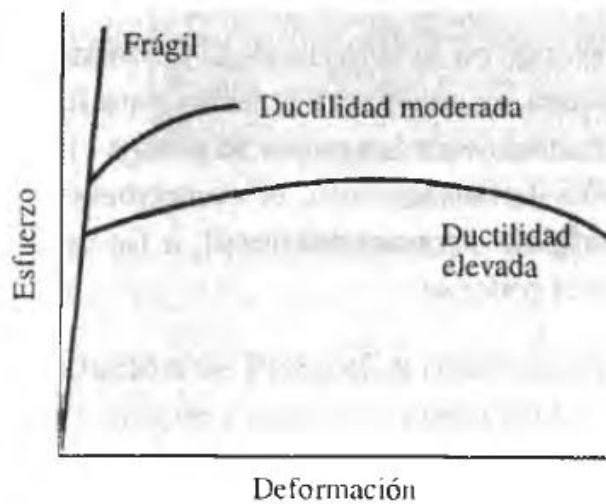


**Figura 2.44** Energía absorbida y porcentaje de cristalinidad en función de la temperatura de ensayo de Charpy.

Fuente: Vedia et al., 2004, p.46.

#### 2.4.7.5 Ensayo de flexión para materiales frágiles.

En los materiales dúctiles, la curva esfuerzo-deformación ingenieril generalmente pasa por un valor máximo; este esfuerzo máximo es la resistencia del material a la tensión. La falla ocurre a un esfuerzo menor después de que el encuelleamiento ha reducido el área de la sección transversal que soporta la carga. En materiales con poca ductilidad la falla ocurre a la carga máxima, donde la resistencia a la tensión y la resistencia a la ruptura son las mismas. En materiales muy frágiles, incluyendo muchos cerámicos, el esfuerzo de cedencia, la resistencia a la tensión y el punto de ruptura tienen un mismo valor. (Askeland D., 1998, pp. 138-139)

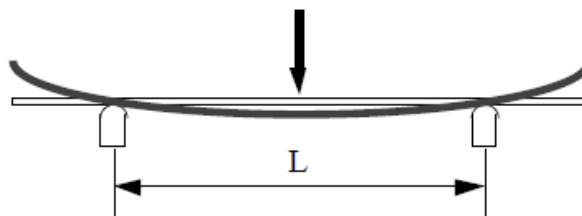


**Figura 2.45** Comportamiento mecánico en el ensayo de tensión de materiales frágiles, en comparación con materiales más dúctiles.

Fuente. Askeland D., 1998, p. 138.

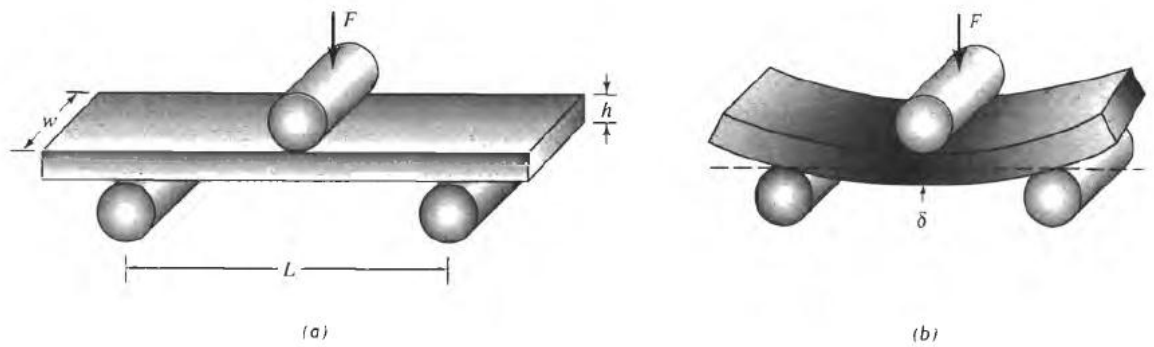
En muchos materiales frágiles no se puede efectuar con facilidad el ensayo de tensión debido a la presencia de defectos de superficie. A menudo, con solo colocar un material frágil en las mordazas de la máquina de tensión este se rompe. Estos materiales se pueden probar utilizando el ensayo de flexión (figura 2.44-2.45). Al aplicar la carga en tres puntos causando flexión, actúa una fuerza que provoca tensión sobre la superficie, opuesta al punto medio de la probeta. La fractura iniciara en este sitio. La resistencia a la flexión, o módulo de ruptura describe la resistencia del material: (Askeland D., 1998, p. 138-139).

**Esquema básico del ensayo a flexión.**



**Figura 2.46** Esquema básico de la realización de un ensayo de flexión

Fuente: Askeland D., 1998, p.139



**Figura 2.47** (a) Ensayo de flexión utilizado para medir la resistencia de materiales frágiles, y (b) deflexión  $\delta$  obtenida durante la flexión de la probeta.

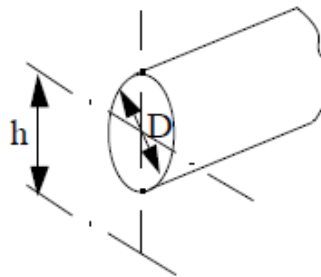
Fuente. Askeland D., 1998, p.139

La tensión máxima soportada por la probeta es.

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{M_f}{W} \quad \begin{array}{l} \longrightarrow \text{Momento flector máximo} \\ \longrightarrow \text{Momento resistente} \end{array}$$

El ensayo se realiza colocando dos rodillos con la separación  $L = 20d$ , siendo  $d$  el diámetro de la probeta.

**Para una probeta cilíndrica tenemos:**



**Figura 2.48** Probeta circular para ensayo de flexión.

Fuente. Askeland D, 1998, p.140.

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{8Pl}{\pi d^3}$$

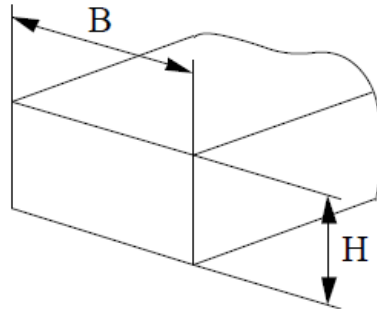
Dónde:

**P o F** es la carga a la fractura,

**L** la distancia entre los dos puntos de apoyo,

**d** es el diámetro de la probeta

**Para una probeta de sección rectangular:**



**Figura 2.49** Probeta cuadrada o rectangular para ensayo de flexión.

Fuente. AskelandD., 1998, p.140

$$\sigma = \frac{3Pl}{2BH^2}$$

Dónde:

**P o F** es la carga a la fractura,

**L** la distancia entre los dos puntos de apoyo,

**B o w** es el ancho de la probeta

**H** es su altura.

Los resultados de la prueba de flexión son similares a las curvas esfuerzo-deformación; sin embargo, el esfuerzo se traza en función de deflexiones, en vez de en función de deformaciones (figura 2.49).

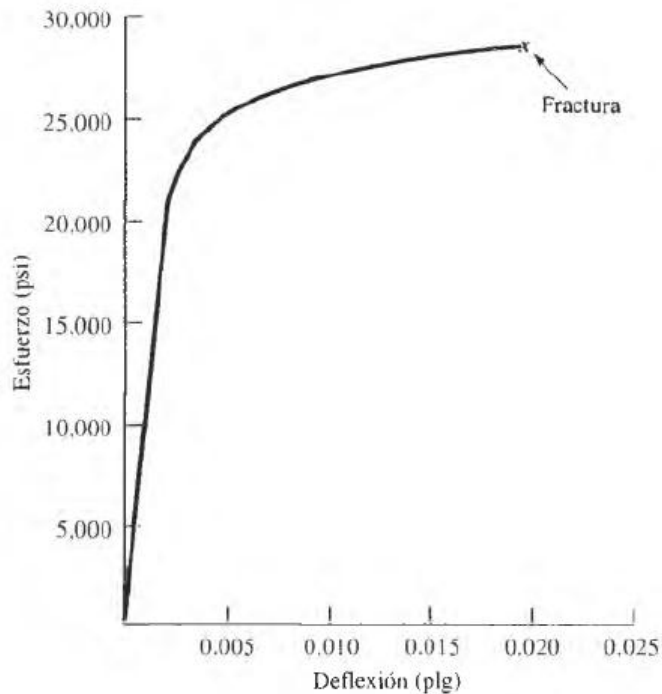
El módulo de elasticidad a la flexión o modulo en flexión se calcula en la región elástica de la figura:

El valor del módulo de elasticidad se calcula por la fórmula:

$$E = \frac{l^3 P}{4BH^3 \delta}$$

Donde,  $\delta$  Es la deflexión de la viga al aplicarse una fuerza  $F$  o  $P$ .

Debido a que durante la compresión las fisuras y los defectos tienden a mantenerse cerrados, frecuentemente los materiales frágiles se diseñan de forma que sobre el componente solo actúen esfuerzos de compresión. A menudo, se tiene que los materiales frágiles fallan a esfuerzos de compresión mucho más altos que los de tensión. (Askeland D., 1998, pp. 140)



**Figura 2.50** Curva esfuerzo de Flexión o modulo en flexión, obtenida a partir de un ensayo.

Fuente. Askeland D., 1998, p.141

En la siguiente figura se indica las cotas y dimensiones del punzón que se utilizara para el ensayo de flexión guiado.

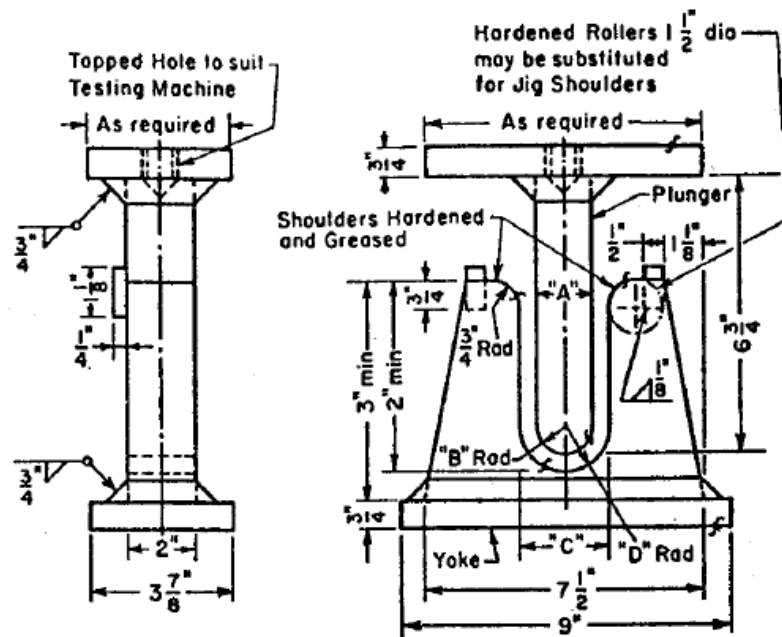


Figura 2.51 Dimensiones y cotas del punzón guiado.

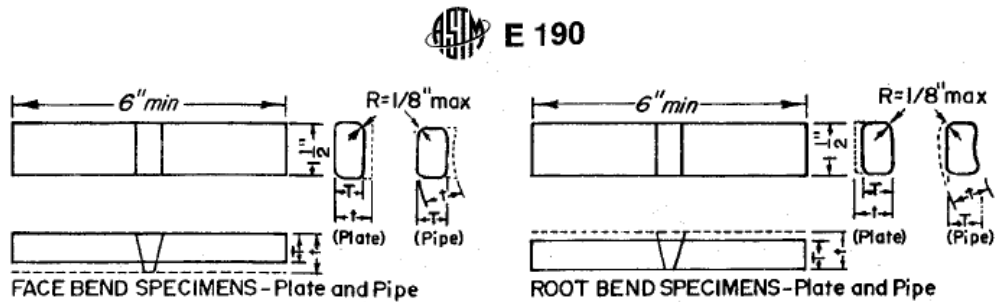
Fuente: Norma ASTM E190 – 92

Tabla 2.15 Tabla de dimensiones de la matriz de flexión.

Thickness of specimen in. (mm)	A, in. (mm)	B, in. (mm)	C, in. (mm)	D, in. (mm)
$\frac{3}{8}$ (9.5)	1 $\frac{1}{2}$ (38)	$\frac{3}{4}$ (19)	2 $\frac{3}{8}$ (60)	1 $\frac{3}{16}$ (30)
$\frac{1}{8}$ (3.2)	2 $\frac{1}{8}$ (54)	1 $\frac{1}{16}$ (27)	2 $\frac{3}{8}$ (60)	1 $\frac{3}{16}$ (30)
t	2t	2t	6t + $\frac{1}{8}$ (+3.2)	3t + $\frac{1}{16}$ (+1.6)

Fuente: Norma ASTM E190 – 92

## Figura de dimensiones de la probeta de flexión de una tubería:



NOTE 1— $\frac{1}{8}$  in. = 3.2 mm;  $1\frac{1}{2}$  in. = 38 mm; 6 in. = 152 mm.

NOTE 2—Weld reinforcement and backing strip or backing ring, if any, shall be removed flush with the surface of the specimen. The specimen shall be machined to a thickness,  $T$ , which must be specified in relation to  $t$ . If a recessed ring is used, this surface of the specimen may be machined to a depth not exceeding the depth of the recess to remove the ring, except that in such cases the thickness of the finished specimen shall meet the specified relationship to  $t$ . Do not flame-cut nonferrous material. When the original wall thickness of pipe exceeds  $\frac{3}{8}$  in. (9.5 mm), excess material shall be machined from the inside surface of face-bend specimens and the outside surface of root-bend specimens. For Boiler Code nonferrous materials, see Table QN-8, Section IX on Welding Qualifications of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code, 1965.

Figura 2.52 Dimensiones de la probeta de flexión.

Fuente: Norma ASTM E190 – 92

### 2.4.7.6 Metalografía.

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.

El examen estructural de los materiales y aleaciones por vía microscópica es una de las armas principales que posee el metalurgista, ya sea en investigación científica como en el control de la calidad de los materiales, teniendo en cuenta la conocida relación estructura – propiedades. (Avner, 1978, p. 215).

Pese a las nuevas técnicas e instrumental aparecidos durante los últimos tiempos, tales como el microscopio electrónico y el de emisión, el microscopio metalográfico óptico no ha sido desplazado en modo alguno y conjuntamente con



los medios indicados y los Rayos X, puede dar un panorama bastante completo del estado estructural del metal o aleación en estudio.

La importancia de la observación micrográfica está dada por la influencia que ejercen los componentes químicos de una aleación que pueden encontrarse en forma de una solución sólida homogénea, en forma de un compuesto intermetálico de composición química definida, dispersa en el seno de una solución sólida, en forma de una mezcla eutéctica, etc.

Estos componentes reciben el nombre de constituyentes metalográficos y de sus proporciones, formas y estados dependen las propiedades físicas de una aleación. Por lo tanto, el desarrollo de la técnica que nos permite observar dichos constituyentes deberá ser objeto de un trabajo consiente y criterioso. El primer paso dentro de esta área técnica metalográfica será la zona micrográfica a estudiar y que deberá ser representativa del fenómeno a observar, teniendo en cuenta la forma, función y origen del material.

La obtención de una superficie perfectamente plana y pulido especular, nos permitirá llegar a conclusiones exactas y ello dependerá exclusivamente de la prolijidad y esmero con que se realice esa tarea, siguiendo las técnicas usuales. (Anónimo, 2010, p. 1)

Método de preparación, se divide en varias etapas:

- Selección y extracción
- Montaje (en caso de ser necesario)
- Esmerilado grueso - fino
- Pulido final.

### **Selección y extracción:**

Hay veces que una vez recibido el material es necesario seccionarlo o cortarlo en una forma determinada. Se trata de lograr superficies planas con la menor deformación posible. En general, los mejores resultados se obtienen con corte por

abrasivo húmedo (disco abrasivo: de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> para metales ferrosos y SiC para no ferrosos). En general, materiales blandos se cortan con discos duros.

En general se deben obtener por lo menos dos cortes: uno longitudinal y otro transversal, para analizar las estructuras y las propiedades en esas dos direcciones (salvo en el caso de materiales directos de colada - fundidos). Es decir, es necesario conocer de antemano el proceso de fabricación y/o tratamientos térmicos del espécimen para determinar las zonas de extracción y los tipos de corte a realizar. Si se realiza un estudio de falla, la muestra debe tomarse lo más cerca posible de la falla o en la iniciación de esta.

El método de preparación de muestras metalográficas se encuentra normalizado en la norma ASTM E 3, (Anónimo, 2010, p. 2).

### **Montaje del material.**

Cuando se considere necesario para una mejor manipulación de la muestra o para evitar la conservación de los bordes o alguna capa constituyente, es necesario montar la muestra en lo que llamamos "inclusión". La pieza debe estar libre de grasa o contaminante que interfiera en la adherencia.

**Montaje en caliente.** La muestra se coloca en una prensa generalmente hidráulica, se añade luego un polímetro o baquelita. Los polímetros pueden ser de dos tipos: termoendurecibles o termoplásticos.

Luego se somete el polímetro o baquelita a una presión y temperatura determinada según el caso y posteriormente se enfría.

**Montaje en frío, reacción química.** La muestra se coloca en un molde, y luego se añaden las partes necesarias de las resinas mezclándolas previamente y luego se vierten sobre la muestra cubriendo a esta y todo el volumen entre la muestra y el molde. (Anónimo, 2010, p. 3-5)

Hay tres tipos de resinas en frío: Epoxi (menor contracción, excelente adherencia tiempo largo de solidificación), Acrílicas (menor tiempo y buena adherencia y son termoplásticos), de Poliéster (idéntico al anterior pero duoplásticas).

**Impregnación al vacío.** Se utilizan resinas epoxi de baja viscosidad y baja presión de vapor. Se colocan en materiales porosos (cerámicos o revestimientos aplicados por pulverización). De esta manera todos los poros son rellenados con la resina, reforzando esas zonas. Así se disminuyen los defectos de preparación tales como arranques, poros, grietas, etc. (Anónimo, 2010, p. 3-5)

### **Preparación mecánica:**

Para eliminar material de la superficie de la muestra, se utilizan abrasivos cada vez con partículas más finas. Esto puede ser en forma manual o con pulidoras mecánicas,

**Esmerilado grueso.** Su objetivo es eliminar la superficie de la muestra que fue deformada por el proceso anterior y lograr un solo plano de pulido para las etapas posteriores. Se utilizan abrasivos de grano grueso (80 - 320), discos o papeles abrasivos al agua. El agua tiene por objeto refrigerar y barrer de la superficie las partículas de material tanto de la muestra como del abrasivo.

**Esmerilado fino.** Es la etapa final del esmerilado. El procedimiento es igual al anterior con papeles (400 a 1200) o diamante en pasta desde 3 a 0,25 micrones.

**Pulido mecánico con diamante.** Se utiliza para lograr una eliminación efectiva y rápida de material. Se obtienen los mejores resultados en cuanto a planitud. Se realiza en paños especiales colocados en platos giratorios. Se debe utilizar lubricante (etilenglicol). En general la elección del paño, tamaño de grano del diamante y el lubricante, dependen del material a pulir.

A continuación nombramos algunas superficies deformadas que se van eliminando hasta llegar a la superficie real.

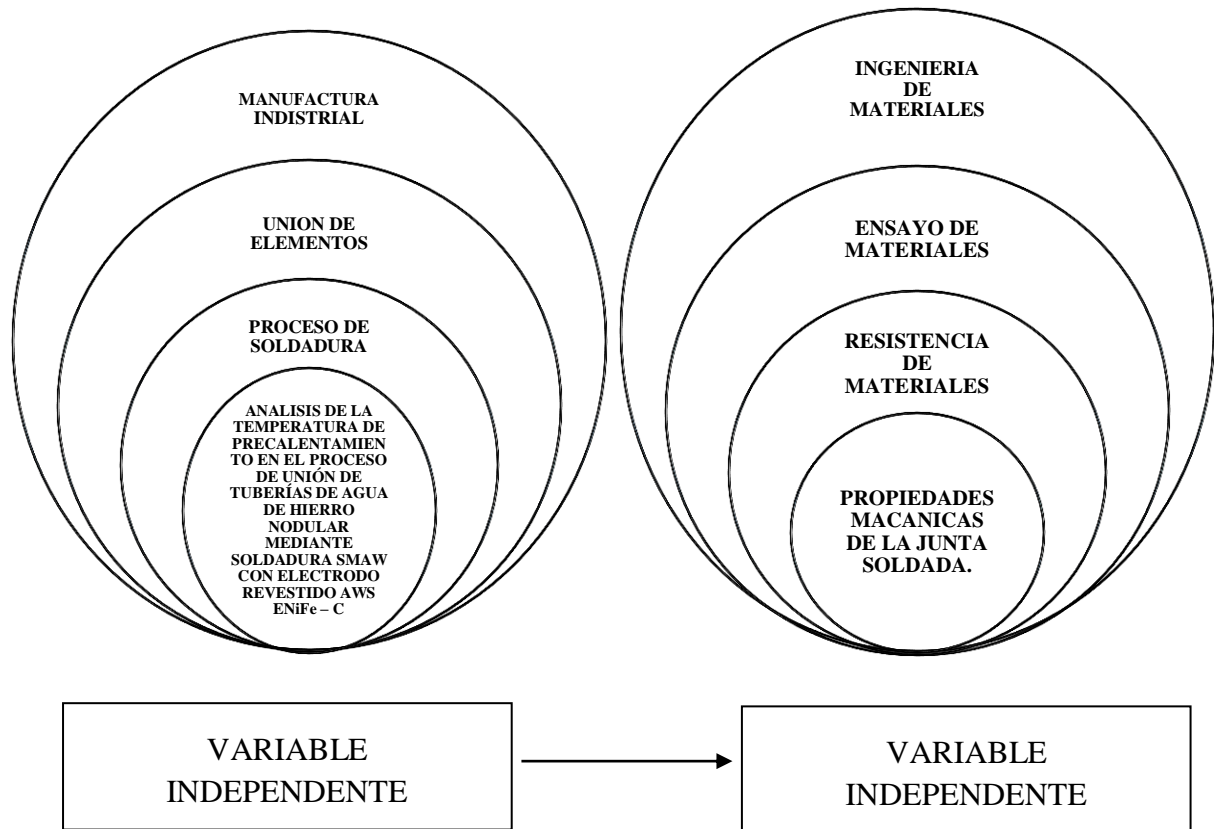
**Superficie de deformación más leve.-** es una zona de corte en la superficie, que puede haberse deformado a elevadas temperaturas. (Anónimo, 2010, p. 6-7)

**Superficie de deformación menor.-** es una capa que contiene deformaciones de bajo orden de magnitud, generadas durante el desbaste fino.

**Superficie de deformación total.-** contiene deformaciones que pueden ser de alto grado de magnitud y que son restos de la capa deformada producida durante la abrasión preliminar.

**Ataque químico.** Todo el material distorsionado resultante de los varios pasos de la preparación debe ser completamente removido de la superficie antes de observar la muestra bajo el microscopio. El ataque se realiza sumergiendo la muestra metálica pulida en una solución ácida o básica débil que ataca a la superficie a una velocidad que varía con la orientación cristalina de la misma. Como los cristales de un metal tienen usualmente distintas orientaciones, los cristales adyacentes se disuelven por la solución de ataque a diferentes profundidades, produciendo el efecto de altiplano. Después del ataque las interacciones de los límites de grano atacados en la superficie, quedan marcados por una red de escarpaduras poco profundas. Para la determinación del reactivo se tiene en consideración al material y el objetivo buscado por el ataque. Existen las NORMAS ASTM E 304 (macroataque) y E 407 (microataque). (Anónimo, 2010, p. 8)

## 2.5 CATEGORÍAS FUNDAMENTALES.



## 2.6 HIPÓTESIS.

Al realizar un precalentamiento en la tubería de agua de hierro nodular se podrá conseguir la unión mediante soldadura SMAW con electrodo revestido AWS ENi – CI con buenas propiedades mecánicas en la junta soldada.

## 2.7 SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES.

### 2.7.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.

Al realizar un precalentamiento en la tubería de agua de hierro nodular se podrá conseguir la unión mediante soldadura SMAW con electrodo revestido AWS ENi – CI.

### 2.7.2 VARIABLE DEPENDIENTE.

Buenas propiedades mecánicas en la junta soldada.

## **CAPITULO III**

### **3 METODOLOGÍA.**

#### **3.1 ENFOQUE.**

La ejecución de la investigación tiene un enfoque crítico positivo, ya que esta se orienta al análisis de temperaturas de precalentamiento de la junta a soldar, tomando también en cuenta que se analizara las propiedades mecánicas y estructuras metalográficas de la junta soldada de la fundición de hierro nodular con electrodo AWS ENiFe – C.

En cuanto a los indicadores se utilizarán tablas, gráficas de barras, dispersión entre otros para detallar los resultados obtenidos en el estudio a realizar.

#### **3.2 MODALIDAD Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.**

El proyecto de investigación resultará factible ya que se podrá demostrar la hipótesis, al realizar una investigación bibliográfica y experimental.

##### **3.2.1 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA.**

Esta nos ayuda en gran manera ya que la persona que se encuentra realizando el estudio puede apoyarse en fuentes como: libros, revistas técnicas, normas, etc., y así lograr una correcta recolección de información para abordar de una buena manera técnica y científica la investigación a realizar.

##### **3.2.2 INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL.**

La presente investigación será experimental ya que se realizara probetas para los distintos ensayos a practicar como: tracción, flexión, dureza, y metalografía, los

mismos que se realizaran en los laboratorios Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi.

### **3.3 NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.**

La presente investigación tendrá los siguientes tipos:

- Exploratorio.
- Descriptivo.
- Predictivo.
- Explicativo.

#### **3.3.1 Exploratorio.**

Este tipo de investigación se realiza cuando el tema no ha sido estudiado antes, o ha sido muy poco estudiado.

La investigación será exploratoria con el fin de estudiar con más énfasis el análisis de temperaturas de precalentamiento en la junta de soldadura de hierro nodular con electrodo AWS ENiFe – C, la misma que no ha sido estudiada en detalle en nuestro medio.

#### **3.3.2 Descriptivo.**

El estudio se basa en la modalidad de investigación descriptiva, ya que su fin es la descripción de fenómenos que se pueden dar al realizar un precalentamiento en la junta de soldadura, en este caso las propiedades mecánicas de la junta soldada de hierro nodular con electrodo ENiFe – C.

#### **3.3.3 Correlacional**

Tiene como propósito medir la relación que existe en las variables tanto independiente como dependiente en el tema de estudio es de gran importancia, para poder indicar el grado de dependencia de los distintos parámetros en la investigación.

### 3.3.4 Explicativo.

Se explicarán detalladamente todos los resultados obtenidos en el estudio para conocer los aspectos que intervienen en el mismo.

## 3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.

Con la determinación del tamaño adecuado de muestra se podrá conocer la proporción de la población que tiene las características de este estudio, a partir de un solo grupo de ellas. Los datos estadísticos sirven para conocer los parámetros de población, es por eso, se habla de conocer el tamaño de muestra necesaria, puesto que no se debe actuar con ligereza, si tomamos una muestra muy grande de lo necesario es un desperdicio de recursos, y una muestra muy pequeña a menudo nos lleva a tener resultados sin uso práctico, nada confiables, (Herrera, Medina, Naranjo, 2004, p. 98)

El universo sobre el cual trata la investigación está constituida por el volumen de producción mundial de hierro, para esta investigación la producción de hierro nodular, dicha producción es indeterminada, por lo que resulta muy necesaria la determinación de un tamaño adecuado de muestra la misma que será determinada por la siguiente ecuación.

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \cdot p_0 \cdot q_0}{d^2}$$

Ecuación 3.1

Con esta ecuación podemos determinar el tamaño de muestra adecuado para esta investigación partiendo de tres factores de gran importancia.

Nivel de confianza,  $(1-\alpha)$ , probabilidad con la que el método dará una respuesta correcta, el nivel de confiabilidad con el que se desea trabajar está recomendado entre (95 – 99) %. El nivel de confianza fijado da lugar a un coeficiente  $Z_{\alpha}$  que esta en función de  $\alpha$  ver tabla 3.1.



El error de muestreo  $d$  puede fluctuar entre el (1 – 8) % que vendría a ser la precisión que deseamos para nuestra investigación.

La proporción esperada de que las mismas tengan dichas características una idea del valor aproximado que queremos medir.

**Tabla 3.1** Valores de Z más utilizados, según el valor de  $\alpha$ .

$\alpha$	<b>0.10</b>	0.05	0.01	0.001
$Z_{\alpha}$	<b>1.645</b>	1.960	2.576	3.291

Fuente: tomado de fuentelsaz, 2004

Determinación del tamaño de muestra aplicando la ecuación 3.1, utilizando la tabla 3.1 y considerando un error máximo de 7% se obtendrá un tamaño de muestra adecuado para la presente investigación.

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 \cdot p_0 \cdot q_0}{d^2}$$

$$p = 0.99$$

$$q = 0.01$$

$$\alpha = 0.1 \text{ y } Z = 1.645$$

$$d = 7\%$$

$$n = \frac{1.645^2 * 0.99 * 0.01}{0.07^2}$$

$$n = 5.46$$

$$n \cong 5$$

Se considerara un número de 5 muestras para cada ensayo, de la presente investigación, con el fin de obtener una respuesta adecuada y en un tiempo prudencial, en los siguientes ensayos:

**Tabla 3.2** Ensayos que se realizaran según las siguientes normas.

<b>Tipos de juntas</b>	<b>Tipo de ensayo y Norma utilizada</b>	<b>Número de probetas</b>	<b>Temp. (°C)</b>
Junta en V de 60°	Tracción Norma ASTM E 8 – 01	5	200, 250, 300, 350
	Dureza Norma ASTM E 10 – 01	1	200, 250, 300, 350
	Impacto Norma ASTM E 23 – 00	5	200, 250, 300, 350
	Flexion Norma ASTM E190 – 92	5	200, 250, 300, 350
	Metalografía Norma ASTM E3:01 y ASTM E112:96	1	200, 250, 300, 350
Junta en V de 30°	Tracción Norma ASTM E 8 – 01	5	200, 250, 300, 350
	Dureza Norma ASTM E 10 – 01	5	200, 250, 300, 350
	Impacto Norma ASTM E 23 – 00	5	200, 250, 300, 350
	Flexion Norma ASTM E190 – 92	5	200, 250, 300, 350
	Metalografía Norma ASTM E3:01 y ASTM E112:96	1	200, 250, 300, 350
Material base	Todos los ensayos sin soldadura ni precalentamiento		

Fuente: Milton Aldas

### 3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

A continuación la operacionalización de las variables independiente y dependiente:

#### 3.5.1 Variable independiente.

Al realizar un precalentamiento en la tubería de agua de hierro nodular se podrá conseguir la unión mediante soldadura SMAW con electrodo revestido AWS ENiFe – C con buenas propiedades mecánicas en la junta soldada.

CONCEPTUALIZACIÓN.	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN.
<p><b>Temperatura de precalentamiento.</b></p> <p>Es el calentamiento previo del material base, que favorece la difusión en caliente de la matriz Ferrítica con la aleación del electrodo, con lo que se optimizan las características de la unión entre los dos materiales.</p>	Parámetros de precalentamiento	Temperatura.	200 – 350 (°C)	Ficha de observación
		Tipos de juntas.	Bisel simple Y En V	Ficha de observación.

Fuente: Milton Aldás

### 3.5.2 Variable dependiente.

Buenas propiedades mecánicas de la junta soldada.

CONCEPTUALIZACIÓN.	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TEC. DE INVESTIGACIÓN.
<p><b>Propiedades mecánicas.</b></p> <p>Estas se determinaran mediante ensayos de materiales.</p>	Ensayo de tracción.	Carga de rotura	¿Cuál será la carga máxima en Psi?	Ficha de observación.
	Ensayo de dureza.	Variación de dureza	¿Qué dureza se tendrá HB?	Ficha de observación.
	Ensayo de impacto.	Fractura de la probeta.	¿Qué energía es necesaria para la rotura joul?	Ficha de observación.
	Ensayo de flexión.	Fragilidad del material.	¿Qué resistencia tendrá Kgf?	Ficha de observación.
	Análisis metalográfico.	Componentes del material %	¿Qué % de perlita y ferrita se tendrá?	Ficha de observación.

Fuente: Milton Aldás

### **3.6 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.**

La información de temperatura de precalentamiento, así como los distintos ensayos a realizar se recolectaran de las probetas de hierro nodular soldadas con electrodo ENiFe – C.

De ser necesario se repetirá el proceso de recolección de la información y así asegurar su veracidad.

### **3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.**

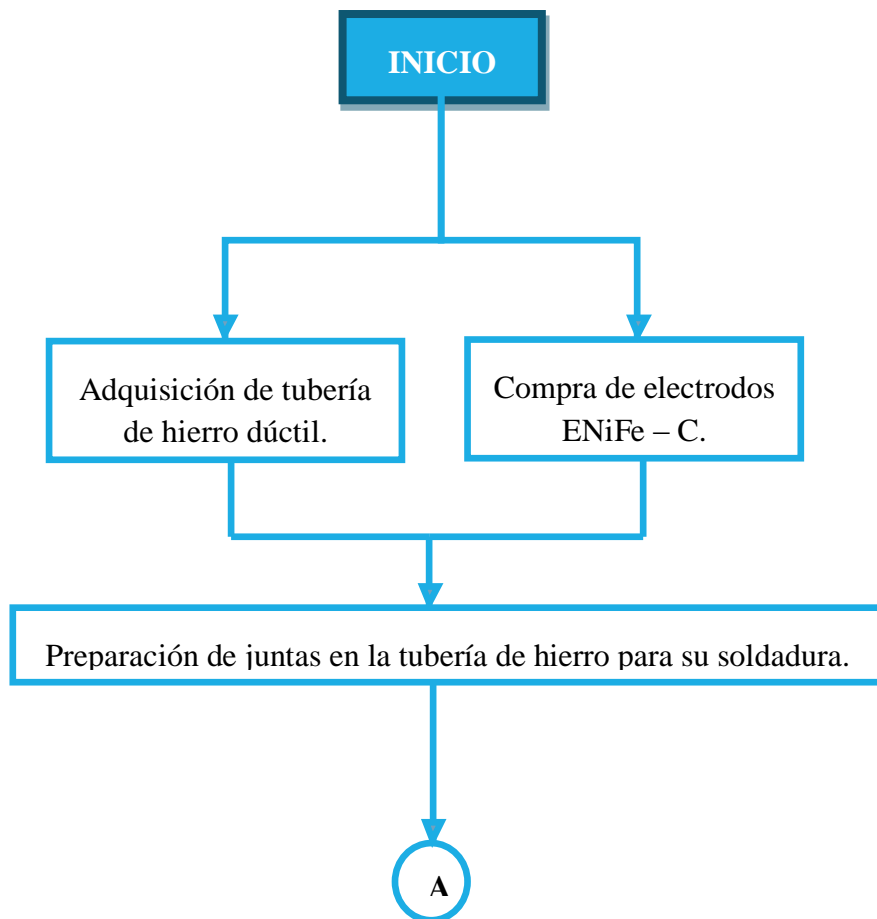
- Los datos serán recogidos y analizados de una manera crítica debido a que muchos podrían no ser los correctos, razón por la cual tienen que ser separados.
- Se utilizará varias fuentes para verificar la veracidad de la recolección de datos ya que estos tienen una gran incidencia en el desarrollo del estudio.
- Tabulación de los datos de acuerdo a los parámetros y a la relación que tengan con la demostración de la hipótesis.
- Analizar e interpretar los resultados obtenidos relacionándolos con las diferentes partes de la investigación, especialmente con los objetivos y la hipótesis.

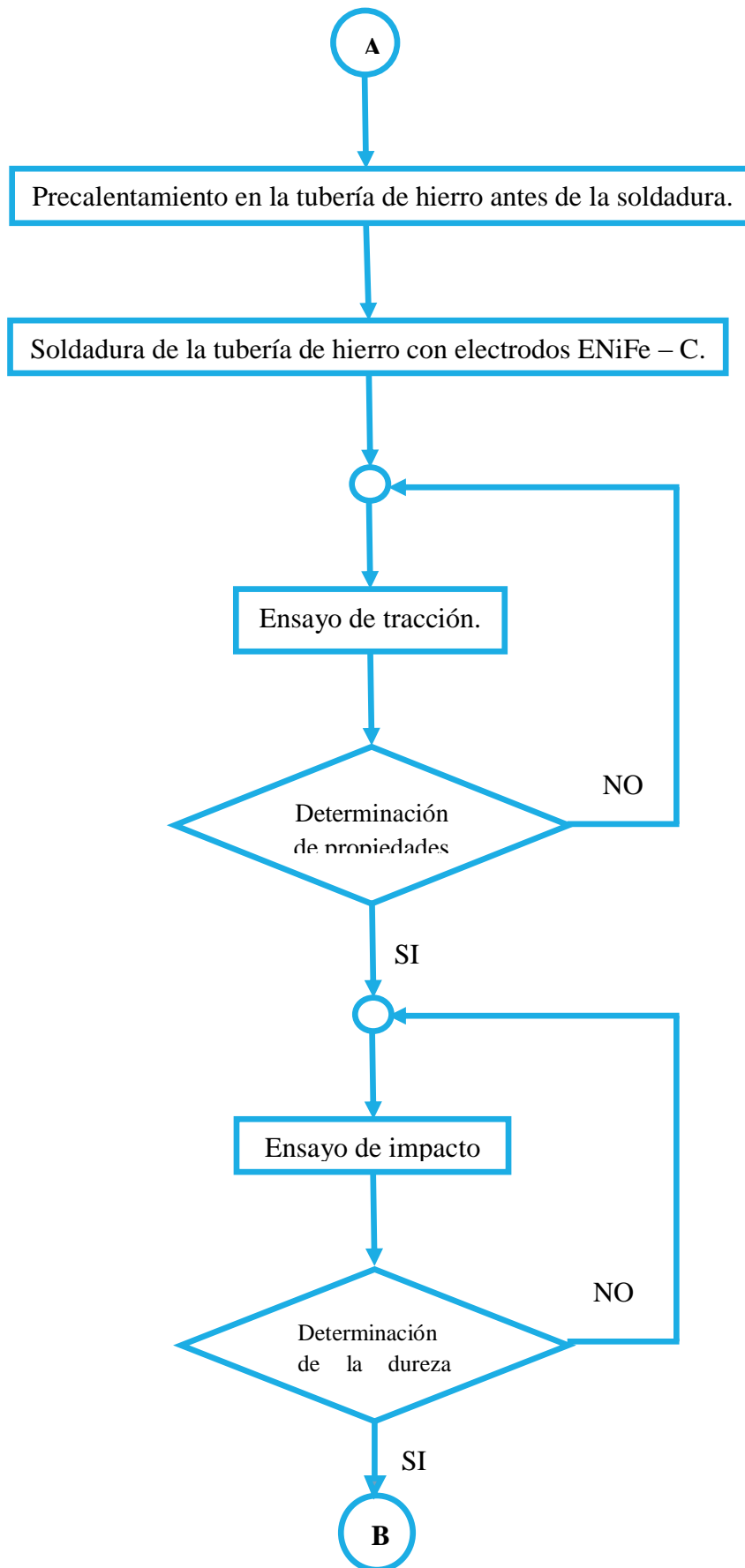
## CAPITULO IV

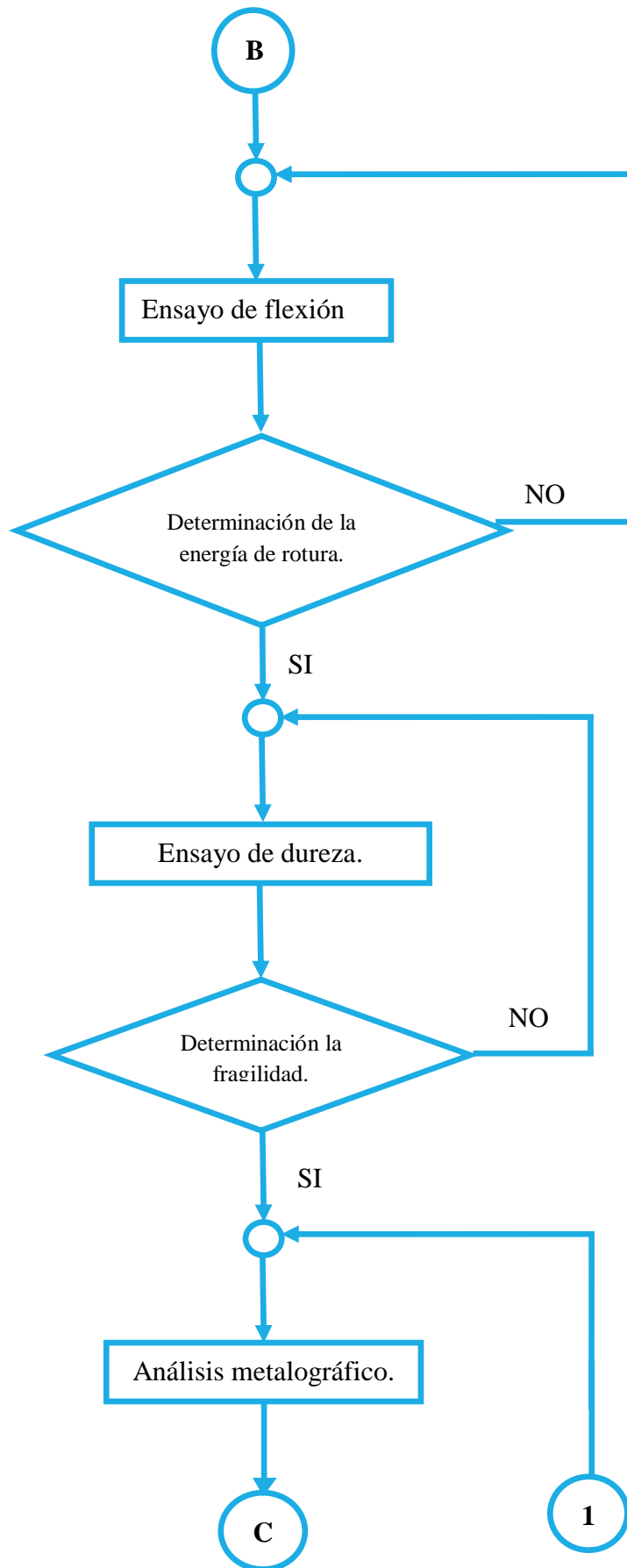
### 4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

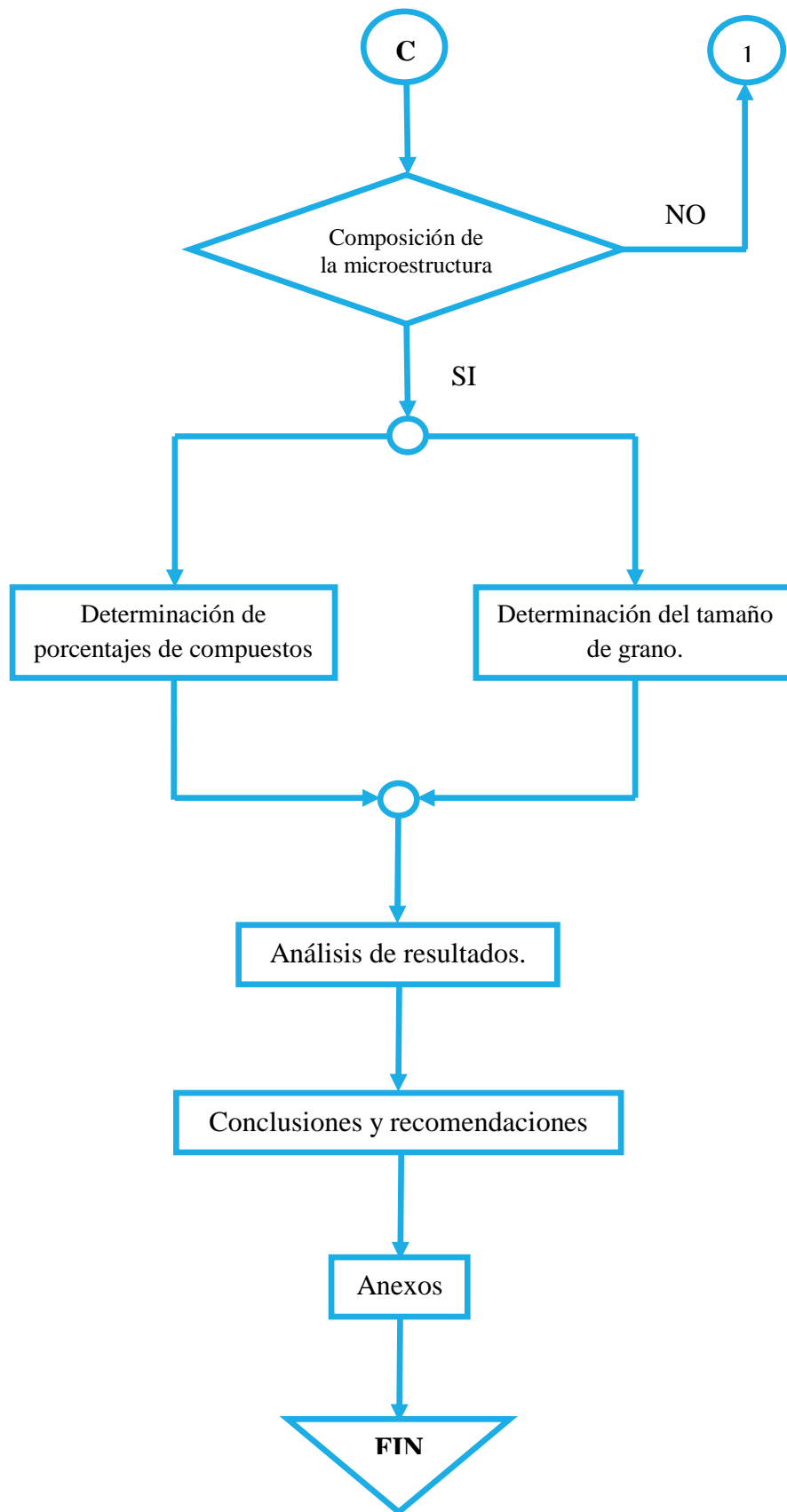
##### 4.1.1 FLUJOGRAMA DEL PROCESO PROPUESTO PARA LA OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.











**Figura 4.1** Diagrama de flujo para la investigación de la soldadura de hierro nodular.

Fuente: Milton Aldás

#### **4.1.2 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.**

Con la finalidad de un correcto manejo de resultados correspondientes a los ensayos realizados como tracción, dureza, impacto, flexión guiado, metalografía, realizados a las juntas soldadas de la tubería de hierro nodular con electrodo AWS ENi – CI, para lo cual se a establecido el desarrollo de un formato en el que se representa todas las propiedades de interés en el estudio realizado.

##### **4.1.2.1 Ensayo para material base.**

<b>TIPO DE ENSAYO.</b>	<b>NÚMERO DE PROBETAS</b>
Ensayo de tracción.	5
Ensayo de impacto.	5
Ensayo de flexión.	5
Ensayo de dureza.	1
Ensayo metalográfico.	1

##### **4.1.2.2 Ensayo para probetas soldadas con bisel en V de 60°.**

###### **ENSAYO DE TRACCIÓN.**

Con precalentamiento a 200°C	Probetas 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3, 1.1.4, 1.1.5
Con precalentamiento a 250°C	Probetas 1.2.1, 1.2.2, 1.2.3, 1.2.4, 1.2.5
Con precalentamiento a 300°C	Probetas 1.3.1, 1.3.2, 1.3.3, 1.3.4, 1.3.5
Con precalentamiento a 350°C	Probetas 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3, 1.4.4, 1.4.5

###### **ENSAYO DE IMPACTO.**

Con precalentamiento a 200°C	Probetas 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3, 1.1.4, 1.1.5
Con precalentamiento a 250°C	Probetas 1.2.1, 1.2.2, 1.2.3, 1.2.4, 1.2.5
Con precalentamiento a 300°C	Probetas 1.3.1, 1.3.2, 1.3.3, 1.3.4, 1.3.5
Con precalentamiento a 350°C	Probetas 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3, 1.4.4, 1.4.5

**ENSAYO DE FLEXIÓN.**

Con precalentamiento a 200°C	Probetas 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3, 1.1.4, 1.1.5
Con precalentamiento a 250°C	Probetas 1.2.1, 1.2.2, 1.2.3, 1.2.4, 1.2.5
Con precalentamiento a 300°C	Probetas 1.3.1, 1.3.2, 1.3.3, 1.3.4, 1.3.5
Con precalentamiento a 350°C	Probetas 1.4.1, 1.4.2, 1.4.3, 1.4.4, 1.4.5

**ENSAYO DE DUREZA**

Con precalentamiento a 200°C	Probetas 1.1.6
Con precalentamiento a 250°C	Probetas 1.2.6
Con precalentamiento a 300°C	Probetas 1.3.6
Con precalentamiento a 350°C	Probetas 1.4.6

**ENSAYO METALOGRAFICO.**

Con precalentamiento a 200°C	Probetas 1.1.7 metal base, ZAT, soldadura.
Con precalentamiento a 250°C	Probetas 1.2.7 metal base, ZAT, soldadura.
Con precalentamiento a 300°C	Probetas 1.3.7 metal base, ZAT, soldadura.
Con precalentamiento a 350°C	Probetas 1.4.7 metal base, ZAT, soldadura.

#### 4.1.2.3 Ensayo para probetas soldadas con bise simple en V de 30°.

##### ENSAYO DE TRACCIÓN.

Con precalentamiento a 200°C	Probetas 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3, 2.1.4, 2.1.5
Con precalentamiento a 250°C	Probetas 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3, 2.2.4, 2.2.5
Con precalentamiento a 300°C	Probetas 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3, 2.3.4, 2.3.5
Con precalentamiento a 350°C	Probetas 2.4.1, 2.4.2, 2.4.3, 2.4.4, 2.4.5

##### ENSAYO DE IMPACTO.

Con precalentamiento a 200°C	Probetas 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3, 2.1.4, 2.1.5
Con precalentamiento a 250°C	Probetas 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3, 2.2.4, 2.2.5
Con precalentamiento a 300°C	Probetas 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3, 2.3.4, 2.3.5
Con precalentamiento a 350°C	Probetas 2.4.1, 2.4.2, 2.4.3, 2.4.4, 2.4.5

##### ENSAYO DE FLEXIÓN.

Con precalentamiento a 200°C	Probetas 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3, 2.1.4, 2.1.5
Con precalentamiento a 250°C	Probetas 2.2.1, 2.2.2, 2.2.3, 2.2.4, 2.2.5
Con precalentamiento a 300°C	Probetas 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3, 2.3.4, 2.3.5
Con precalentamiento a 350°C	Probetas 2.4.1, 2.4.2, 2.4.3, 2.4.4, 2.4.5

##### ENSAYO DE DUREZA

Con precalentamiento a 200°C	Probetas 2.1.6
Con precalentamiento a 250°C	Probetas 2.2.6
Con precalentamiento a 300°C	Probetas 2.3.6
Con precalentamiento a 350°C	Probetas 2.4.6



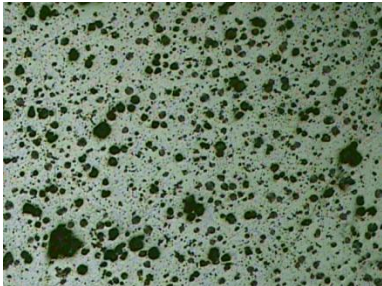
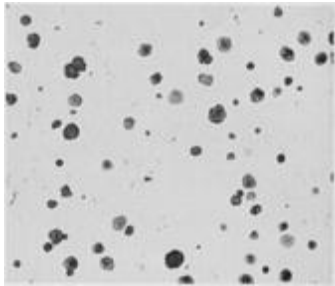
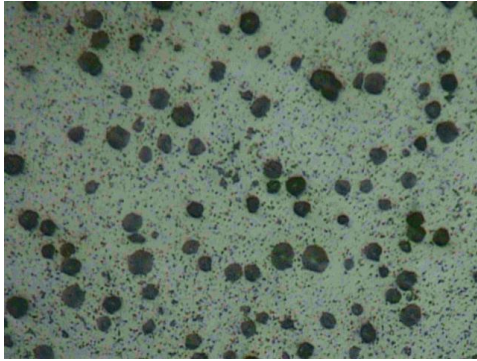
## **ENSAYO METALOGRÁFICO.**



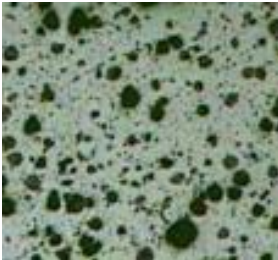
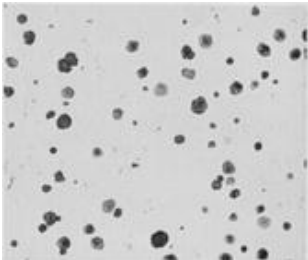







Con precalentamiento a 200°C	Probetas 2.1.7 metal base, ZAT, soldadura.
Con precalentamiento a 250°C	Probetas 2.2.7 metal base, ZAT, soldadura.
Con precalentamiento a 300°C	Probetas 2.3.7 metal base, ZAT, soldadura.
Con precalentamiento a 350°C	Probetas 2.4.7 metal base, ZAT, soldadura.

#### 4.1.3 Datos del hierro fundido nodular según la norma ASTM A 536.

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>			
<b>REGISTRO DE DATOS INFORMATIVOS</b>					<b>R.D.I. N° 001</b>
<b>Autorizado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Realizado por:</b>	Aldás Milton		
<b>Lugar de realización:</b>	Laboratorio de materiales FICM	<b>Fecha de ejecución:</b>	21/01/2014		
<b>Temperatura ambiente del lugar:</b>	19.7°C	<b>Flujo de aire:</b>	Estático		
<b>ESPECIFICACIÓN DEL MATERIAL BASE</b>					
<b>DATOS TÉCNICOS</b>				<b>DETALLE REFERENCIAL</b>	
<b>Especificación del material:</b>	Hierro nodular	<b>Tipo o grado:</b>	60-42-10		
<b>Resistencia a la tracción min.</b>	415 Mpa	<b>Dureza:</b>	(150 – 220) HB		
<b>Estructura:</b>	Ferrítico.	<b>Resistencia al impacto:</b>	(80 – 156) J		
<b>Característica:</b>	Tubo de agua.	<b>Tratamiento térmico:</b>	N/A		
<b>Espesor:</b>	¼ in	<b>Longitud:</b>	1.5 m		
<b>Diámetro:</b>	8 in	<b>Recubrimiento:</b>	De asbesto		
<b>OBSERVACIONES:</b>					
<p>El material adquirido coincide con las especificaciones de la norma ASTM A 536 de la IRON CAST SECTION VIII (tensile requirements).</p> <p>El grafito se encuentra en forma de esferas o nódulos, la matriz Ferrítico de metal está a un máximo lo cual explica que es un material dúctil que supera por márgenes muy amplios, al hierro gris, en cuanto a su ductilidad y resistencia a la tensión y al impacto.</p>					

#### 4.1.4 Ensayo metalográfico material base.

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRÁFICO</b>			<b>E.M .N°002</b>
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR</b>			
<b>Material base</b>	Hierro fundido nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha de elaboración:</b>	23/01/2014
<b>Realizado por:</b>	Aldás Milton	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de materiales FICM, "UTA"		
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación</b>	E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura durante el pulido:</b>	18.6 °C
<b>Tiempo de ataque:</b>	2 – 3 Seg.	<b>Instrumento de observación:</b>	Microscopio
<b>Acondicionamiento de superficie:</b>	Lijado y pulido mecánico		
<b>Ataque químico de la superficie con:</b>	Nital al 2%		
<b>RESULTADOS</b>			
Material Base, Hierro Fundido Nodular			
 			
<b>Metal base hierro fundido nodular, 100x, Nital 2%, 2-3Sg.</b>			
			
<b>Metal base hierro fundido nodular, 200x, Nital 2%, 2-3Sg.</b>			
<b>OBSERVACIONES:</b>			

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>			
<b>ENSAYO METALOGRÁFICO</b>				<b>E.M .N°003</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR</b>					
<b>Material base</b>	Hierro fundido nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10		
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha de elaboración:</b>	23/01/2014		
<b>Realizado por:</b>	Aldas Milton	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca		
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de materiales FICM, "UTA"			
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO METALOGRÁFICO</b>					
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación</b>	ASTM E3		
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura durante el pulido:</b>	18.6 °C		
<b>Tiempo de ataque:</b>	2 – 3 Seg.	<b>Instrumento de observación:</b>	Microscopio		
<b>Acondicionamiento de superficie:</b>		Lijado y pulido mecánico			
<b>Ataque químico de la superficie con:</b>		Nital al 2%			
<b>RESULTADOS</b>					
 					
<b>Metal base hierro fundido nodular, 100x, Nital 2%, 2-3Sg.</b>					
<b>Tipo de grafito.</b>	<b>Forma.</b>	<b>Tipo de grafito.</b>	<b>Forma.</b>		
	<b>I</b> Escamas de grafito laminar.		<b>V</b> Nódulos de grafito abierto.		
	<b>II</b> Grafito en forma de cangrejo.		<b>VI</b> Grafito esferoidal.		
	<b>III</b> Nódulos de grafito temper.		<b>VII</b> Grafito compactado		
	<b>IV</b> Grafito tipo chunky.	<b>Fuente:</b> Radzikowska J.2009, p. 16-23			
<b>OBSERVACIONES:</b>					
<p>Una vez realizado el análisis comparativo de los distintos tipos de grafito, se llega a la conclusión que el material base tiene una forma VI grafito nodular norma especificada ASTM A247, (<b>anexo C2</b>).</p>					





**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**EVALUACIÓN MICROESTRUCTURA.** **E.M .N°004**

DETERMINACIÓN TAMAÑO DE GRAFITO	MICROESTRUCTURA
---------------------------------	-----------------

Resultados de software																														
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Estadística</td> <td colspan="2">Tamaño de grano</td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>69.73</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>6.75</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>29.66</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center; color: red;">Según la Norma ASTM A247</td> </tr> <tr> <td>Fundición nodular</td> <td colspan="2">Tipo VI</td> </tr> <tr> <td>Forma del grafito</td> <td colspan="2">Nodular</td> </tr> <tr> <td>Tamaño</td> <td colspan="2">6</td> </tr> <tr> <td>Matriz</td> <td colspan="2">Ferrítica</td> </tr> <tr> <td>Distribución</td> <td colspan="2">Spiky Graphite</td> </tr> </table>		Estadística	Tamaño de grano		Máximo	69.73	µm	Mínimo	6.75	µm	Promedio	29.66	µm	Según la Norma ASTM A247			Fundición nodular	Tipo VI		Forma del grafito	Nodular		Tamaño	6		Matriz	Ferrítica		Distribución	Spiky Graphite
Estadística	Tamaño de grano																													
Máximo	69.73	µm																												
Mínimo	6.75	µm																												
Promedio	29.66	µm																												
Según la Norma ASTM A247																														
Fundición nodular	Tipo VI																													
Forma del grafito	Nodular																													
Tamaño	6																													
Matriz	Ferrítica																													
Distribución	Spiky Graphite																													

**Componentes:** Grafito nodular en matriz Ferrítica.



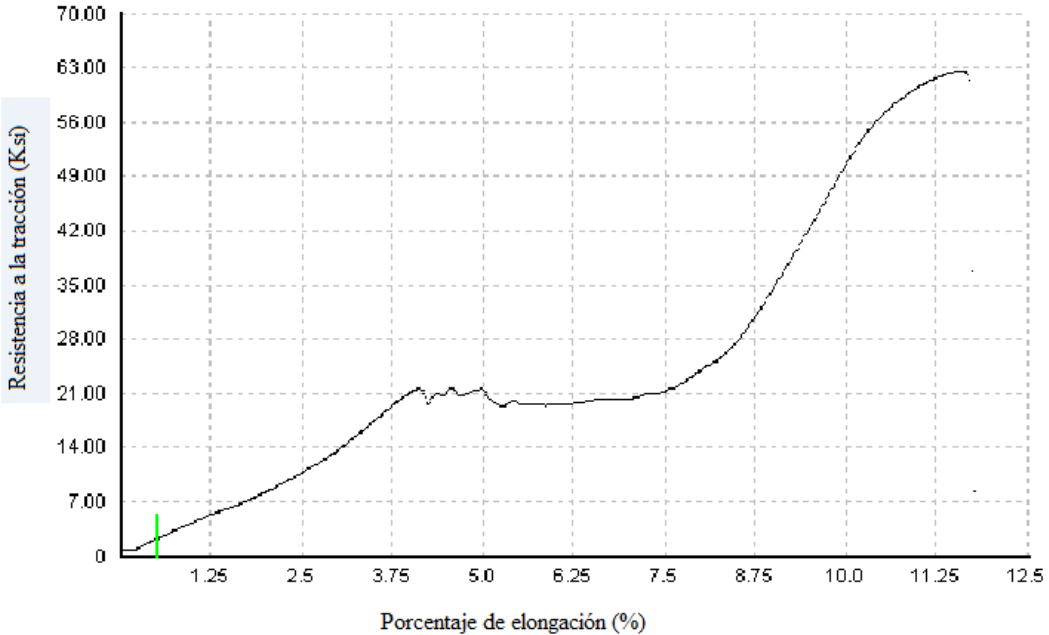
**Componentes micro estructurales:** **Porcentajes:**



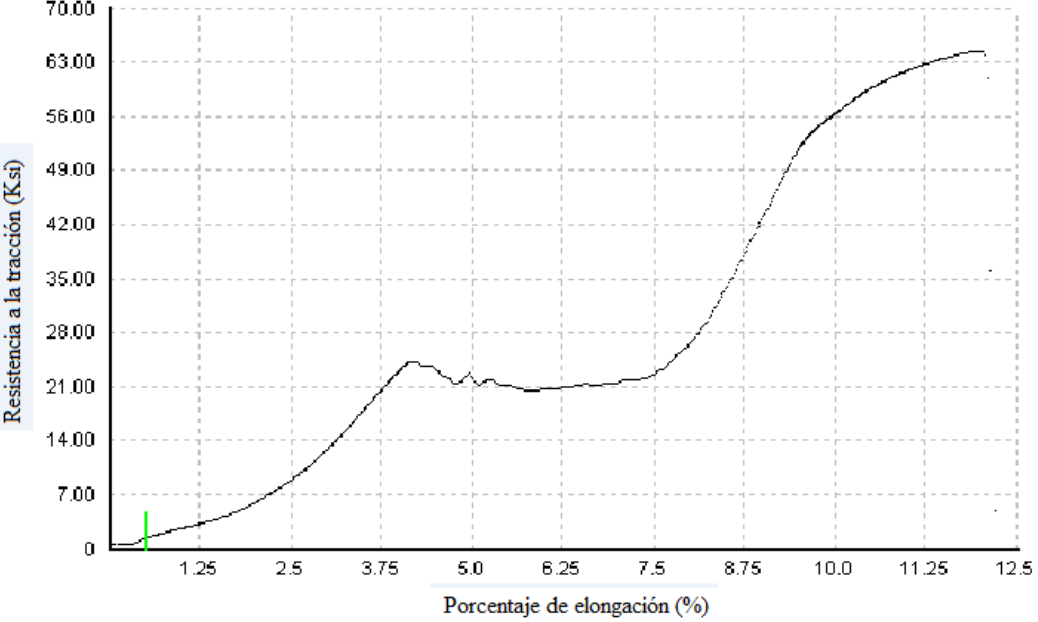
<p style="text-align: center;"><b>Metal base de hierro fundido nodular, 100X, Nital2, 2Seg.</b></p>	<table border="1" style="width: 100%; margin-top: 10px; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Source Bitplane(S)</th> <th style="width: 50%;">Field(%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Grafito</td> <td style="text-align: center;">25</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Ferrita</td> <td style="text-align: center;">75</td> </tr> </tbody> </table>	Source Bitplane(S)	Field(%)	Grafito	25	Ferrita	75
Source Bitplane(S)	Field(%)						
Grafito	25						
Ferrita	75						



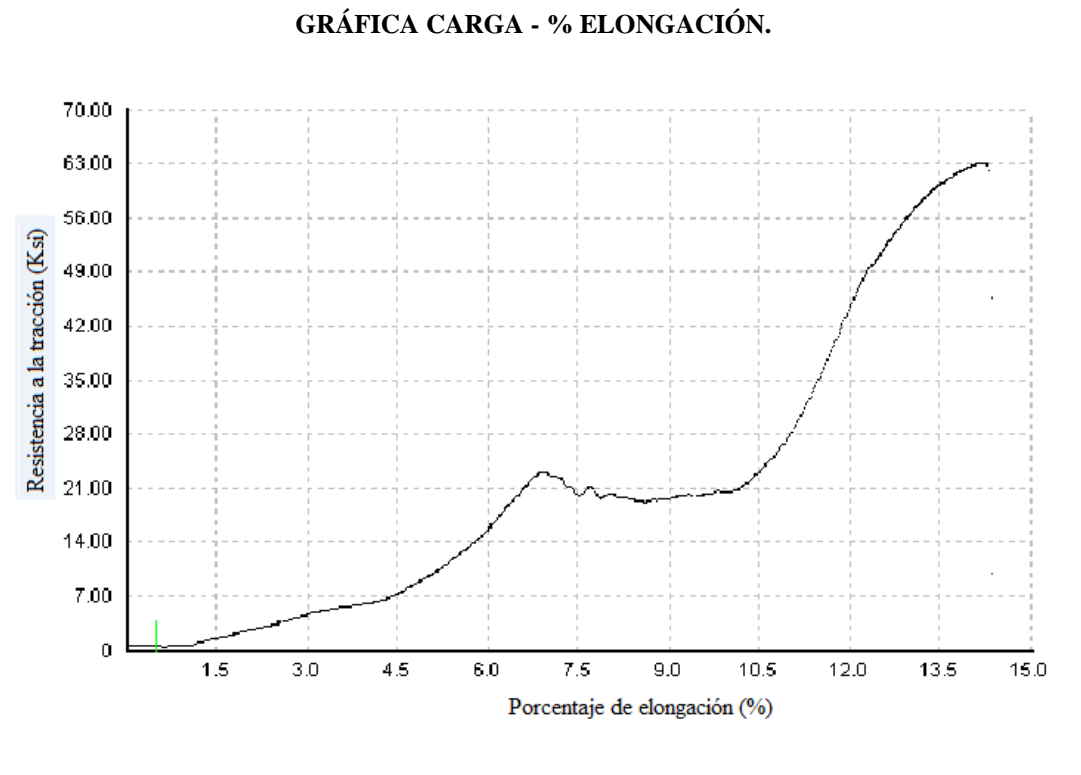
**OBSERVACIONES:**

En la micrografía analizada presenta los siguientes resultados el porcentaje de grafito esferoidal es del 25% con una matriz Ferrítica del 75%, según la NORMA ASTM A247 la evaluación del grafito es del tipo VI con una forma nodular y una distribución aleatoria, el tamaño del grafito es de tipo 6 (3 – 6 mm).

#### 4.1.5 Ensayo de tracción material base hierro nodular.

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>			
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>				<b>E.M .N°005</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR</b>					
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>N° de probeta:</b>	0.1.1		
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Fecha de elaboración:</b>	04/04/2014		
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor Hugo Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca		
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional				
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos / EPN.				
<b>RESULTADOS</b>					
<b>Carga máxima:</b>	2480 Lbf	<b>Resistencia a la tracción:</b>	62.6 Ksi		
	11032 N		431.9 MPa		
<b>Ancho promedio:</b>	6.45 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.96mm		
<b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b>					
					
Probeta 0.1.1 hierro fundido nodular, material base.					
<b>OBSERVACIONES:</b>					

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>		<b>E.M .N°006</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR</b>			
<b>Tipo de estudio:</b>	Laboratorio	<b>N° de probeta:</b>	0.1.2
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Fecha de elaboración:</b>	04/04/2014
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor Hugo Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional		
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos / EPN.		
<b>RESULTADOS</b>			
<b>Carga máxima:</b>	2430 Lbf	<b>Resistencia a la tracción:</b>	64.5 Ksi
	10809 N		444.7 MPa
<b>Ancho promedio:</b>	6.13 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.93mm
<b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b>			
			
Probeta 0.1.2 hierro fundido nodular, material base.			
<b>OBSERVACIONES:</b>			

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>		<b>E.M .N°007</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR</b>			
<b>Tipo de estudio:</b>	Laboratorio	<b>N° de probeta:</b>	0.1.3
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Fecha de elaboración:</b>	04/04/2014
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor Hugo Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional		
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos / EPN.		
<b>RESULTADOS</b>			
<b>Carga máxima:</b>	2490 Lbf	<b>Resistencia a la tracción:</b>	63.1 Ksi
	11076 N		434.8 MPa
<b>Ancho promedio:</b>	6.49 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.93 mm
<b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b>			
 <p style="text-align: center;">Probeta 0.1.3 hierro fundido nodular, material base.</p>			
<b>OBSERVACIONES:</b>			



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**E.M .N°008**

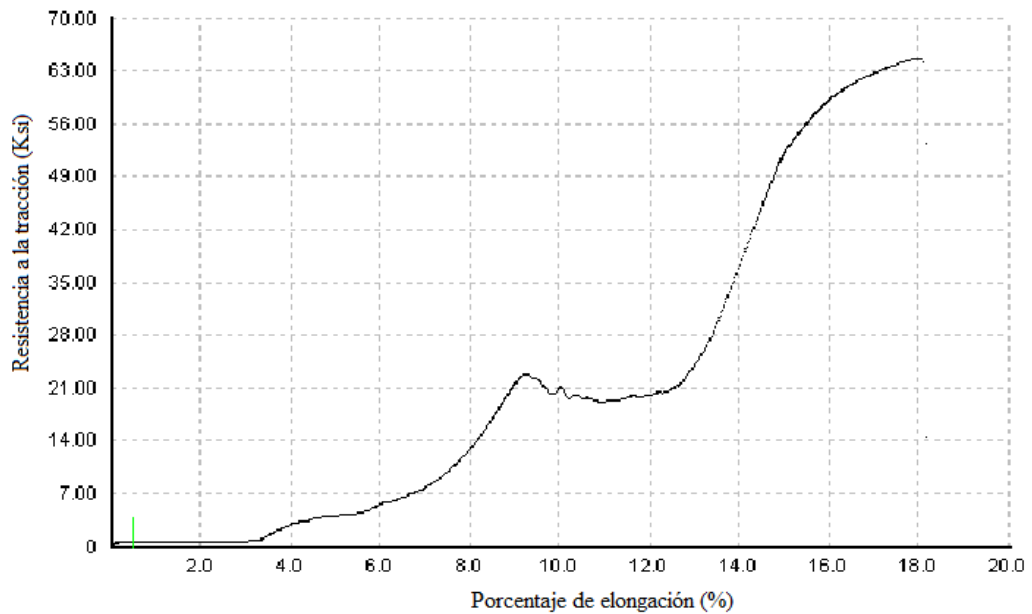
**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR**

<b>Tipo de estudio:</b>	Laboratorio	<b>N° de probeta:</b>	0.1.4
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Fecha de elaboración:</b>	04/04/2014
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor Hugo Guerrero	<b>tutor:</b>	Ing. Mg .Henry Vaca
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional		
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos / EPN.		

**RESULTADOS**



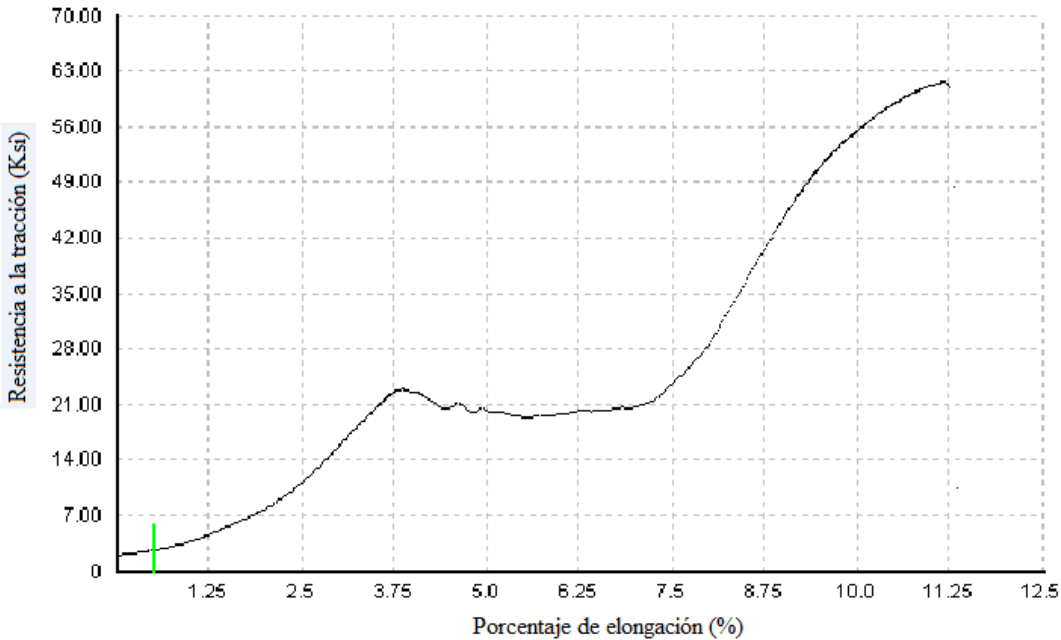
<b>Carga máxima:</b>	2580 Lbf	<b>Resistencia a la tracción:</b>	64.8 Ksi
	11476 N		446.6 MPa
<b>Ancho promedio:</b>	6.53 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.94 mm

**GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.**



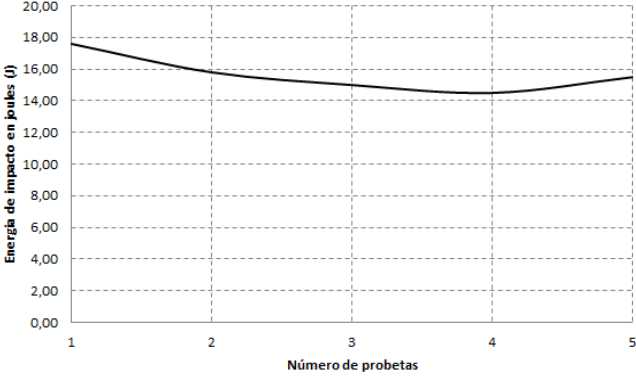



Probeta 0.1.4 hierro fundido nodular, material base.



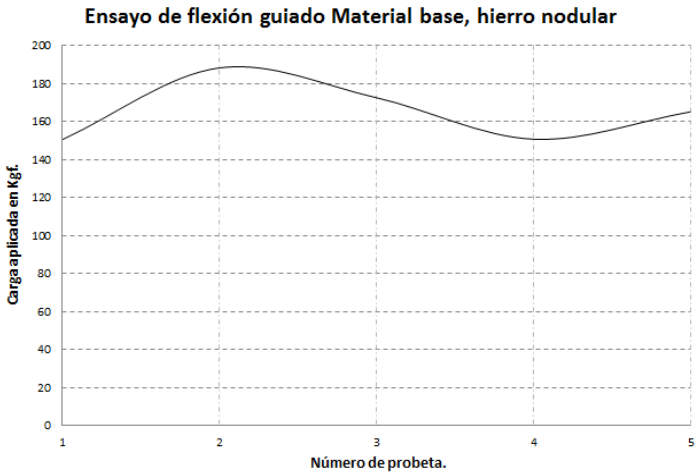
**OBSERVACIONES:**

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>		<b>E.M .N°009</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN A ENSAYAR</b>			
<b>Tipo de estudio:</b>	Laboratorio	<b>N° de probeta:</b>	0.1.5
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Fecha de elaboración:</b>	04/04/2014
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor Hugo Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing Mg. Henry Vaca
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional		
<b>Centro de estudio y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos / EPN.		
<b>RESULTADOS</b>			
<b>Carga máxima:</b>	2420 Lbf	<b>Resistencia a la tracción:</b>	61.5 Ksi
	10756 N		424.1 Mpa
<b>Ancho promedio:</b>	6.45 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.94 mm
<p><b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b></p>  <p>Probeta 0.1.5 hierro fundido nodular, material base.</p>			
<b>OBSERVACIONES:</b>			

#### 4.1.6 Ensayo de impacto del metal base.



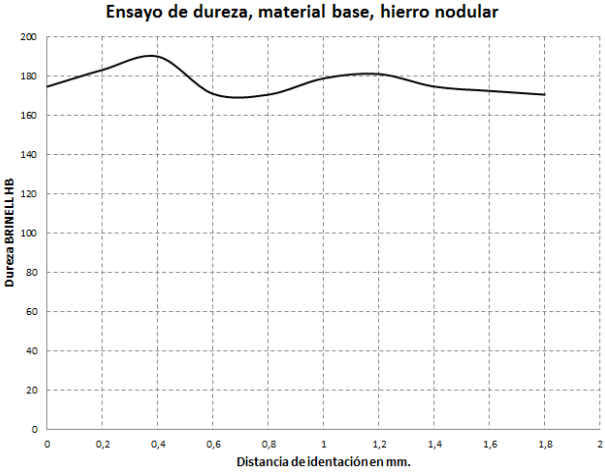

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>															
<b>ENSAYO DE IMPACTO CHARPY</b>		<b>E.M .N°010</b>														
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN:</b>																
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>N° de probeta:</b>	0,(1.2.3.4.5)													
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Fecha de elaboración:</b>	28/05/2014													
<b>Realizado por:</b>	Aldás Milton	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca													
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM														
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																
<b>Lugar:</b>	Campus Universitario Huachi Chico – UTA															
<b>Temperatura Ambiente:</b>	18.8° C	<b>Hora:</b>	8:50 AM													
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																
<b>Realizado bajo norma:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E23-02													
<b>Instrumento:</b>	Péndulo Charpy	<b>Capacidad de carga:</b>	335.4 joules													
<b>Método:</b>	Carga de rotura.	<b>Tipo de prueba:</b>	Impacto													
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>		Fresado														
<b>RESULTADO:</b>																
<table border="1"> <thead> <tr> <th># de Probetas</th> <th>Energía en (J)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>17.60</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>15.80</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>15.00</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>14.50</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>15.50</td> </tr> <tr> <td><b>Promedio</b></td> <td><b>15.68</b></td> </tr> </tbody> </table>	# de Probetas	Energía en (J)	1	17.60	2	15.80	3	15.00	4	14.50	5	15.50	<b>Promedio</b>	<b>15.68</b>	<b>CURVA DE IMPACTO CHARPY MATERIAL BASE.</b> 	
# de Probetas	Energía en (J)															
1	17.60															
2	15.80															
3	15.00															
4	14.50															
5	15.50															
<b>Promedio</b>	<b>15.68</b>															
	<b>Energía de impacto promedio = 15.68 J.</b>															
<b>OBSERVACIONES:</b>																
<p>Los resultados del ensayo de impacto Charpy para el material base arrojaron los resultados que se indican en la figura dando como promedio energía de impacto promedio de 15.68J. En este ensayo la probeta sufre la ruptura completa quedando partida en dos partes.</p>																

#### 4.1.7 Ensayo de flexión del material base.

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>															
<b>ENSAYO DE FLEXIÓN GUIADO</b>		<b>E.M .N°011</b>														
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN:</b>																
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>N° de probeta:</b>	0,(1.2.3.4.5)													
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Fecha de elaboración:</b>	14/03/2014													
<b>Realizado por:</b>	Aldás Milton	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca													
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM														
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																
<b>Lugar:</b>	Campus Universitario Huachi Chico – UTA															
<b>Temperatura Ambiente:</b>	18.8° C	<b>Hora:</b>	9:15 AM													
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																
<b>Realizado bajo norma:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E190 – 92													
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad de carga:</b>	30 Tn.													
<b>Método:</b>	Carga de rotura.	<b>Tipo de prueba:</b>	Puntual.													
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>		Esmerilado.														
<b>RESULTADO:</b>																
<table border="1"> <thead> <tr> <th># de Probetas</th> <th>Carga Kgf</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>150.5</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>188.2</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>172.5</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>150.7</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>165.1</td> </tr> <tr> <td><b>Promedio</b></td> <td><b>165.4</b></td> </tr> </tbody> </table>	# de Probetas	Carga Kgf	1	150.5	2	188.2	3	172.5	4	150.7	5	165.1	<b>Promedio</b>	<b>165.4</b>		
# de Probetas	Carga Kgf															
1	150.5															
2	188.2															
3	172.5															
4	150.7															
5	165.1															
<b>Promedio</b>	<b>165.4</b>															
Carga de flexión promedio = 165.4 Kgf. = 1622.57 N.																
<b>OBSERVACIONES:</b>																
<p>Los resultados del ensayo de flexión para el material base arrojaron los resultados que se indican en la figura dando como promedio de carga a flexión 165.4 Kgf. Son muy buenos los resultados obtenidos debido a que al ser un material de hierro fundido tienden a ser muy frágiles.</p>																



#### 4.1.8 Ensayo de dureza del material base.

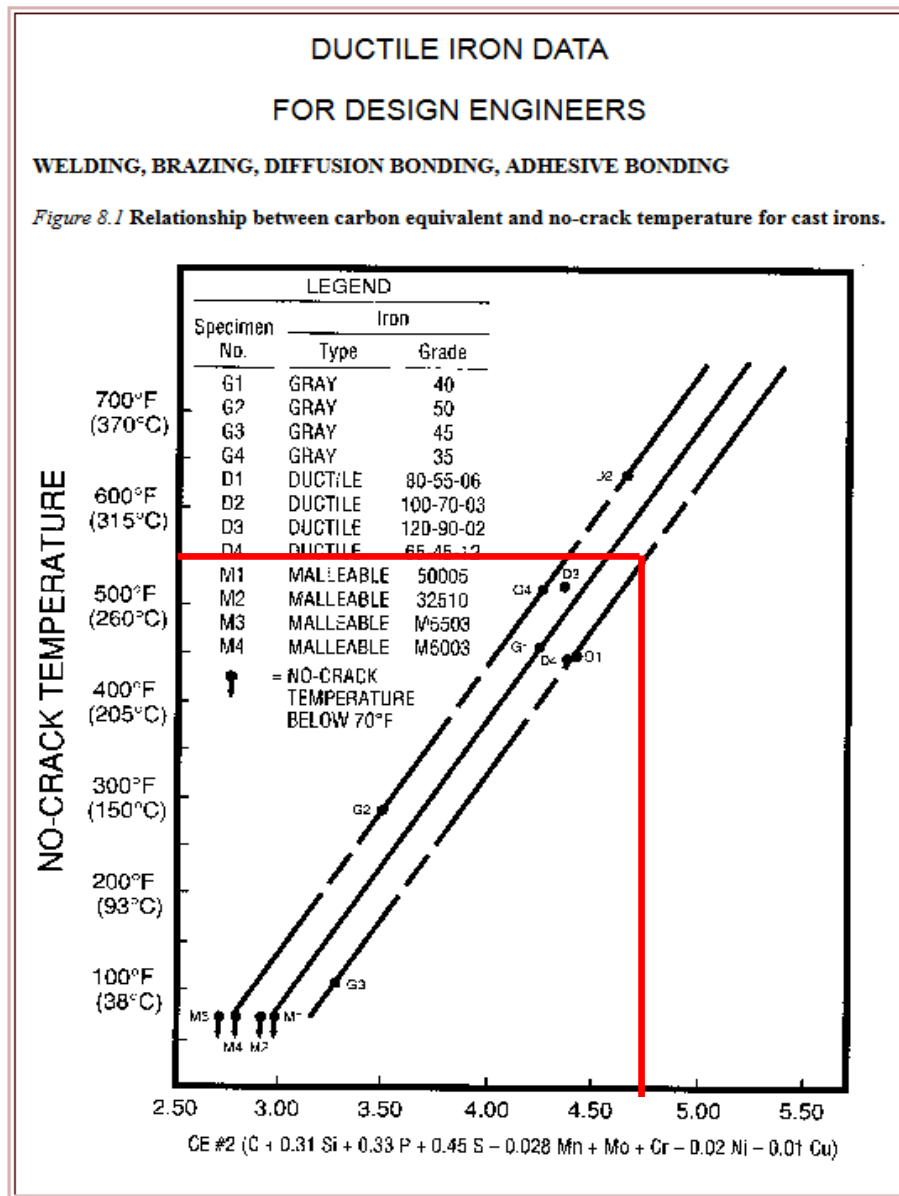
		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																																							
<b>ENSAYO DE DUREZA.</b>				<b>E.M .N°010</b>																																					
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN:</b>																																									
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>N° de probeta:</b>	0.1																																						
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Fecha de elaboración:</b>	21/03/2014																																						
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de materiales – FICM																																							
<b>Realizado por:</b>	Aldás Milton	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca																																						
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																																									
<b>Lugar:</b>		Campus Universitario Huachi Chico – UTA																																							
<b>Temperatura Ambiente:</b>		19.5° C	<b>Hora:</b>	15:40 PM																																					
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE DUREZA.</b>																																									
<b>Método:</b>		Rockwell	<b>Tipo:</b>	B																																					
<b>Carga aplicada:</b>		980 N	<b>Tipo de indentador:</b>	Esfera de acero 1/16 in																																					
<b>Tiempo de ensayo:</b>		15 min	<b>Rango de dureza:</b>	150 – 220 HB																																					
<b>RESULTADO:</b>																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Distancia mm</th> <th>Dureza HRB</th> <th>Dureza HB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.- 0</td><td>88</td><td>174.7</td></tr> <tr><td>2.- 0.2</td><td>90</td><td>183.2</td></tr> <tr><td>3.- 0.4</td><td>91.5</td><td>190</td></tr> <tr><td>4.- 0.6</td><td>87.1</td><td>171</td></tr> <tr><td>5.- 0.8</td><td>87</td><td>170.6</td></tr> <tr><td>6.- 1</td><td>89</td><td>178.9</td></tr> <tr><td>7.- 1.2</td><td>89.5</td><td>181.1</td></tr> <tr><td>8.- 1.4</td><td>88</td><td>174.7</td></tr> <tr><td>9.- 1.6</td><td>87.5</td><td>172.5</td></tr> <tr><td>10.- 1.8</td><td>87</td><td>170.6</td></tr> <tr><td><b>Promedio:</b></td><td><b>88.46</b></td><td><b>179.73</b></td></tr> </tbody> </table>			Distancia mm	Dureza HRB	Dureza HB	1.- 0	88	174.7	2.- 0.2	90	183.2	3.- 0.4	91.5	190	4.- 0.6	87.1	171	5.- 0.8	87	170.6	6.- 1	89	178.9	7.- 1.2	89.5	181.1	8.- 1.4	88	174.7	9.- 1.6	87.5	172.5	10.- 1.8	87	170.6	<b>Promedio:</b>	<b>88.46</b>	<b>179.73</b>	 <p style="text-align: center;">Ensayo de dureza, material base, hierro nodular</p>		
Distancia mm	Dureza HRB	Dureza HB																																							
1.- 0	88	174.7																																							
2.- 0.2	90	183.2																																							
3.- 0.4	91.5	190																																							
4.- 0.6	87.1	171																																							
5.- 0.8	87	170.6																																							
6.- 1	89	178.9																																							
7.- 1.2	89.5	181.1																																							
8.- 1.4	88	174.7																																							
9.- 1.6	87.5	172.5																																							
10.- 1.8	87	170.6																																							
<b>Promedio:</b>	<b>88.46</b>	<b>179.73</b>																																							
			<p>Dureza promedio = 88.46 HRB = 176.73 HB</p>																																						
<b>OBSERVACIONES:</b>																																									
<p>La dureza obtenida del ensayo realizado es 176.73 HB, esta dureza se encuentra dentro del rango de durezas mencionado según la norma <b>ASTM A536</b> de la <b>IRON CAST SECTION VIII.</b> (anexo C3)</p>																																									

#### 4.1.9 Determinación del carbono equivalente.

Para determinar la cantidad de carbono equivalente utilizaremos la siguiente ecuación tomada de la DUCTIL IRON CAST. (Anexo C4).

$$CECI = \%C + 0.31 (\%Si) + 0.33 (\%P) + 0.45 (\%S) - 0.028 \%Mn + \%Mo + \%Cr - 0.02 (Ni) - 0.01 (\%Cu)$$

$$CECI = 3.770 + 0.31 (2.322) + 0.33 (0.014) + 0.45 (0.01) + 0.028 (0.167) + 0 + 0.031 - 0.02 (0.013) - 0.01 (0.011) = 4.534\%$$



**Figura 4.2** Temperatura de precalentamiento según el carbono equivalente.

**Fuente:** DUCTIL IRON CAST., 1999, p. 9.

De la figura 4.6 se determina la temperatura de precalentamiento según el porcentaje de carbono equivalente que sería, carbono equivalente 4.534% se traza una línea vertical hasta donde corta con las líneas específicas de hierro dúctil o nodular que para el material de este estudio corresponde las líneas con el subíndice  $D_1$  y  $D_4$  seguido se traza una línea horizontal y así se llega a determinar la temperatura adecuada de precalentamiento en este caso es de 290°C o 550°F, siendo esta la temperatura adecuada de precalentamiento para que no exista fisuras en la soldadura (NO – CRACK TEMPERATURE).

#### **4.1.10 Material de aporte.**

El material de aporte utilizado en la investigación presenta un resumen de propiedades tomadas de un catálogo de electrodos y especificada dentro de la norma AWS A 5.15 y con designación E Ni-CI el mismo que detalla las principales propiedades con que cuenta el material de aporte.

**Tipo de electrodo:** INDURA NI 99 (ASME IIC SFA 5.15/AWS A 5.15 = E Ni-CI)

- Electrodo manual con revestimiento de grafito y núcleo de níquel.
- Unión y reparación de todos los tipos de hierro fundido.

Características y campos de usos:

- Depósito maquinable.
- Fusión suave y fácil inicio y reinicio de arco
- El depósito de níquel especialmente diseñado para unión y reparación de hierro fundido. Éste entrega depósitos lisos y homogéneos, libres de porosidad (incluso en piezas contaminadas con aceite) y es de mayor resistencia y ductilidad que el metal base. Es de arco muy estable y fácil remoción de escoria, (Catalogo INDURA NI99, 2010, p.1-2)



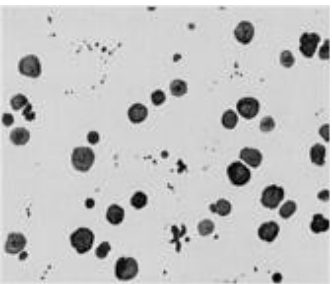
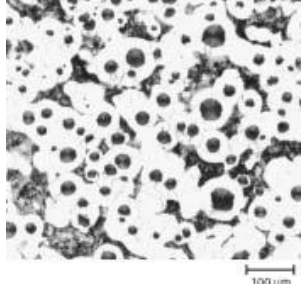
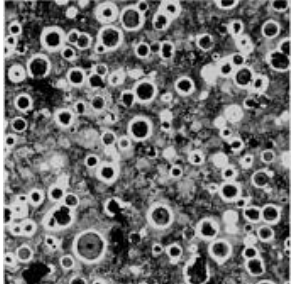
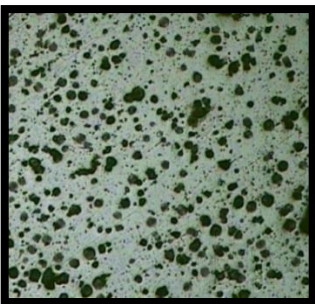
**Tabla 4.1 Propiedades del material de aporte catálogo. (Anexo A2).**

PRINCIPALES PROPIEDADES						
Denominación	MESSER: NI 99			AWS A5.15 E Ni – CI		
Composición química del material de aporte.	Carbono	C	0.74	Fosforo	P	0.006
	Manganeso	Mn	0.18	Azufre	S	0.003
	Silicio	Si	0.11	Cromo	Cr	0.10
	Hierro	Fe	2.70	Molibdeno	Mo	0.02
	Níquel	Ni	Balance	----		
Resistencia a la tracción máxima.	32.6 Ksi = 225MPa			Dureza metal depositado	160 HB	
Propiedades de maquinado.	Excelente maquinabilidad			Secado:	1 hora a 120°C	
Diámetros, mm:	2.4	3.2		4.0	4.8	
Longitud mm:	300	350		350	350	
Int., de Corr., A	50 – 80	80 – 110		100 – 140	120 – 160	
N° elect/ Kg	68	32		21	15	
Posición de soldadura						




Fuente: (Catalogo INDURA NI99, 2010, p.1-2)

#### 4.1.11 Comparación visual de las micrografías.



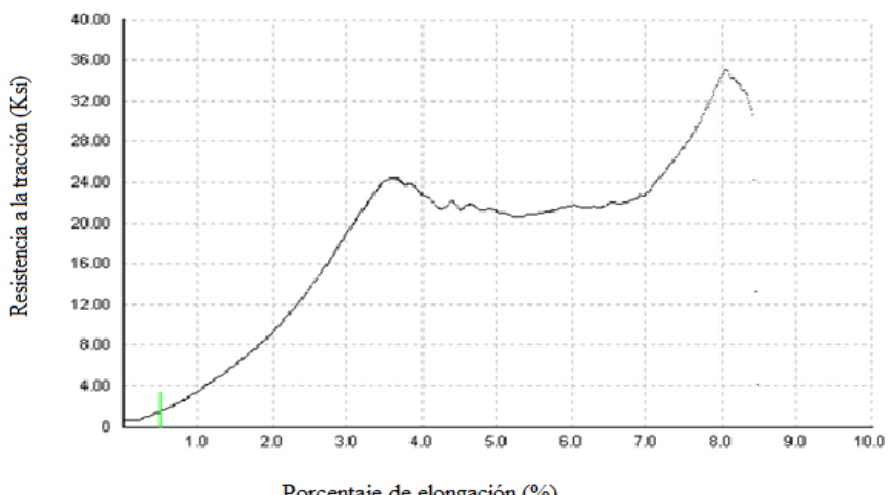
**Nota:** El grafito de la forma I o VI es por lo general el más deseable en hierro nodular, aunque la presencia de la forma V de grafito tiene poco o ningún efecto adverso sobre las propiedades. Formas de grafito representados por los tipos IV a VI a menudo se producen en hierro nodular y son los más comunes. (ASTM A247-67, 1998, p. 1)

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>	
<b>COMPARACIÓN VISUAL.</b>		<b>E.M. N°012</b>
		
Forma VI y Matriz Ferrítica a 100X	Forma VI y matriz Ferrítico perlítico a 100X	Forma V y matriz de cementita, ledeburita, perlita y ferrita a 100X.
<b>HIERRO FUNDIDO NODULAR (MICROGRAFÍA DEL MATERIAL BASE)</b>  <b>MAGNIFICADO A 100X</b>		
<b>CONCLUSIÓN:</b>		
<p>Con los análisis de laboratorio realizados se obtuvo las micrografías del material base de hierro fundido nodular el cual es el objeto de estudio, hemos tomado varias micrografías y analizado la misma, y se comparó visualmente con los diferentes tipos de grafito establecidos en (Metal Handbook Vol. 9, 2004, p.448-453) y se ha llegado a determinar que el material con el que se cuenta en esta investigación, es de la forma VI y matriz Ferrítica. <b>Anexo C3.</b></p>		

**4.1.12 Evaluación de las juntas soldadas de la unión de tubería de agua de hierro nodular con precalentamiento y dos tipos de junta.**

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>			
<b>ESPÉCIMEN DE SOLDADURA</b>				<b>E.M .N°013</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>					
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10		
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Denominación:</b>	Níquel 99		
<b>Tipo de soldadura:</b>	SMAW	<b>T. de precalentamiento</b>	200 °C – 350°C		
<b>Numero de probetas:</b>	5	<b>Forma de calentamiento:</b>	Uso de fragua.		
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	06 - 08/11/2013		
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca		
<b>Centro de estudios y análisis:</b>		Laboratorio de materiales FICM			
<b>DETALLES:</b>					
<b>Dimensiones.</b>			<b>JUNTA DE SOLDADURA</b>		
<b>Espesor:</b>	6mm				
<b>Longitud:</b>	100mm				
<b>Diámetro:</b>	203mm				
<b>Preparación de probeta:</b>	torneado				
<b>Resistencia a la tracción:</b>	43.5.4 Mpa				
<b>Dureza:</b>	176.73 HB				
<b>Tipo de junta:</b>	En V de 60°				
<b># De probetas.</b>	<b>Material de aporte</b>	<b>T de precalentamiento</b>	<b>Enfriamiento.</b>		
5	ENiFe - CI	200°C	Enfriamiento en CAL.		
5	ENiFe - CI	250°C	Enfriamiento en CAL.		
5	ENiFe - CI	300°C	Enfriamiento en CAL.		
5	ENiFe - CI	350°C	Enfriamiento en CAL.		
<b>OBSERAVACIONES:</b>					
<p>El proceso de soldadura se realizara con la junta en V de 60° y una variación de temperatura de 200 a 350°C.</p>					

4.1.13 Ensayo de tracción de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 200 ° C, y electrodo ENiFe – CI.

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>			
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>				<b>E.M .N°014</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>					
<b>T de precalentamiento:</b>	200°C	<b># de probeta:</b>	1.1.1		
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014		
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW		
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca		
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.				
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional.				
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN</b>					
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01		
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 60°		
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm		
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.		
<b>RESULTADOS</b>					
<b>Carga máxima:</b>	1303 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	35.2 Ksi		
	5796 N		242.4 Mpa		
<b>Ancho promedio:</b>	6.02 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.98 mm		
<b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b>					
 <p>Resistencia a la tracción (Ksi)</p> <p>Porcentaje de elongación (%)</p>					
<p>Probeta 1.1.1 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 200°C.</p>					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
<p>La fractura se produjo en la junta soldada.</p>					



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**E.M .N°015**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN**

<b>T de precalentamiento:</b>	200°C	<b># de probeta:</b>	1.1.2
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional		
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.		

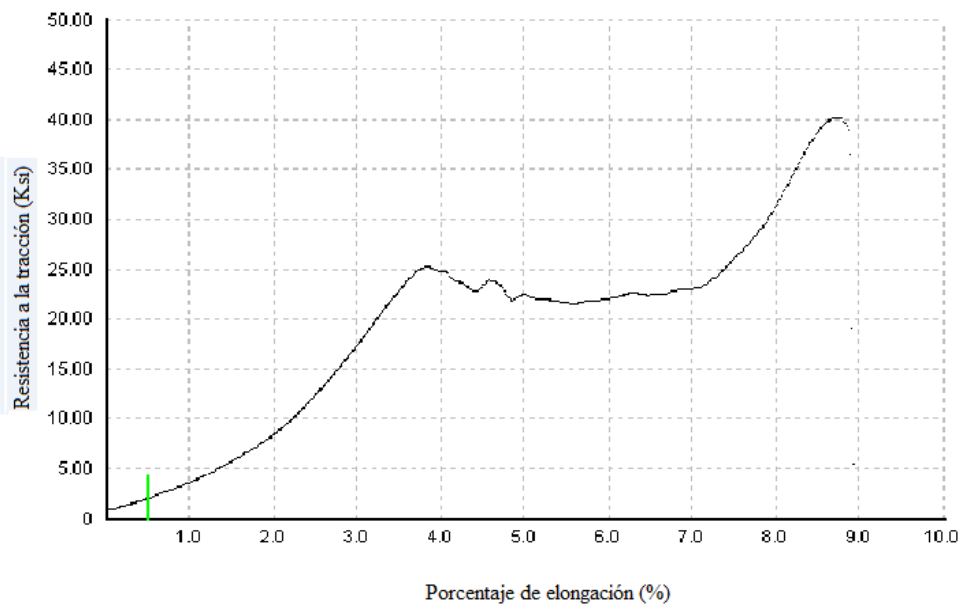
**PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN**

<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 60°
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.

**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	1420 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	40.2 Ksi
	6316 N		276.9 Mpa
<b>Ancho promedio:</b>	5.71 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	4 mm

**GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.**



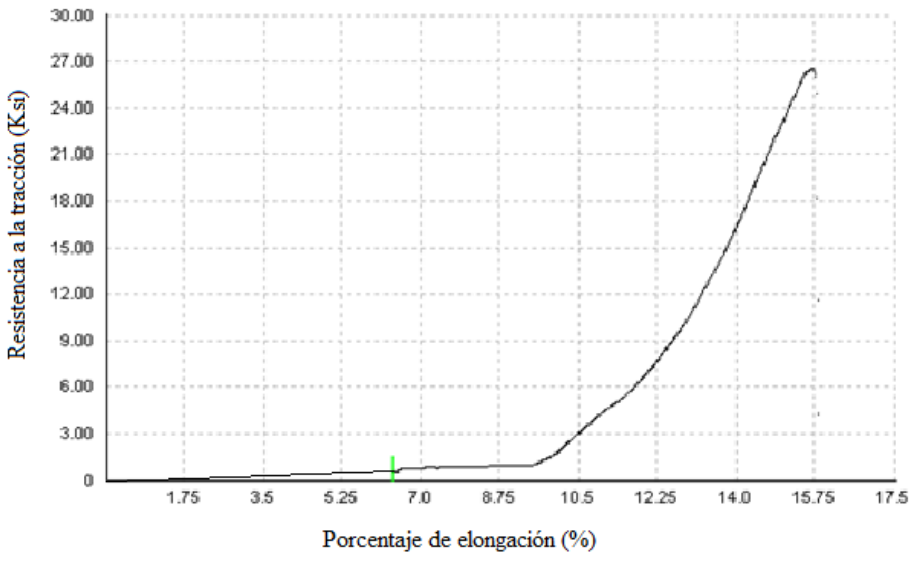




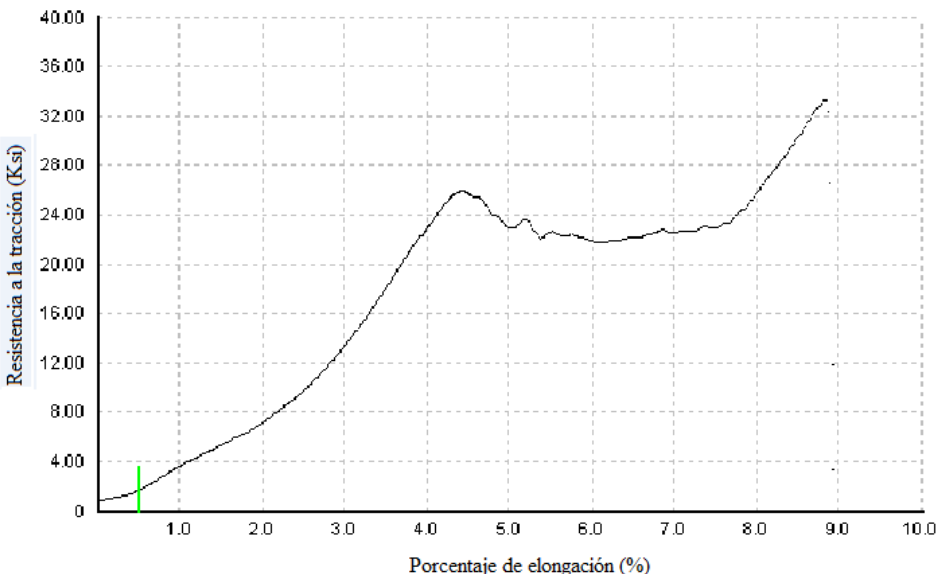
Probeta 1.1.2 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 200°C.

**OBSERVACIONES:**

La fractura se produjo en la junta soldada.



	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>		<b>E.M .N°016</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>			
<b>T de precalentamiento:</b>	200°C	<b># de probeta:</b> 1.1.3	
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b> 04/04/2014	
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b> SMAW	
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b> Ing. Mg. Henry Vaca	
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional		
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.		
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b> E8 – 01	
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b> En V de 60°	
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b> 3.2 mm	
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b> 30Tn.	
<b>RESULTADOS</b>			
<b>Carga máxima:</b>	840 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	26.5 Ksi
	3737 N		182.8 Mpa
<b>Ancho promedio:</b>	5.99 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.42 mm
<b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b>			
			
<p>Probeta 1.1.3 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 200°C.</p>			
<b>OBSERVACIONES:</b>			
<p>La fractura se produjo en la junta soldada.</p>			

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>			
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>				<b>E.M .N°017</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>					
<b>T de precalentamiento:</b>	200°C	<b># de probeta:</b>	1.1.4		
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014		
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW		
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca		
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional				
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.				
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN</b>					
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01		
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 60°		
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm		
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.		
<b>RESULTADOS</b>					
<b>Carga máxima:</b>	1164 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	33.3 Ksi		
	5178 N		229.6 Mpa		
<b>Ancho promedio:</b>	5.59 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	4.04 mm		
<b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b>					
 <p>Resistencia a la tracción (Ksi)</p> <p>Porcentaje de elongación (%)</p>					
<p>Probeta 1.1.4 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 200°C.</p>					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
<p>La fractura se produjo en la junta soldada.</p>					



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**E.M .N°018**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN**

<b>T de precalentamiento:</b>	200°C	<b># de probeta:</b>	1.1.5
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional		
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.		

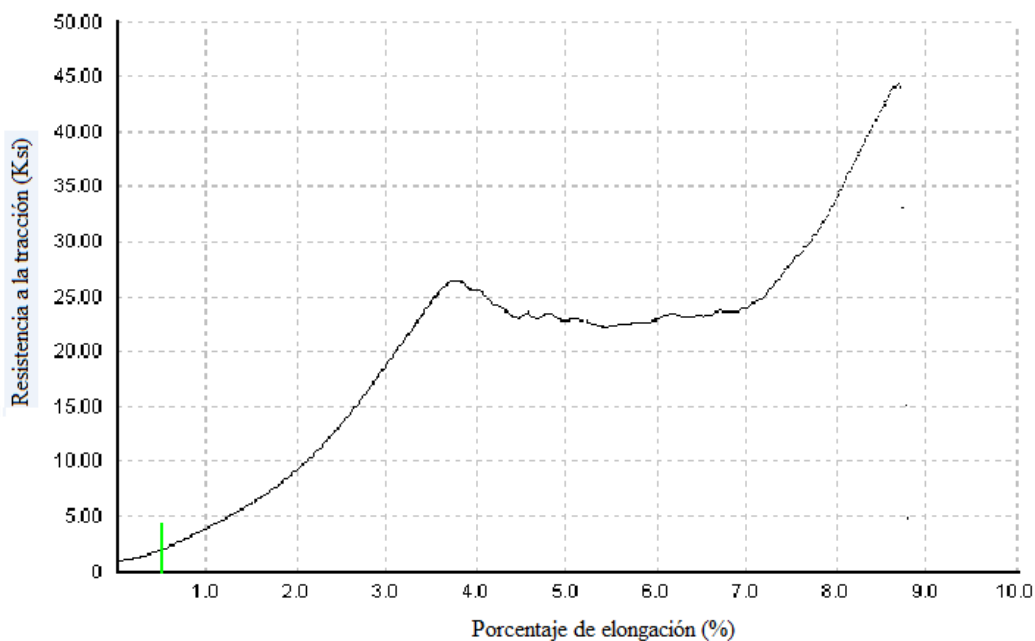
**PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN**

<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 60°
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.

**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	1533 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	44.3 Ksi
	6819 N		305.6 Mpa
<b>Ancho promedio:</b>	5.55 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	4.02 mm

**GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.**



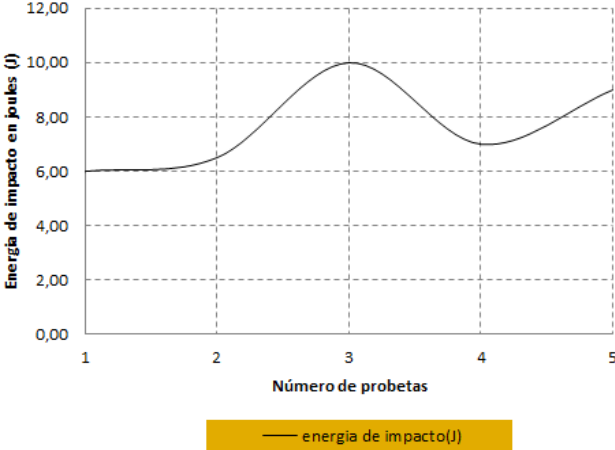



Probeta 1.1.5 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 200°C.



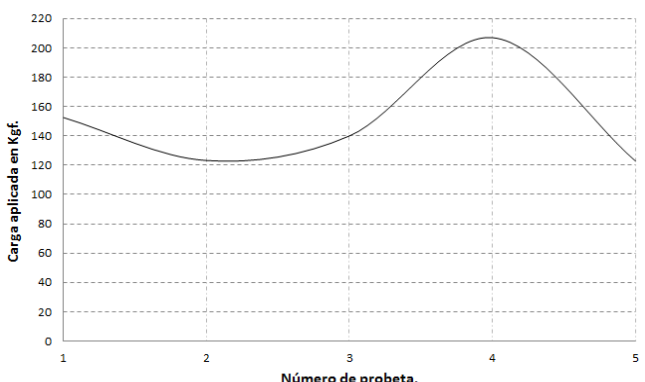
**OBSERVACIONES:**

La fractura se produjo en la junta soldada.



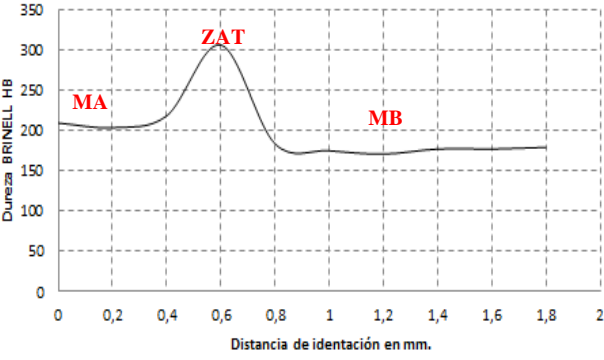

**4.1.14 Ensayo de impacto de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 200 ° C, y electrodo ENiFe – CI.**

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>															
<b>ENSAYO DE IMPACTO CHARPY</b>		<b>E.M .N°019</b>														
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN:</b>																
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>N° de probeta:</b>	1.1,(1.2.3.4.5)													
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Fecha de elaboración:</b>	28/05/2014													
<b>Realizado por:</b>	Aldás Milton	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca													
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM														
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																
<b>Lugar:</b>	Campus Universitario Huachi Chico – UTA															
<b>Temperatura Ambiente:</b>	18.8° C	<b>Hora:</b>	8:50 AM													
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																
<b>Realizado bajo norma:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E23-02													
<b>Instrumento:</b>	Péndulo Charpy	<b>Capacidad de carga:</b>	335.4 joules													
<b>Método:</b>	Carga de rotura.	<b>Tipo de prueba:</b>	Impacto													
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>		Fresado														
<b>RESULTADO:</b>																
<table border="1"> <thead> <tr> <th># de Probetas</th> <th>Energía en (J)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>6.00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>6.50</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>10.00</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>7.00</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>9.00</td> </tr> <tr> <td><b>Promedio</b></td> <td><b>7.70</b></td> </tr> </tbody> </table>	# de Probetas	Energía en (J)	1	6.00	2	6.50	3	10.00	4	7.00	5	9.00	<b>Promedio</b>	<b>7.70</b>	<p><b>CURVA DE IMPACTO CHARPY JUNTA SOLDADA EN V DE 60 CON PRECALENTAMIENTO DE 200°C.</b></p>  <p style="text-align: center;">Energía de impacto promedio = 7.70 J.</p>	
# de Probetas	Energía en (J)															
1	6.00															
2	6.50															
3	10.00															
4	7.00															
5	9.00															
<b>Promedio</b>	<b>7.70</b>															
																
<b>OBSERVACIONES:</b>																
<p>Los resultados del ensayo de impacto Charpy para la junta en V de 60° soldada con precalentamiento de 200°C indica un promedio energía de impacto promedio de 7.70J, esta se ha reducido en un 50.89% respecto de la energía del material base.</p>																



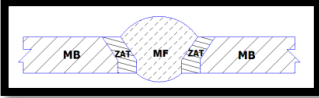
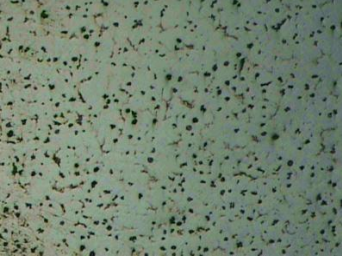
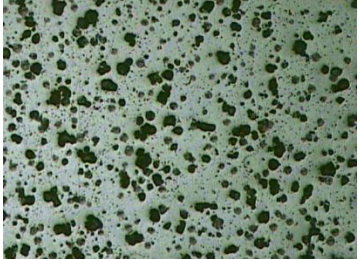
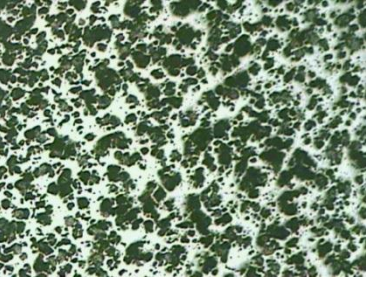
**4.1.15 Ensayo de flexión de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 200°C, y electrodo ENiFe – CI.**

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																	
<b>ENSAYO DE FLEXIÓN GUIADO</b>				<b>E.M .N°020</b>															
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>																			
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b># de probeta:</b>	1.1.(1,2,3,4,5)																
<b>T de precalentamiento:</b>	200°C	<b>Fecha:</b>	14/03/2014																
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Proceso:</b>	SMAW																
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Realizado por:</b>	Aldas Milton																
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca																
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM																	
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																			
<b>Lugar:</b>		Campus Universitario Huachi Chico – UTA																	
<b>Temperatura Ambiente:</b>		18.8° C	<b>Hora:</b>	9:15 AM															
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																			
<b>Realizado bajo norma:</b>		ASTM	<b>Designación:</b>	E190 – 92															
<b>Método:</b>	Carga de rotura.		<b>Tipo de prueba:</b>	De raíz de la soldadura.															
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal		<b>Capacidad de carga:</b>	30 Tn.															
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>			Esmerilado																
<b>RESULTADO:</b>																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #92d050;"> <th># de Probetas</th> <th>Carga Kgf</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>152.5</td></tr> <tr><td>2</td><td>123.2</td></tr> <tr><td>3</td><td>140</td></tr> <tr><td>4</td><td>189</td></tr> <tr><td>5</td><td>122.9</td></tr> <tr><td><b>Promedio</b></td><td><b>145.52</b></td></tr> </tbody> </table>		# de Probetas	Carga Kgf	1	152.5	2	123.2	3	140	4	189	5	122.9	<b>Promedio</b>	<b>145.52</b>	<p>Ensayo de flexión guiado para probetas soldadas con precalentamiento a 200°C y junta en V de 60°, hierro nodular</p> 			
# de Probetas	Carga Kgf																		
1	152.5																		
2	123.2																		
3	140																		
4	189																		
5	122.9																		
<b>Promedio</b>	<b>145.52</b>																		
Carga de flexión promedio = 149.12 Kgf. = 1461.38 N.																			
<b>OBSERVACIONES:</b>																			
Del análisis de flexión realizado tenemos un promedio de carga de 145.52 Kgf esta carga respecto de la carga soportada por el material base tiene un porcentaje de reducción del 12.02%.																			



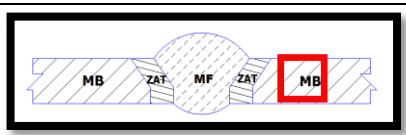
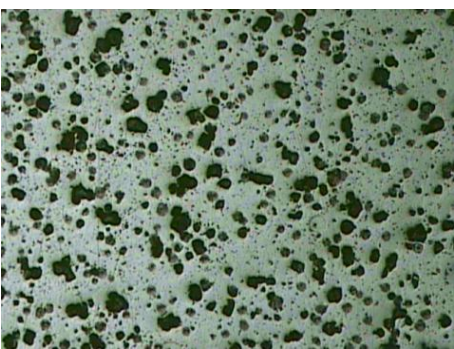
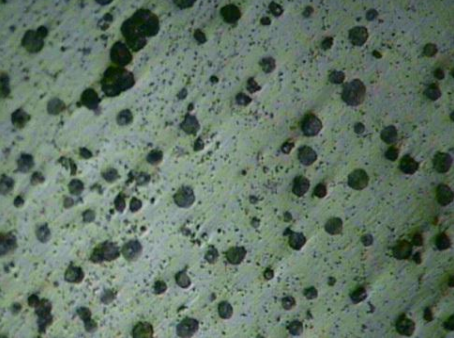
**4.1.16 Ensayo de dureza de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 200 ° C, y electrodo ENiFe – CI.**

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																																																			
<b>ENSAYO DE DUREZA</b>				<b>E.M .Nº021</b>																																																	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>																																																					
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b># de probeta:</b>	1.1.6																																																		
<b>T de precalentamiento:</b>	200°C	<b>Fecha:</b>	19/03/2014																																																		
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Proceso:</b>	SMAW																																																		
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Realizado por:</b>	Aldas Milton																																																		
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca																																																		
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM																																																			
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																																																					
<b>Lugar:</b>	Campus Universitario Huachi Chico – UTA																																																				
<b>Temperatura Ambiente:</b>	18.8° C	<b>Hora:</b>	9:15 AM																																																		
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																																																					
<b>Realizado bajo norma:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E10-01																																																		
<b>Método:</b>	Rowell	<b>Tipo:</b>	B																																																		
<b>Tiempo del ensayo:</b>	15 min	<b>Rango de dureza:</b>	170.6 – 305.6 HB																																																		
<b>Carga aplicada</b>	980 N	<b>Tipo de indentador:</b>	Esfera de acero de 1/16 in																																																		
<b>RESULTADO:</b>																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Zonas</th> <th>X mm</th> <th>Dureza HRB</th> <th>Dureza HB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>MA</td><td>0</td><td>95</td><td>209</td></tr> <tr><td>MA</td><td>0.2</td><td>94</td><td>203.3</td></tr> <tr><td>MA</td><td>0.4</td><td>96.5</td><td>217.8</td></tr> <tr><td>ZAT</td><td>0.6</td><td>107</td><td>305.7</td></tr> <tr><td>MB</td><td>0.8</td><td>90</td><td>183.2</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.0</td><td>88</td><td>174.7</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.2</td><td>87</td><td>170.6</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.4</td><td>88.5</td><td>176.8</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.6</td><td>88.5</td><td>176.8</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.8</td><td>89</td><td>178.9</td></tr> <tr><td><b>Promedio:</b></td><td></td><td><b>92.35</b></td><td><b>199.68</b></td></tr> </tbody> </table>		Zonas	X mm	Dureza HRB	Dureza HB	MA	0	95	209	MA	0.2	94	203.3	MA	0.4	96.5	217.8	ZAT	0.6	107	305.7	MB	0.8	90	183.2	MB	1.0	88	174.7	MB	1.2	87	170.6	MB	1.4	88.5	176.8	MB	1.6	88.5	176.8	MB	1.8	89	178.9	<b>Promedio:</b>		<b>92.35</b>	<b>199.68</b>	<p style="text-align: center;"><b>Ensayo de dureza, para probetas soldadas con precalentamiento a 200°C y junta en V de 60°, hierro nodular.</b></p>  <p style="text-align: center;">Dureza promedio = 92.5 HRB = 199.68 HB</p>			
Zonas	X mm	Dureza HRB	Dureza HB																																																		
MA	0	95	209																																																		
MA	0.2	94	203.3																																																		
MA	0.4	96.5	217.8																																																		
ZAT	0.6	107	305.7																																																		
MB	0.8	90	183.2																																																		
MB	1.0	88	174.7																																																		
MB	1.2	87	170.6																																																		
MB	1.4	88.5	176.8																																																		
MB	1.6	88.5	176.8																																																		
MB	1.8	89	178.9																																																		
<b>Promedio:</b>		<b>92.35</b>	<b>199.68</b>																																																		
																																																					
<b>OBSERVACIONES:</b>																																																					
La dureza obtenida del ensayo realizado es 199.68 HB, esta dureza se ha incrementado en un 12.99% respecto de la dureza del material base.																																																					

**4.1.17 Ensayo metalográfico de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 200 ° C, y electrodo ENiFe – CI.**

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO</b>			<b>E.M .N°022</b>
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPÉCIMEN.</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Precalentamiento</b>	200°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	06/02/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>		Laboratorio de Materiales FICM, “UTA”	
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Tiempo de ataque:</b>	N/A	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>		Lijado y pulido	
<b>Ataque químico</b>		Nital 2, Reactivo Níquel.	
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
		MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido	
			
MF		MB	
			
ZAT			
Junta soldada con precalentamiento a 200°C, 100X.			



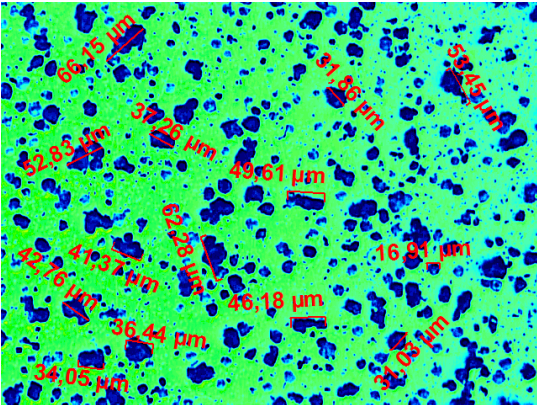
	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO, METAL BASE.</b>		<b>E.M .N°023</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Precalentamiento</b>	200°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	06/02/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"		
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Ataque químico</b>	Nital 2	<b>Acondicionamiento:</b>	Lijado y pulido
<b>Tiempo de ataque:</b>	2Seg.	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
	MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido		
			
METAL BASE 100X, Nital 2, 2Seg.			
			
METAL BASE 200X, Nital 2, 2Seg.			



<b>EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA DEL METAL BASE.</b>	<b>E.M .N°024</b>
---	-------------------

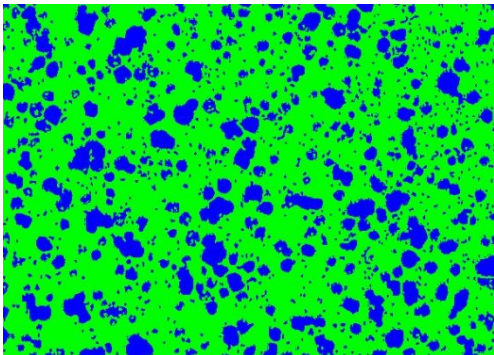
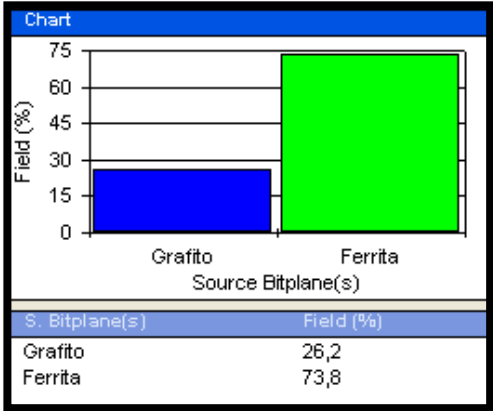
ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE GRANO DEL GRAFITO.	MICROESTRUCTURA A 100X.
---	-------------------------

<b>RESULTADOS DEL SOFTWARE.</b>	
---------------------------------	--

<p style="text-align: center;">Estadística del tamaño de grano.</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Estadística</td> <td style="width: 30%;">Tamaño de grano</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>66.15</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>6.75</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>38.21</td> <td>µm</td> </tr> </table> <p style="text-align: center; color: red;">Según la ASTM A 247</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fundición nodular</td> <td style="width: 30%;">Tipo VI</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td>Forma del grafito</td> <td>nodular</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tamaño</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Matriz</td> <td>Ferritica</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Distribución</td> <td>Spiky Graphite</td> <td></td> </tr> </table>	Estadística	Tamaño de grano		Máximo	66.15	µm	Mínimo	6.75	µm	Promedio	38.21	µm	Fundición nodular	Tipo VI		Forma del grafito	nodular		Tamaño	5		Matriz	Ferritica		Distribución	Spiky Graphite		 <p style="text-align: center;">Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldada con precalentamiento a 200°C, material base, nital 2, 2Seg.</p>
Estadística	Tamaño de grano																											
Máximo	66.15	µm																										
Mínimo	6.75	µm																										
Promedio	38.21	µm																										
Fundición nodular	Tipo VI																											
Forma del grafito	nodular																											
Tamaño	5																											
Matriz	Ferritica																											
Distribución	Spiky Graphite																											



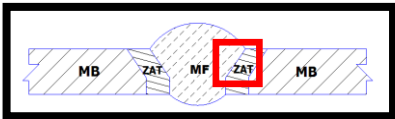
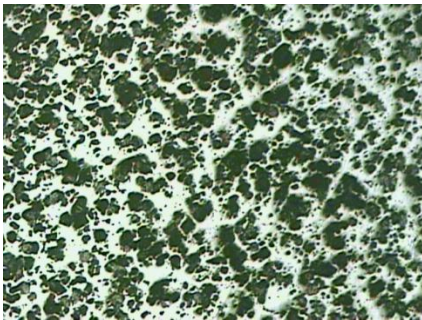
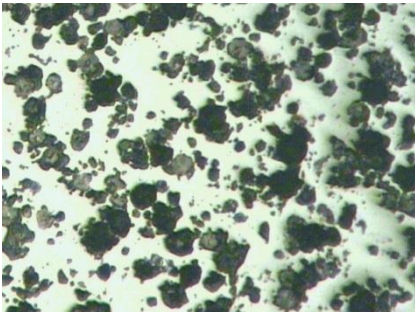
Componentes:	Grafito esferoidal en matriz de ferrita.
--------------	--



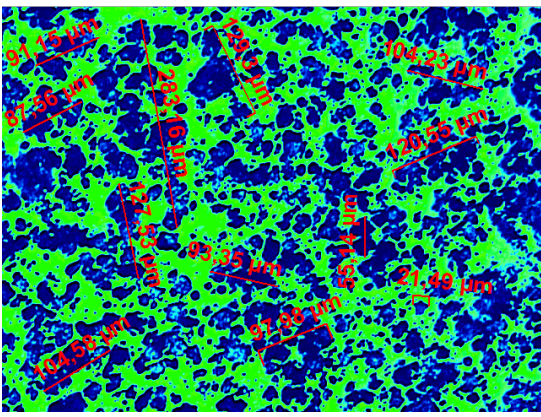
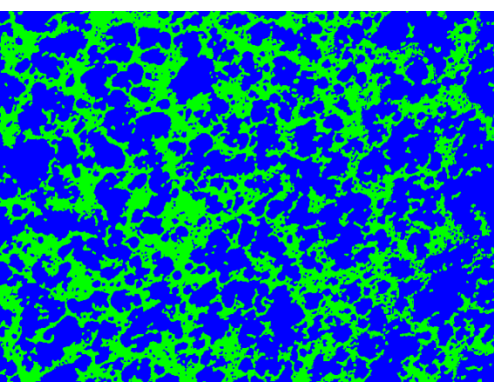

Componentes microestructurales:	Porcentajes:
---------------------------------	--------------



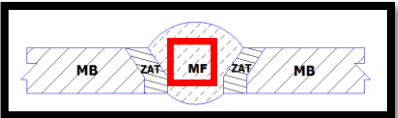
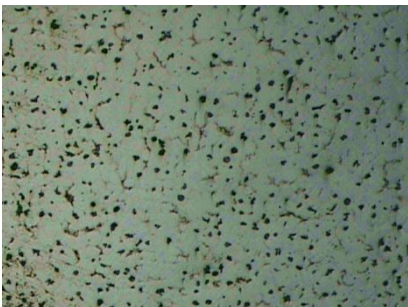
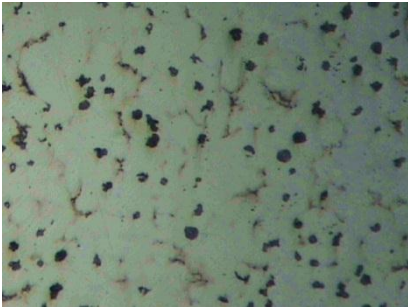
 <p style="text-align: center;">Imagen Magnificada a 100X</p>	 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grafito</td> <td>26,2</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>73,8</td> </tr> </tbody> </table>	S. Bitplane(s)	Field (%)	Grafito	26,2	Ferrita	73,8
S. Bitplane(s)	Field (%)						
Grafito	26,2						
Ferrita	73,8						

<b>INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>
-------------------------------------

En la micrografía analizada presenta los siguientes resultados el porcentaje de grafito esferoidal es del 26.2% con una matriz Ferritica del 73.8%, según la NORMA ASTM A247 la evaluación del grafito es del tipo VI con una forma nodular y una distribución aleatoria, el tamaño del grafito es de tipo 5 (6 – 12 mm).

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO DE LA ZAT.</b>		<b>E.M .N°025</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Pre calentamiento</b>	200°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	06/02/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>		Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"	
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Ataque químico</b>	Nital 2	<b>Acondicionamiento:</b>	Lijado y pulido
<b>Tiempo de ataque:</b>	2Seg.	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
	MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido		
			
ZAT, 100X, Nital 2, 2Seg.			
			
ZAT, 200X, Nital 2, 2Seg.			

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																												
<b>EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ZAT.</b>		<b>E.M .N°026</b>																											
<b>ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE GRANO DEL GRAFITO.</b>	<b>MICROESTRUCTURA A 100X.</b>																												
<b>RESULTADOS DEL SOFTWARE.</b>																													
<p style="text-align: center;">Estadística del tamaño de grano.</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Estadística</td> <td style="width: 40%;">Tamaño de grano</td> <td style="width: 30%;"></td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>238.16</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>21.49</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>109.67</td> <td>µm</td> </tr> </table> <p style="text-align: center; color: red;">Según la ASTM A 247</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fundición nodular</td> <td style="width: 40%;">Tipo VI</td> <td style="width: 30%;"></td> </tr> <tr> <td>Forma del grafito</td> <td>Nodular</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tamaño</td> <td>3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Matriz</td> <td>Ferrítica</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Distribución</td> <td>Spiky Graphite</td> <td></td> </tr> </table>	Estadística	Tamaño de grano		Máximo	238.16	µm	Mínimo	21.49	µm	Promedio	109.67	µm	Fundición nodular	Tipo VI		Forma del grafito	Nodular		Tamaño	3		Matriz	Ferrítica		Distribución	Spiky Graphite		 <p style="text-align: center;">Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldada con precalentamiento a 200°C, ZAT, nital 2, 2Seg.</p>	
Estadística	Tamaño de grano																												
Máximo	238.16	µm																											
Mínimo	21.49	µm																											
Promedio	109.67	µm																											
Fundición nodular	Tipo VI																												
Forma del grafito	Nodular																												
Tamaño	3																												
Matriz	Ferrítica																												
Distribución	Spiky Graphite																												
<b>Componentes:</b>	<b>Grafito esferoidal en matriz de ferrita.</b>																												
<b>Componentes microestructurales:</b>	<b>Porcentajes:</b>																												
 <p style="text-align: center;">Imagen Magnificada a 100X</p>	 <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grafito</td> <td>61,3</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>38,7</td> </tr> </tbody> </table>		S. Bitplane(s)	Field (%)	Grafito	61,3	Ferrita	38,7																					
S. Bitplane(s)	Field (%)																												
Grafito	61,3																												
Ferrita	38,7																												
<b>INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>																													
<p>En la micrografía analizada presenta los siguientes resultados el porcentaje de grafito es del 61.3% con una matriz Ferrítica del 38.7%, según la NORMA ASTM A247 la evaluación del grafito es del tipo IV - V con una forma de nódulos distorsionados (spiky graphite) y una aparición mayoritaria en la intercara de la soldadura, el tamaño del grafito es de tipo 3 (25 - 50 mm).</p>																													

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO DEL METAL FUNDIDO</b>		<b>E.M .N°027</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Pre calentamiento</b>	200°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	06/02/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>		Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"	
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Ataque químico:</b>	Aleaciones de Niquel.	<b>Acondicionamiento:</b>	Lijado y pulido
<b>Tiempo de ataque:</b>	10 Seg.	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
	MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido		
			
MF, AWS A5.15 ENiFe-CI, 100X, Aleaciones de Niquel, 10 Seg.			
			
MF, AWS A5.15 ENiFe-CI, 200X, Aleaciones de Niquel, 10 Seg.			





**RESULTADOS DEL SOFTWARE.**

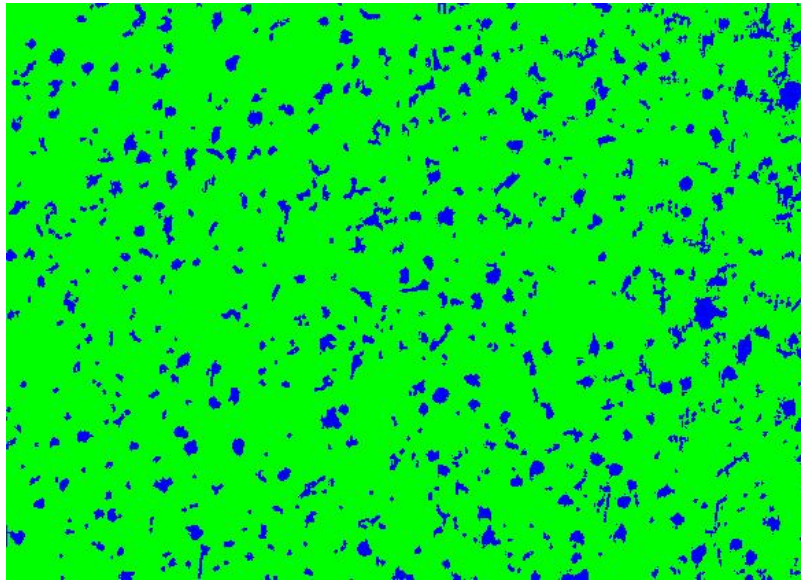
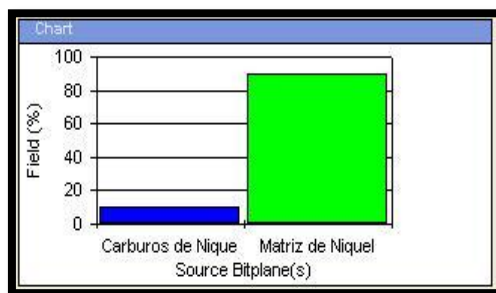


Imagen magnificada a 100X  
Soldadura con precalentamiento 200°C, Metal fundido  
(Cordón de soldadura)

Componentes:

Porcentajes:



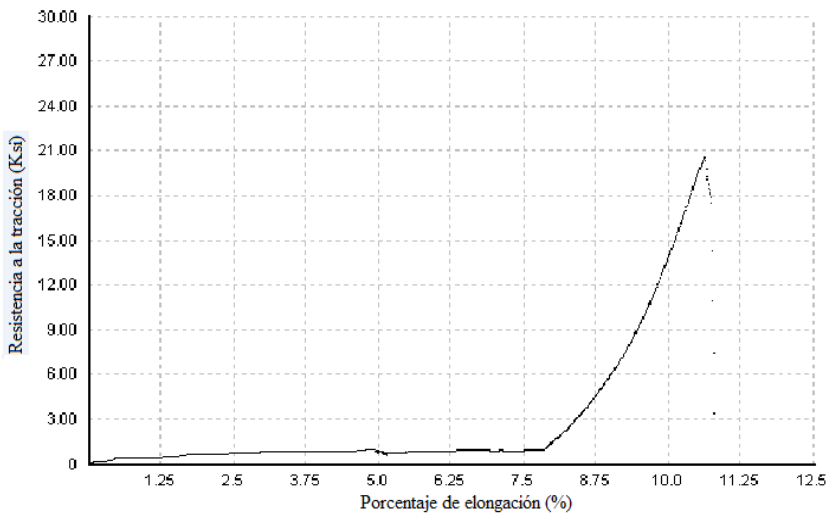


S. Bitplane(s)	Field (%)
Carburos de Nique	10,4
Matriz de Niquel	89,6

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

En la micrografía analizada presenta los siguientes resultados el porcentaje de carburos de níquel es de 10.4% en una matriz de níquel de 89.6% y pequeñas inclusiones de carbono las mismas que se encuentran en forma de pequeños nódulos de grafito.

**4.1.18 Ensayo de tracción de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 250 ° C, y electrodo ENiFe – CI.**

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>			
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>				<b>E.M .Nº029</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>					
<b>T de precalentamiento:</b>	250°C	<b># de probeta:</b>	1.2.1		
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014		
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW		
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca		
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.	<b>Supervisado:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero		
		<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional		
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN</b>					
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01		
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 60°		
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm		
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.		
<b>RESULTADOS</b>					
<b>Carga máxima:</b>	581 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	20.5 Ksi		
	2584 N		141.7 Mpa		
<b>Ancho promedio:</b>	4.66 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.92 mm		
<b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b>					
					
Probeta 1.2.1 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 250°C.					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
La fractura se produjo en la junta soldada.					



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**E.M .N°030**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN**

<b>T de precalentamiento:</b>	250°C	<b># de probeta:</b>	1.2.2
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional		
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.		

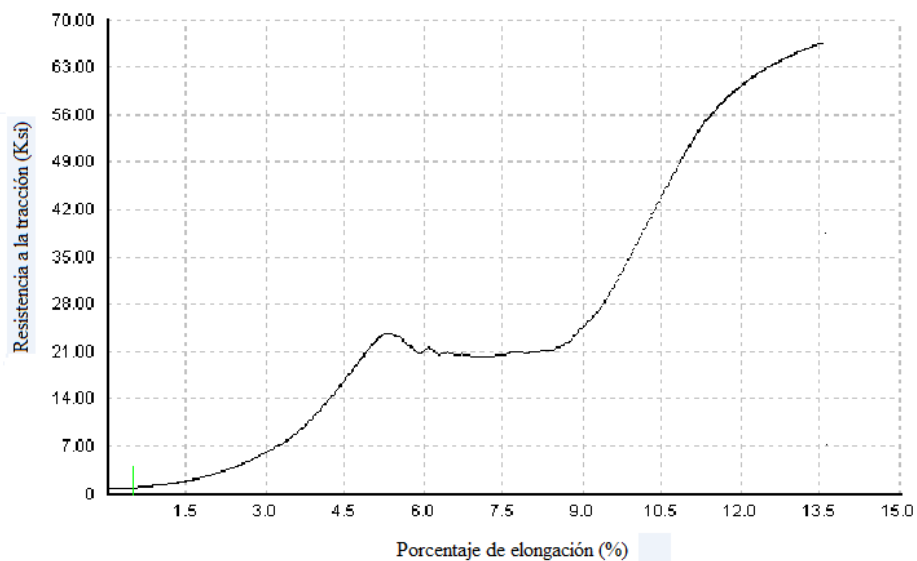
**PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN**

<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 60°
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.

**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	2490 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	66.6 Ksi
	11.076 N		459 Mpa
<b>Ancho promedio:</b>	6.04 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	4 mm

**GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.**



Probeta 1.2.2 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 250°C.

**OBSERVACIONES:**

La fractura se produjo en el metal base.



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**E.M .N°031**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN**

<b>T de precalentamiento:</b>	250°C	<b># de probeta:</b>	1.2.3
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional		
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.		

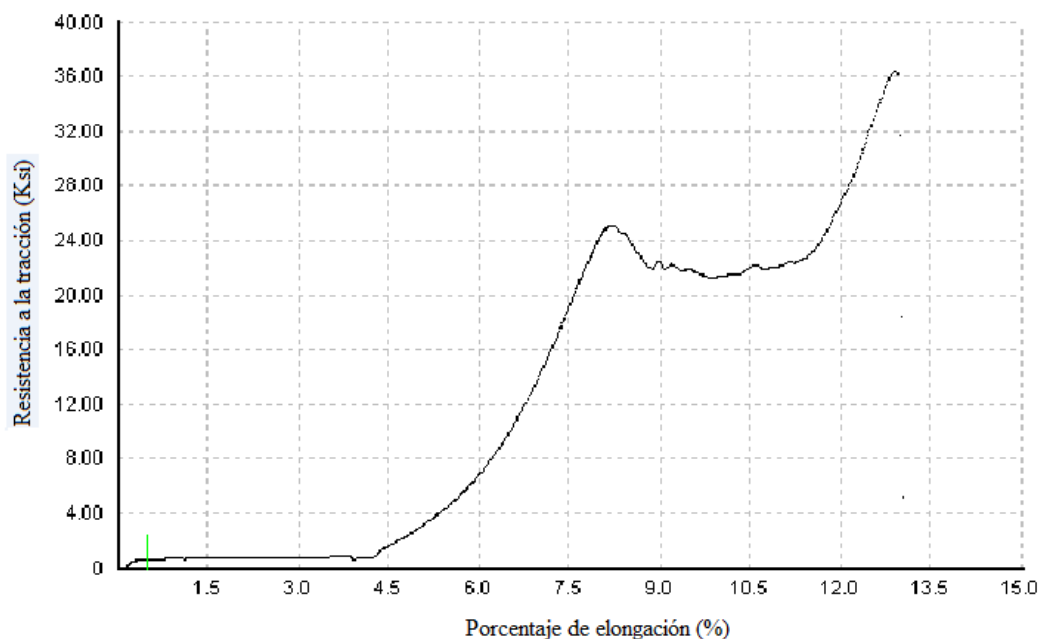
**PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN**

<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 60°
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.

**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	1299 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	36.4 Ksi
	5778 N		251.1 Mpa
<b>Ancho promedio:</b>	5.73 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	4.02 mm

**GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.**



Probeta 1.2.3 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 250°C.

**OBSERVACIONES:**

La fractura se produjo en la junta soldada





**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**E.M .N°032**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN**

<b>T de precalentamiento:</b>	250°C	<b># de probeta:</b>	1.2.4
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional		
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.		

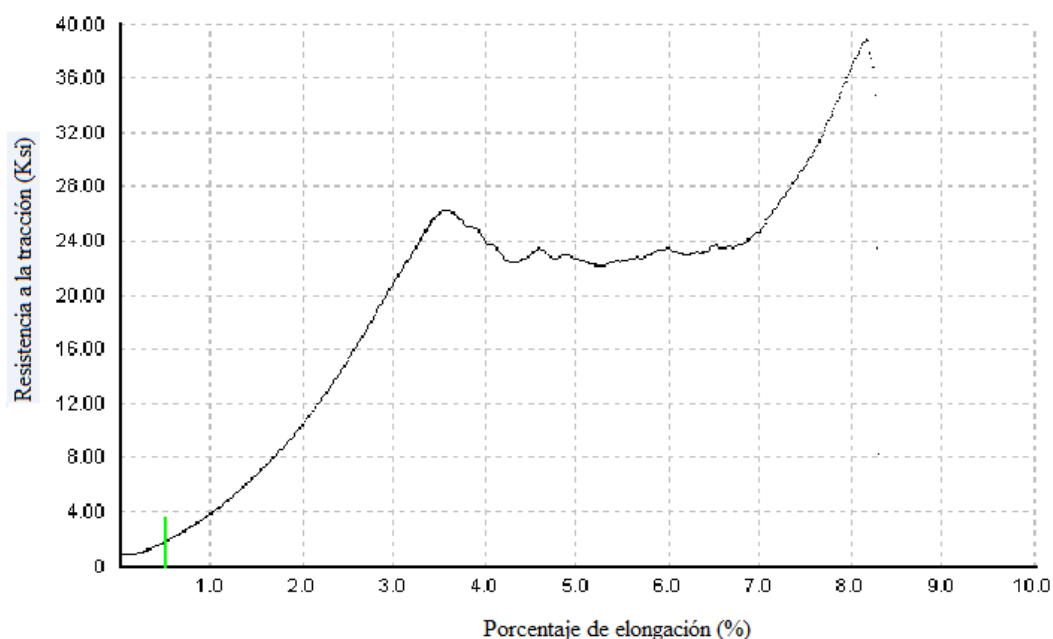
**PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN**

<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 60°
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.

**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	1342 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	38.9 Ksi
	5970 N		2680 Mpa
<b>Ancho promedio:</b>	5.69 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.92 mm



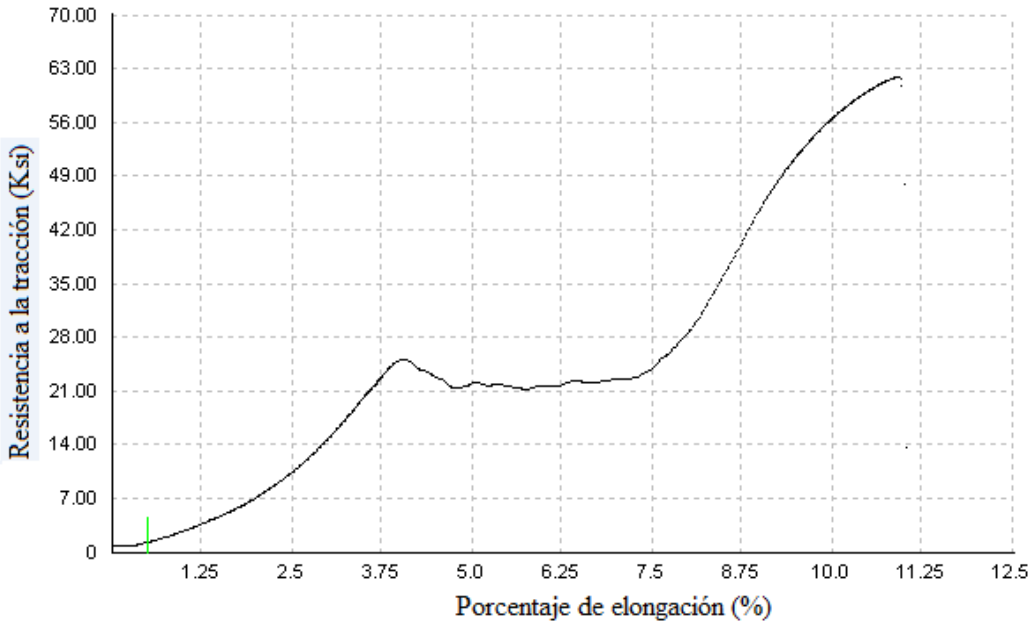
**GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.**





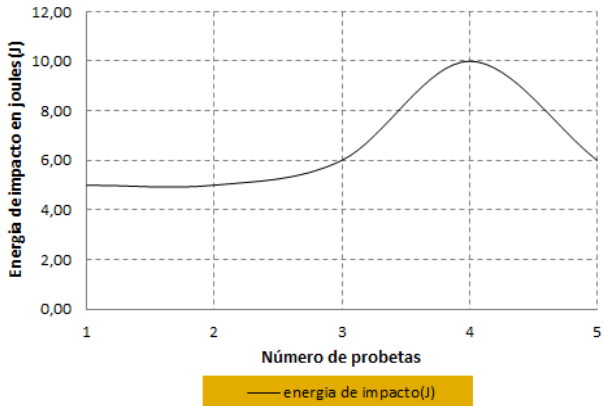

Probeta 1.2.4 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 250°C.

**OBSERVACIONES:**



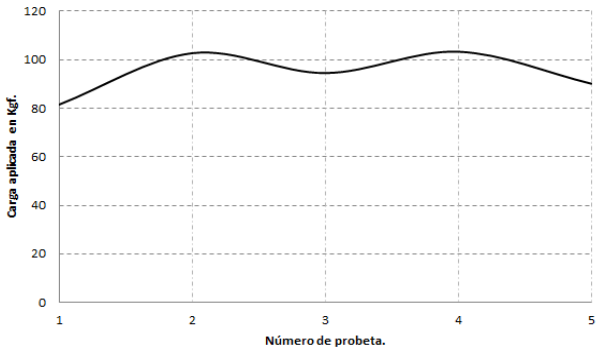
La fractura se produjo en la junta soldada

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>			
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>				<b>E.M .N°033</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>					
<b>T de precalentamiento:</b>	250°C	<b># de probeta:</b>	1.2.5		
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014		
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW		
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca		
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional				
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.				
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN</b>					
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01		
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 60°		
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm		
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.		
<b>RESULTADOS</b>					
<b>Carga máxima:</b>	2210 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	61.9 Ksi		
	9831 N		427 Mpa		
<b>Ancho promedio:</b>	5.64 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	4.09 mm		
<b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b>					
 <p>Resistencia a la tracción (K.sí)</p> <p>Porcentaje de elongación (%)</p>					
<p>Probeta 1.2.5 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 250°C.</p>					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
<p>La fractura se produjo en la junta soldada</p>					



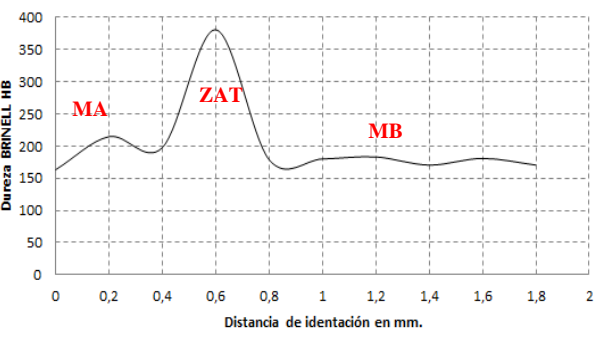

**4.1.19 Ensayo de impacto de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 250°C, y electrodo ENiFe – CI**

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																
<b>ENSAYO DE IMPACTO CHARPY</b>			<b>E.M .N°010</b>														
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN:</b>																	
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>N° de probeta:</b>	1,2,(1,2,3,4,5)														
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Fecha de elaboración:</b>	28/05/2014														
<b>Realizado por:</b>	Aldás Milton	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca														
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM															
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																	
<b>Lugar:</b>	Campus Universitario Huachi Chico – UTA																
<b>Temperatura Ambiente:</b>	18.8° C	<b>Hora:</b>	8:50 AM														
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																	
<b>Realizado bajo norma:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E23-02														
<b>Instrumento:</b>	Péndulo Charpy	<b>Capacidad de carga:</b>	335.4 Joules														
<b>Método:</b>	Carga de rotura.	<b>Tipo de prueba:</b>	Impacto														
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>		Fresado															
<b>RESULTADO:</b>																	
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #92d050;"># de Probetas</th> <th style="background-color: #92d050;">Energía en (J)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5.00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5.00</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>6.00</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>10.0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>6.00</td> </tr> <tr> <td><b>Promedio</b></td> <td><b>6.40</b></td> </tr> </tbody> </table>		# de Probetas	Energía en (J)	1	5.00	2	5.00	3	6.00	4	10.0	5	6.00	<b>Promedio</b>	<b>6.40</b>	<p style="text-align: center;"><b>CURVA DE IMPACTO CHARPY JUNTA SOLDADA EN V DE 60° CON PRECALENTAMIENTO DE 250°C.</b></p>  <p style="text-align: center;">Energía de impacto promedio = 6.40J.</p>	
# de Probetas	Energía en (J)																
1	5.00																
2	5.00																
3	6.00																
4	10.0																
5	6.00																
<b>Promedio</b>	<b>6.40</b>																
																	
<b>OBSERVACIONES:</b>																	
<p>Los resultados del ensayo de impacto Charpy para la junta en V de 60° soldada con precalentamiento de 250°C indica un promedio energía de impacto promedio de 6.40J, esta se ha reducido en un 59.18% respecto de la energía del material base.</p>																	



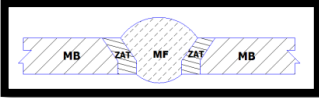
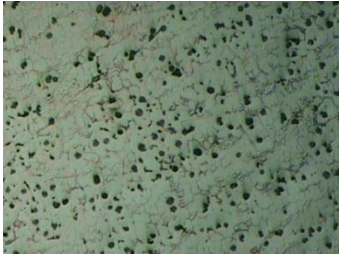
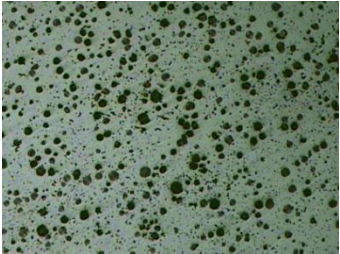
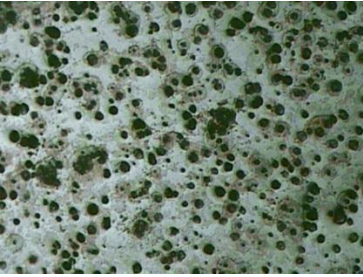
**4.1.20 Ensayo de flexión de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 250°C, y electrodo ENiFe – CI.**

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																
<b>ENSAYO DE FLEXIÓN GUIADO</b>		<b>E.M .N°035</b>															
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>																	
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b># de probeta:</b>	1.2.(1,2,3,4,5)														
<b>T de precalentamiento:</b>	250°C	<b>Fecha:</b>	14/03/2014														
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Proceso:</b>	SMAW														
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Realizado por:</b>	Aldas Milton														
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca														
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM															
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																	
<b>Lugar:</b>	Campus Universitario Huachi Chico – UTA																
<b>Temperatura Ambiente:</b>	18.8° C	<b>Hora:</b>	9:15 AM														
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																	
<b>Realizado bajo norma:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E190 – 92														
<b>Método:</b>	Carga de rotura.	<b>Tipo de prueba:</b>	De raíz de la soldadura.														
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad de carga:</b>	30 Tn.														
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>		Esmerilado															
<b>RESULTADO:</b>																	
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #92d050;"># de Probetas</th> <th style="background-color: #92d050;">Carga Kgf</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">81.5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">102.7</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">94.5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">103.3</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">90.1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>Promedio</b></td> <td style="text-align: center;"><b>94.42</b></td> </tr> </tbody> </table>	# de Probetas	Carga Kgf	1	81.5	2	102.7	3	94.5	4	103.3	5	90.1	<b>Promedio</b>	<b>94.42</b>	<p><b>Ensayo de flexión guiado para probetas soldadas con precalentamiento a 250°C y junta en V de 60°, hierro nodular</b></p> 		
# de Probetas	Carga Kgf																
1	81.5																
2	102.7																
3	94.5																
4	103.3																
5	90.1																
<b>Promedio</b>	<b>94.42</b>																
Carga de flexión promedio = 94.42Kgf. = 925.12 N.																	
<b>OBSERVACIONES:</b>																	
Del análisis de flexión realizado tenemos un promedio de carga de 94.42Kgf esta carga respecto de la carga soportada por el material base tiene un porcentaje de reducción del 42.91%.																	



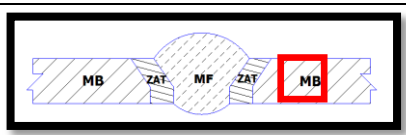
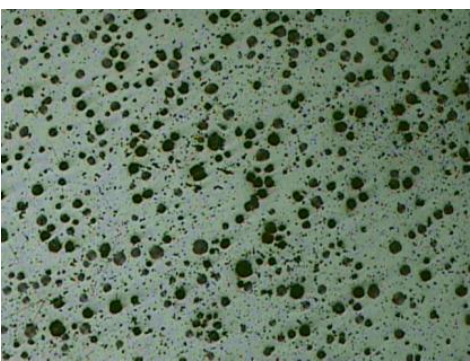
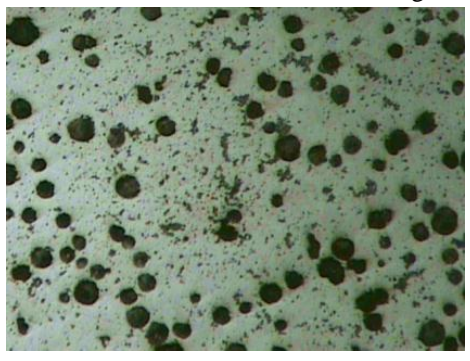
**4.1.21 Ensayo de dureza de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 250 ° C, y electrodo ENiFe – CI.**



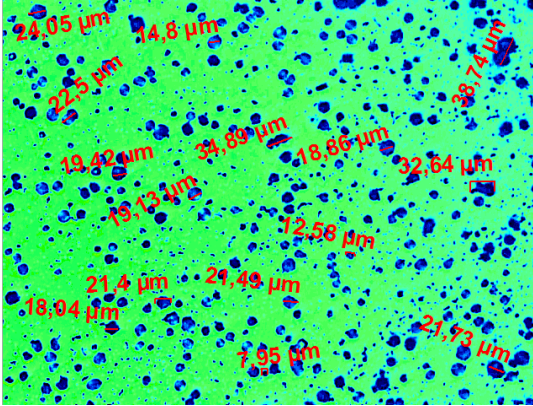
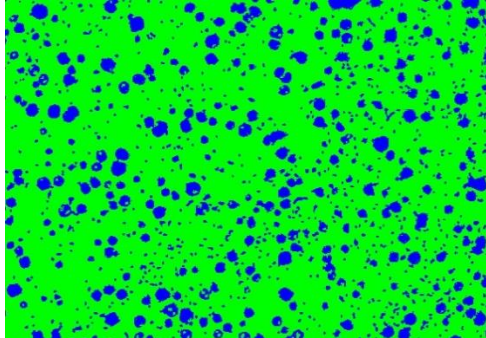
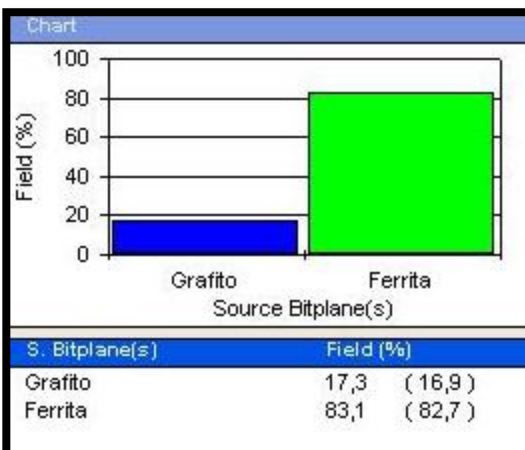
	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																																																		
<b>ENSAYO DE DUREZA</b>			<b>E.M .N°036</b>																																																
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>																																																			
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b># de probeta:</b>	1.2.6																																																
<b>T de precalentamiento:</b>	250°C	<b>Fecha:</b>	19/03/2014																																																
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Proceso:</b>	SMAW																																																
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Realizado por:</b>	Aldas Milton																																																
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca																																																
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM																																																	
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																																																			
<b>Lugar:</b>	Campus Universitario Huachi Chico – UTA																																																		
<b>Temperatura Ambiente:</b>	18.8° C	<b>Hora:</b>	9:15 AM																																																
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																																																			
<b>Realizado bajo norma:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E10-01																																																
<b>Método:</b>	Rowell	<b>Tipo:</b>	B																																																
<b>Tiempo del ensayo:</b>	15 min	<b>Rango de dureza:</b>	170.6 – 305.6 HB																																																
<b>Carga aplicada</b>	980 N	<b>Tipo de indentador:</b>	Esfera de acero de 1/16 in																																																
<b>RESULTADO:</b>																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Zonas</th> <th>X mm</th> <th>Dureza HRB</th> <th>Dureza HB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>MA</td><td>0</td><td>85.4</td><td>163.4</td></tr> <tr><td>MA</td><td>0.2</td><td>96</td><td>214.8</td></tr> <tr><td>MA</td><td>0.4</td><td>93</td><td>197.9</td></tr> <tr><td>ZAT</td><td>0.6</td><td>41HRC</td><td>380.8</td></tr> <tr><td>MB</td><td>0.8</td><td>89</td><td>178.9</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.0</td><td>89.3</td><td>180.1</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.2</td><td>90</td><td>183.2</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.4</td><td>87</td><td>170.6</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.6</td><td>89.5</td><td>181</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.8</td><td>87</td><td>170.6</td></tr> <tr> <td><b>Promedio:</b></td> <td></td> <td><b>91.77</b></td> <td><b>202.13</b></td> </tr> </tbody> </table>	Zonas	X mm	Dureza HRB	Dureza HB	MA	0	85.4	163.4	MA	0.2	96	214.8	MA	0.4	93	197.9	ZAT	0.6	41HRC	380.8	MB	0.8	89	178.9	MB	1.0	89.3	180.1	MB	1.2	90	183.2	MB	1.4	87	170.6	MB	1.6	89.5	181	MB	1.8	87	170.6	<b>Promedio:</b>		<b>91.77</b>	<b>202.13</b>	<p style="text-align: center;"><b>Ensayo de dureza, para probetas soldadas con precalentamiento a 250°C y junta en V de 60°, hierro nodular.</b></p> 		
Zonas	X mm	Dureza HRB	Dureza HB																																																
MA	0	85.4	163.4																																																
MA	0.2	96	214.8																																																
MA	0.4	93	197.9																																																
ZAT	0.6	41HRC	380.8																																																
MB	0.8	89	178.9																																																
MB	1.0	89.3	180.1																																																
MB	1.2	90	183.2																																																
MB	1.4	87	170.6																																																
MB	1.6	89.5	181																																																
MB	1.8	87	170.6																																																
<b>Promedio:</b>		<b>91.77</b>	<b>202.13</b>																																																
	Dureza promedio = 91.77 HRB = 202.13 HB																																																		
<b>OBSERVACIONES:</b>																																																			
La dureza obtenida del ensayo realizado es 202.13 HB, esta dureza se ha incrementado en un 14.37% respecto de la dureza del material base.																																																			

**4.1.22 Ensayo metalográfico de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 250°C, y electrodo ENiFe – CI.**



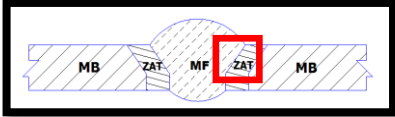
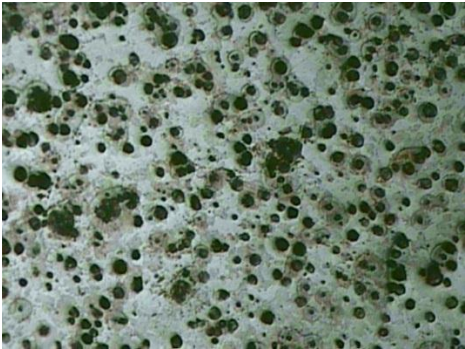
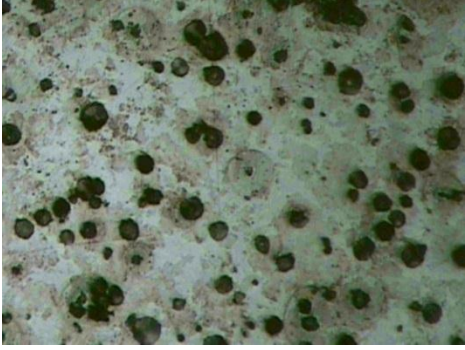
	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO</b>			<b>E.M .N°037</b>
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPÉCIMEN.</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Precalentamiento</b>	250°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	06/02/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>		Laboratorio de Materiales FICM, “UTA”	
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Tiempo de ataque:</b>	- - -	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>Ataque químico</b>		Nital 2, Reactivo Níquel.	
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>		Lijado y pulido	
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
		MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido	
			
MF		MB	
			
ZAT			
Junta soldada con precalentamiento a 250°C, 100X.			



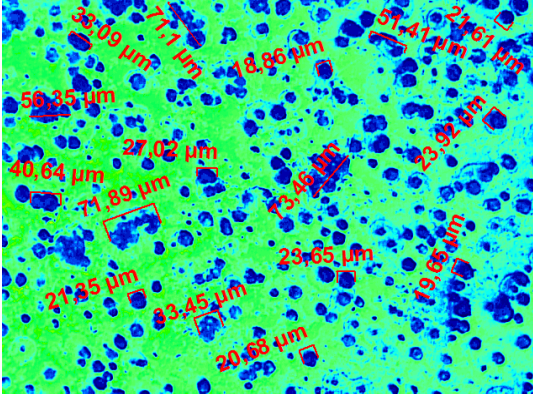
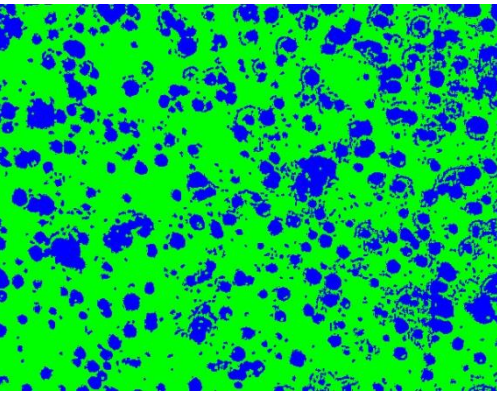
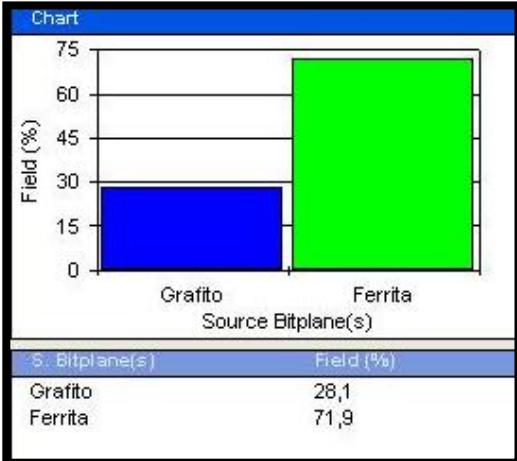




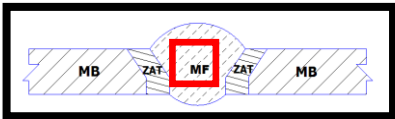
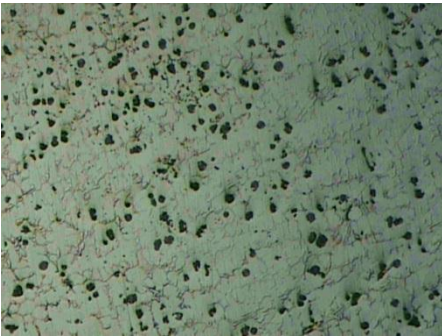
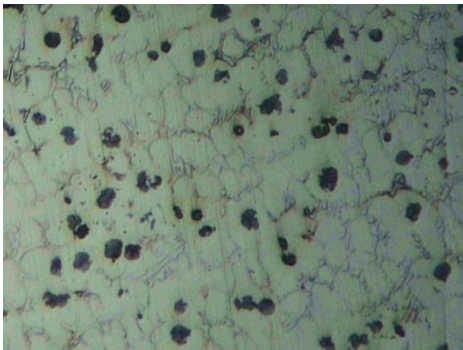
	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO, METAL BASE.</b>		<b>E.M .N°038</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Precalentamiento</b>	250°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	06/02/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"		
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Ataque químico:</b>	Nital 2	<b>Acondicionamiento:</b>	Lijado y pulido
<b>Tiempo de ataque:</b>	2Seg.	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
	MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido		
 <p>METAL BASE 100X, Nital 2, 2Seg.</p>  <p>METAL BASE 200X, Nital 2, 2Seg.</p>			

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																												
<b>EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA DEL METAL BASE.</b>		<b>E.M .Nº039</b>																											
<b>ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE GRANO DEL GRAFITO.</b>	<b>MICROESTRUCTURA A 100X.</b>																												
<b>RESULTADOS DEL SOFTWARE.</b>																													
<p style="text-align: center;">Estadística del tamaño de grano.</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Estadística</td> <td style="width: 30%;">Tamaño de grano</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>38.74</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>7.49</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>21.88</td> <td>µm</td> </tr> </table> <p style="text-align: center; color: red;">Según la ASTM A 247</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fundición nodular</td> <td style="width: 30%;">Tipo VI</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Forma del grafito</td> <td>Nodular</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tamaño</td> <td>6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Matriz</td> <td>Ferritica</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Distribución</td> <td>Spiky Graphite</td> <td></td> </tr> </table>	Estadística	Tamaño de grano		Máximo	38.74	µm	Mínimo	7.49	µm	Promedio	21.88	µm	Fundición nodular	Tipo VI		Forma del grafito	Nodular		Tamaño	6		Matriz	Ferritica		Distribución	Spiky Graphite		 <p style="text-align: center;">Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldada con precalentamiento a 250°C, material base, nital 2, 2Seg.</p>	
Estadística	Tamaño de grano																												
Máximo	38.74	µm																											
Mínimo	7.49	µm																											
Promedio	21.88	µm																											
Fundición nodular	Tipo VI																												
Forma del grafito	Nodular																												
Tamaño	6																												
Matriz	Ferritica																												
Distribución	Spiky Graphite																												
<b>Componentes:</b>	<b>Grafito esferoidal en matriz de ferrita.</b>																												
<b>Componentes microestructurales:</b>	<b>Porcentajes:</b>																												
 <p style="text-align: center;">Imagen Magnificada a 100X</p>	 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grafito</td> <td>17,3 (16,9)</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>83,1 (82,7)</td> </tr> </tbody> </table>		S. Bitplane(s)	Field (%)	Grafito	17,3 (16,9)	Ferrita	83,1 (82,7)																					
S. Bitplane(s)	Field (%)																												
Grafito	17,3 (16,9)																												
Ferrita	83,1 (82,7)																												
<b>INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>																													
<p>En la micrografía analizada presenta los siguientes resultados el porcentaje de grafito esferoidal es del 17.3% con una matriz Ferritica del 82.7%, según la NORMA ASTM A247 la evaluación del grafito es del tipo VI con una forma nodular y una distribución aleatoria spiky Graphite, el tamaño del grafito es de tipo 6 (3 – 6mm).</p>																													



	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO DE LA ZAT.</b>		<b>E.M .N°040</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Precalentamiento</b>	250°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	06/02/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"		
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Ataque químico:</b>	Nital 2	<b>Acondicionamiento:</b>	Lijado y pulido
<b>Tiempo de ataque:</b>	2Seg.	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
	MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido		
			
ZAT, 100X, Nital 2, 2Seg.			
			
ZAT, 200X, Nital 2, 2Seg.			

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																												
<b>EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ZAT.</b>		<b>E.M .N°041</b>																											
<b>ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE GRANO DEL GRAFITO.</b>	<b>MICROESTRUCTURA A 100X.</b>																												
<b>RESULTADOS DEL SOFTWARE.</b>																													
<p style="text-align: center;">Estadística del tamaño de grano.</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Estadística</td> <td style="width: 30%;">Tamaño de grano</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>73.46</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>13.19</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>37.99</td> <td>µm</td> </tr> </table> <p style="text-align: center; color: red;">Según la ASTM A 247</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fundición nodular</td> <td style="width: 30%;">Tipo VI</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Forma del grafito</td> <td>Nodular</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tamaño</td> <td>4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Matriz</td> <td>Ferrítica</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Distribución</td> <td>Spiky Graphite</td> <td></td> </tr> </table>	Estadística	Tamaño de grano		Máximo	73.46	µm	Mínimo	13.19	µm	Promedio	37.99	µm	Fundición nodular	Tipo VI		Forma del grafito	Nodular		Tamaño	4		Matriz	Ferrítica		Distribución	Spiky Graphite		 <p style="text-align: center;">Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldada con precalentamiento a 250°C, ZAT, nital 2, 2Seg.</p>	
Estadística	Tamaño de grano																												
Máximo	73.46	µm																											
Mínimo	13.19	µm																											
Promedio	37.99	µm																											
Fundición nodular	Tipo VI																												
Forma del grafito	Nodular																												
Tamaño	4																												
Matriz	Ferrítica																												
Distribución	Spiky Graphite																												
<b>Componentes:</b>	<b>Grafito esferoidal en matriz de ferrita.</b>																												
<b>Componentes microestructurales:</b>	<b>Porcentajes:</b>																												
 <p style="text-align: center;">Imagen Magnificada a 100X</p>	 <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th>S: Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grafito</td> <td>28,1</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>71,9</td> </tr> </tbody> </table>		S: Bitplane(s)	Field (%)	Grafito	28,1	Ferrita	71,9																					
S: Bitplane(s)	Field (%)																												
Grafito	28,1																												
Ferrita	71,9																												
<b>INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>																													
<p>En la micrografía analizada presenta los siguientes resultados el porcentaje de grafito esferoidal es del 26.9% con una matriz Ferrítica del 73.1%, según la NORMA ASTM A247 la evaluación del grafito es del tipo VI con una forma de nódulos distorsionados (spiky graphite) y una aparición mayoritaria en la intercara de la soldadura, el tamaño del grafito es de tipo 4 (12 – 25 mm).</p>																													

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>			
<b>ENSAYO METALOGRAFICO DEL METAL FUNDIDO</b>				<b>E.M .N°042</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>					
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10		
<b>Material de aporte:</b>	AWS A 5.15 ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Precalentamiento</b>	250°C		
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	06/02/14		
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca		
<b>Centro de estudios y análisis:</b>		Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"			
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>					
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3		
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C		
<b>Ataque químico:</b>	Aleaciones de Nikel.	<b>Acondicionamiento:</b>	Lijado y pulido		
<b>Tiempo de ataque:</b>	<b>10 Seg.</b>	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio		
<b>RESULTADOS</b>					
Zonas metalúrgicas de la soldadura.					
		MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido			
					
MF, AWS A5.15 ENiFe-CI, 100X, Aleaciones de Nikel, 10 Seg.					
					
MF, AWS A5.15 ENiFe-CI, 200X, Aleaciones de Nikel, 10 Seg.					



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ZAT.**

**E.M .N°043**

**RESULTADOS DEL SOFTWARE.**

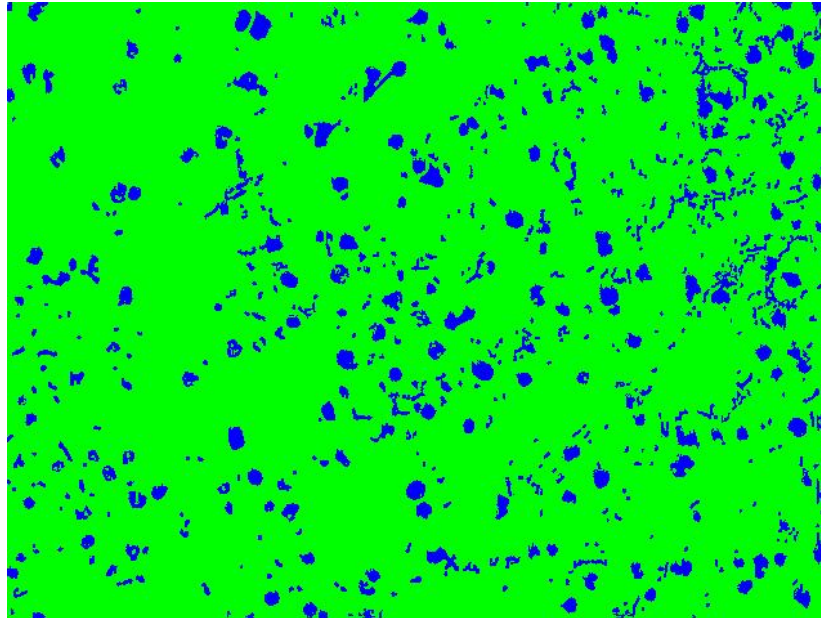
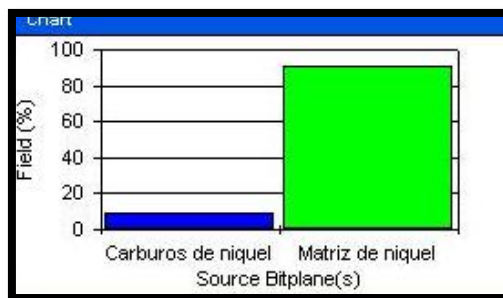


Imagen magnificada a 100X  
Soldadura con precalentamiento 250°C, Metal fundido  
(Cordón de soldadura)

Componentes:

Porcentajes:





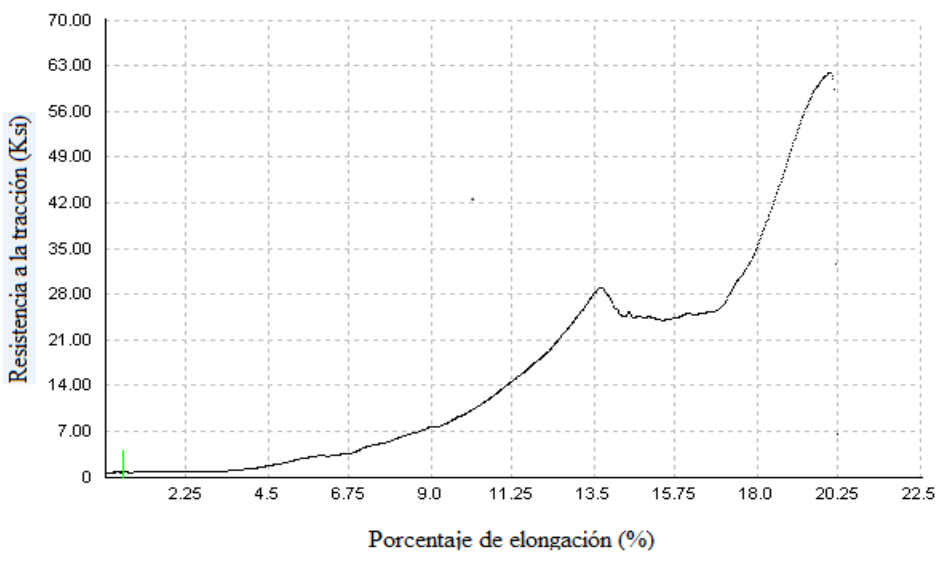
S. Bitplane(s)	Field (%)
Carburos de niquel	9,0
Matriz de niquel	91,0

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

En la micrografía analizada presenta los siguientes resultados el porcentaje de carburos de níquel es de 9% en una matriz de níquel de 91% y pequeñas inclusiones de carbono las mismas que se encuentran en forma de pequeños nódulos de grafito.



**4.1.23 Ensayo de tracción de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 300 °C, y electrodo ENiFe – CI.**

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>			
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>				<b>E.M .N°044</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>					
<b>T de precalentamiento:</b>	300°C	<b># de probeta:</b>	1.3.1		
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014		
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW		
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca		
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional				
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.				
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN</b>					
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01		
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 60°		
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm		
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.		
<b>RESULTADOS</b>					
<b>Carga máxima:</b>	1962 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	61.9 Ksi		
	8727 N		426.9 Mpa		
<b>Ancho promedio:</b>	5.09 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	4.02 mm		
<b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b>					
 <p>Resistencia a la tracción (Ksi)</p> <p>Porcentaje de elongación (%)</p>					
Probeta 1.3.1 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 300°C.					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
La fractura se produjo en el metal base.					



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.** **E.M .N°045**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN**

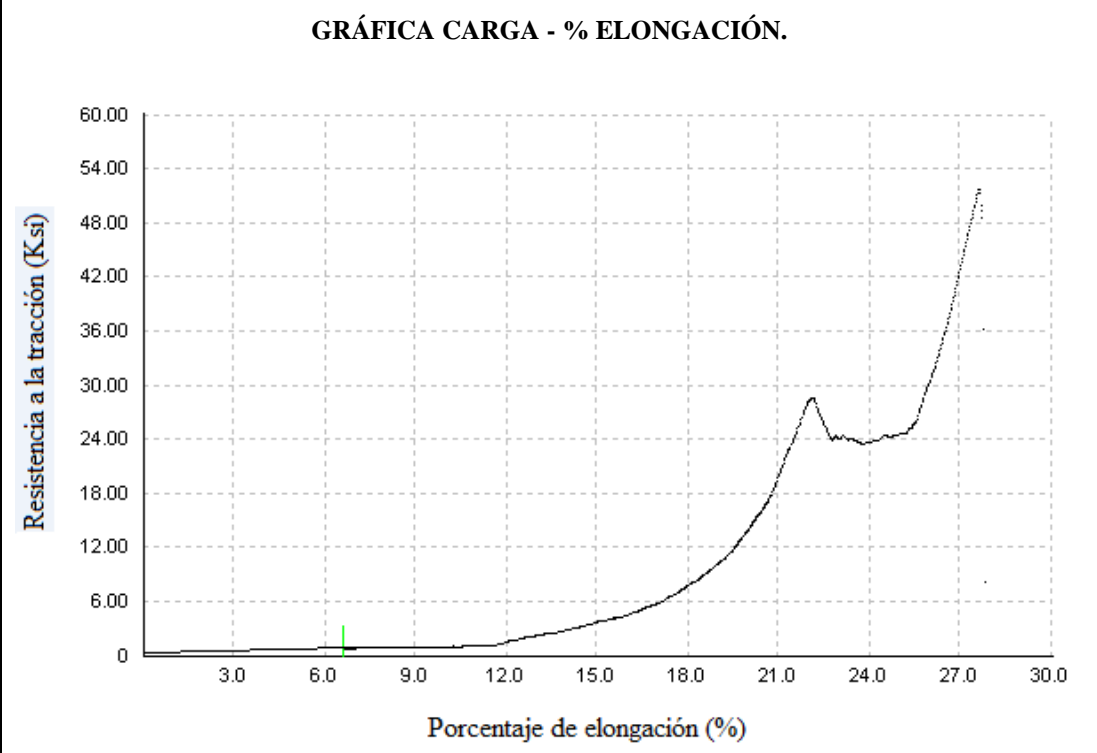
<b>T de precalentamiento:</b>	300°C	<b># de probeta:</b>	1.3.2
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional		
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.		

**PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN**

<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 60°
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.

**RESULTADOS**



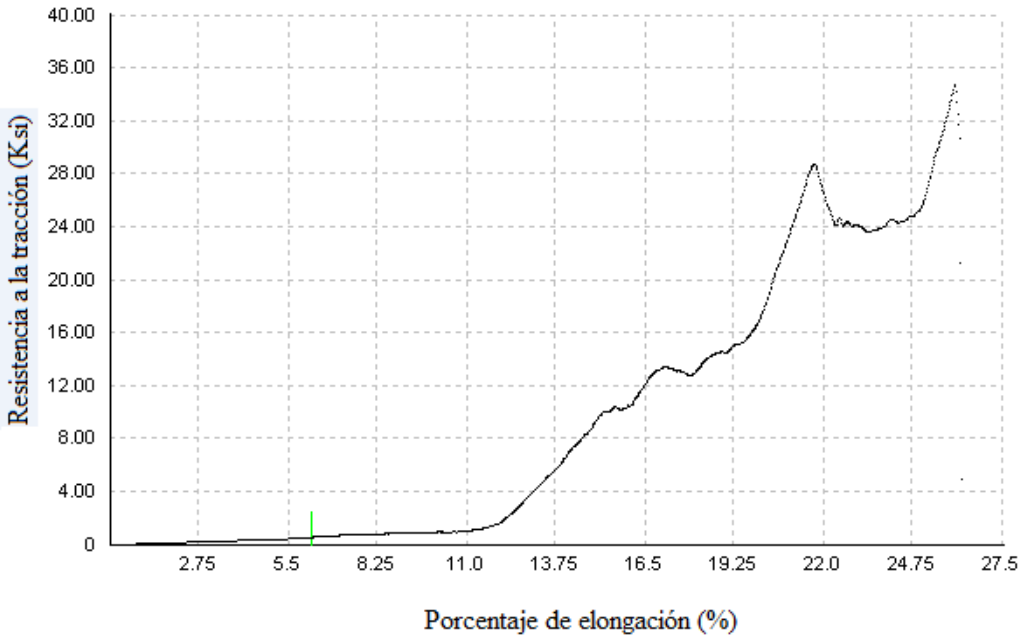
<b>Carga máxima:</b>	1670 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	51.8 Ksi
	8727 N		357.1 Mpa
<b>Ancho promedio:</b>	5.57 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.74 mm



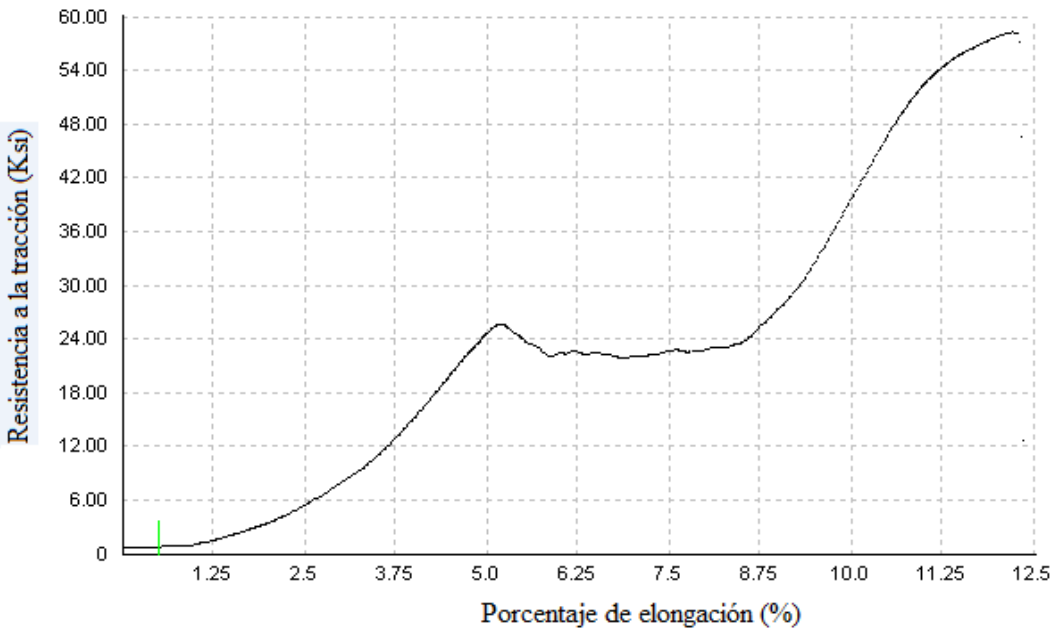


Probeta 1.3.2 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 300°C.

**OBSERVACIONES:**

La fractura se produjo en el metal base.

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>			
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>				<b>E.M .N°046</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>					
<b>T de precalentamiento:</b>	300°C	<b># de probeta:</b>	1.3.3		
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014		
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW		
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca		
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional				
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.				
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN</b>					
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01		
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 60°		
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm		
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.		
<b>RESULTADOS</b>					
<b>Carga máxima:</b>	1110 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	34.7 Ksi		
	4938 N		239.3 Mpa		
<b>Ancho promedio:</b>	5.17 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	4 mm		
<b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b>					
 <p>The graph plots Resistance to traction (Ksi) on the y-axis (0 to 40.00) against Percentage of elongation (%) on the x-axis (0 to 27.5). The curve starts at the origin, remains near zero until about 11% elongation, then rises to a yield point of approximately 12 Ksi at 11% elongation. It continues to rise to a peak of about 28 Ksi at 22% elongation, followed by a slight dip and then a final rise to approximately 35 Ksi at 27% elongation.</p>					
<p>Probeta 1.3.3 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 300°C.</p>					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
La fractura se produjo en la junta soldada.					

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																											
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>				<b>E.M .N°047</b>																									
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>																													
<b>T de precalentamiento:</b>	300°C	<b># de probeta:</b>	1.3.4																										
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014																										
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW																										
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca																										
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional																												
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.																												
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN</b>																													
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01																										
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 60°																										
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm																										
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.																										
<b>RESULTADOS</b>																													
<b>Carga máxima:</b>	2030 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	58.2 Ksi																										
	9030 N		401 Mpa																										
<b>Ancho promedio:</b>	5.47 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	4.12 mm																										
<b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b>																													
 <table border="1"> <caption>Datos extraídos del gráfico</caption> <thead> <tr> <th>Porcentaje de elongación (%)</th> <th>Resistencia a la tracción (Ksi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1.25</td><td>~2</td></tr> <tr><td>2.5</td><td>~6</td></tr> <tr><td>3.75</td><td>~12</td></tr> <tr><td>5.0</td><td>~24</td></tr> <tr><td>6.25</td><td>~21</td></tr> <tr><td>7.5</td><td>~21</td></tr> <tr><td>8.75</td><td>~22</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>~35</td></tr> <tr><td>11.25</td><td>~50</td></tr> <tr><td>12.5</td><td>~58</td></tr> </tbody> </table>						Porcentaje de elongación (%)	Resistencia a la tracción (Ksi)	0	0	1.25	~2	2.5	~6	3.75	~12	5.0	~24	6.25	~21	7.5	~21	8.75	~22	10.0	~35	11.25	~50	12.5	~58
Porcentaje de elongación (%)	Resistencia a la tracción (Ksi)																												
0	0																												
1.25	~2																												
2.5	~6																												
3.75	~12																												
5.0	~24																												
6.25	~21																												
7.5	~21																												
8.75	~22																												
10.0	~35																												
11.25	~50																												
12.5	~58																												
<p>Probeta 1.3.4 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 300°C.</p>																													
<b>OBSERVACIONES:</b>																													
<p>La fractura se produjo en el metal base.</p>																													





**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**E.M .N°048**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN**

<b>T de precalentamiento:</b>	300°C	<b># de probeta:</b>	1.3.5
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional		
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.		

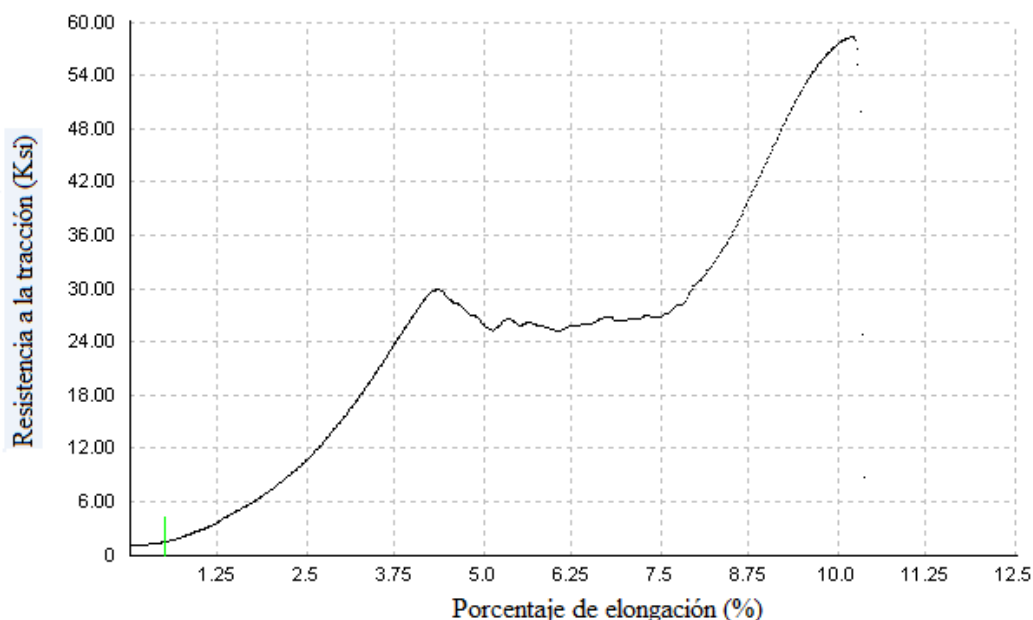
**PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN**

<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 60°
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.

**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	1962 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	58.2 Ksi
	8727 N		426.9 Mpa
<b>Ancho promedio:</b>	5.46 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.57 mm

**GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.**



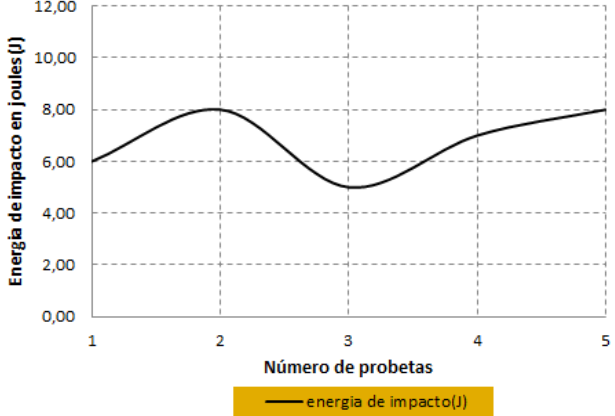



Probeta 1.3.5 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 300°C.



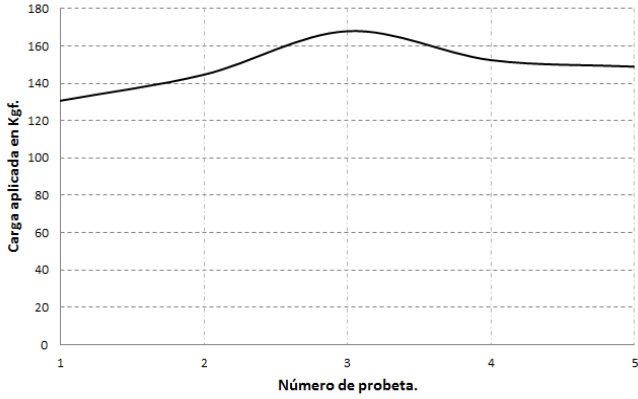
**OBSERVACIONES:**

La fractura se produjo en el metal base.



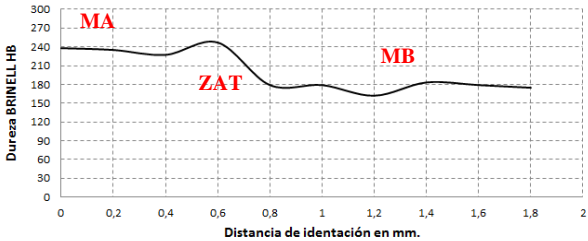

**4.1.24 Ensayo de impacto de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 300 °C, y electrodo ENiFe – CI.**

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>															
<b>ENSAYO DE IMPACTO CHARPY</b>		<b>E.M .N°010</b>														
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN:</b>																
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>N° de probeta:</b>	1.3,(1.2.3.4.5)													
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Fecha de elaboración:</b>	28/05/2014													
<b>Realizado por:</b>	Aldás Milton	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca													
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM														
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																
<b>Lugar:</b>	Campus Universitario Huachi Chico – UTA															
<b>Temperatura Ambiente:</b>	18.8° C	<b>Hora:</b>	8:50 AM													
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																
<b>Realizado bajo norma:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E23-02													
<b>Instrumento:</b>	Péndulo Charpy	<b>Capacidad de carga:</b>	335.4 Joules													
<b>Método:</b>	Carga de rotura.	<b>Tipo de prueba:</b>	Impacto													
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>		Fresado														
<b>RESULTADO:</b>																
<table border="1"> <thead> <tr> <th># de Probetas</th> <th>Energía en (J)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>6.00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>8.00</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>5.00</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>7.00</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>8.00</td> </tr> <tr> <td><b>Promedio</b></td> <td><b>6.80</b></td> </tr> </tbody> </table>	# de Probetas	Energía en (J)	1	6.00	2	8.00	3	5.00	4	7.00	5	8.00	<b>Promedio</b>	<b>6.80</b>	<p><b>CURVA DE IMPACTO CHARPY JUNTA SOLDADA EN V DE 60 CON PRECALENTAMIENTO DE 300°C.</b></p> 	
# de Probetas	Energía en (J)															
1	6.00															
2	8.00															
3	5.00															
4	7.00															
5	8.00															
<b>Promedio</b>	<b>6.80</b>															
	<p>Energía de impacto promedio = 6.80J.</p>															
<b>OBSERVACIONES:</b>																
<p>Los resultados del ensayo de impacto Charpy para la junta en V de 60° soldada con precalentamiento de 300°C indica un promedio energía de impacto promedio de 6.80J, esta se ha reducido en un 56.63% respecto de la energía del material base.</p>																



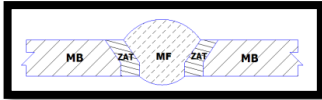
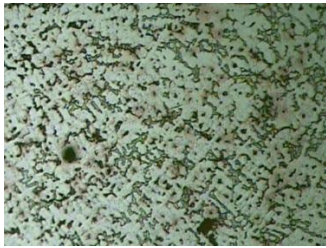

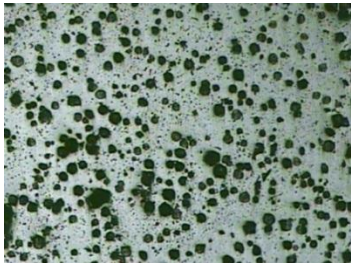
**4.1.25 Ensayo de flexión de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 300°C, y electrodo ENiFe – CI.**



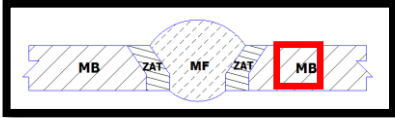
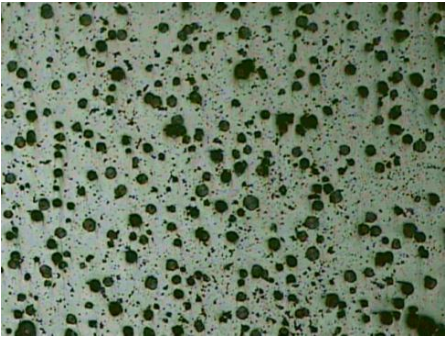
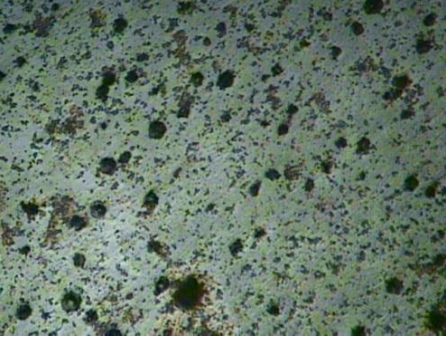
 <p><b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b></p>																	
<b>ENSAYO DE FLEXIÓN GUIADO</b>			<b>E.M .N°065</b>														
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>																	
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b># de probeta:</b>	1.3.(1,2,3,4,5)														
<b>T de precalentamiento:</b>	350°C	<b>Fecha:</b>	14/03/2014														
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Proceso:</b>	SMAW														
<b>Material de aporte:</b>	EniFe – CI	<b>Realizado por:</b>	Aldas Milton														
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca														
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM															
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																	
<b>Lugar:</b>	Campus Universitario Huachi Chico – UTA																
<b>Temperatura Ambiente:</b>	18.8° C	<b>Hora:</b>	9:15 AM														
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																	
<b>Realizado bajo norma:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E190 – 92														
<b>Método:</b>	Carga de rotura.	<b>Tipo de prueba:</b>	De raíz de la soldadura.														
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad de carga:</b>	30 Tn.														
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>		Esmerilado															
<b>RESULTADO:</b>																	
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th># de Probetas</th> <th>Carga Kgf</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>130.7</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>144.6</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>167.9</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>152.4</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>148.9</td> </tr> <tr> <td><b>Promedio</b></td> <td><b>148.9</b></td> </tr> </tbody> </table>		# de Probetas	Carga Kgf	1	130.7	2	144.6	3	167.9	4	152.4	5	148.9	<b>Promedio</b>	<b>148.9</b>	<p style="text-align: center;"><b>Ensayo de flexión guiado para probetas soldadas con precalentamiento a 350°C y junta en V de 60°, hierro nodular</b></p>  <p style="text-align: center;">Carga de flexión promedio = 148.9Kgf. = 1459.22N.</p>	
# de Probetas	Carga Kgf																
1	130.7																
2	144.6																
3	167.9																
4	152.4																
5	148.9																
<b>Promedio</b>	<b>148.9</b>																
<b>OBSERVACIONES:</b>																	
<p>Del análisis de flexión realizado tenemos un promedio de carga de 148.9 Kgf esta carga respecto de la carga soportada por el material base tiene un porcentaje de reducción del 9.98%.</p>																	

**4.1.26 Ensayo de dureza de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 300 ° C, y electrodo ENiFe – CI.**



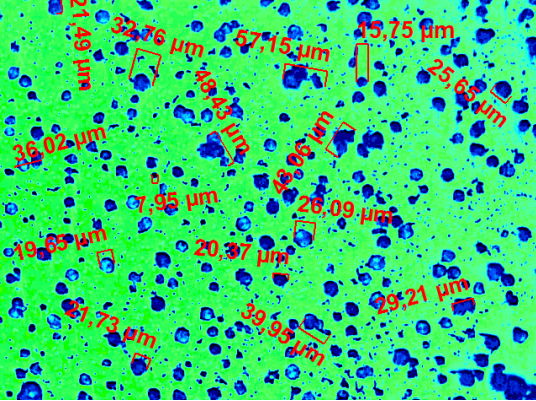
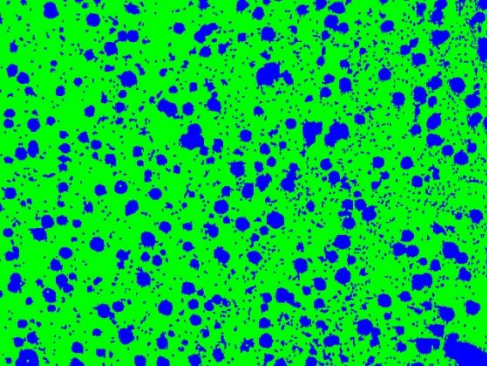
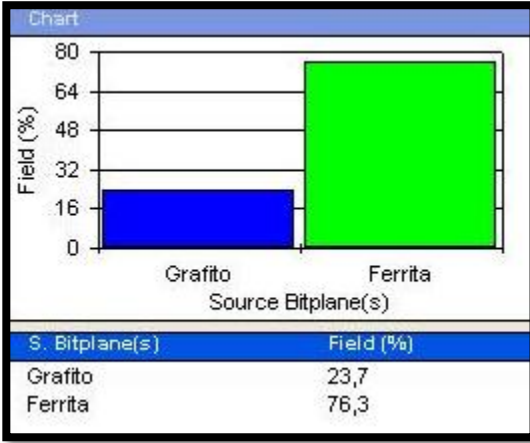
	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																																																		
<b>ENSAYO DE DUREZA</b>			<b>E.M .N°036</b>																																																
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>																																																			
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b># de probeta:</b>	1.3.6																																																
<b>T de precalentamiento:</b>	300°C	<b>Fecha:</b>	19/03/2014																																																
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Proceso:</b>	SMAW																																																
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Realizado por:</b>	Aldás Milton																																																
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca																																																
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM																																																	
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																																																			
<b>Lugar:</b>	Campus Universitario Huachi Chico – UTA																																																		
<b>Temperatura Ambiente:</b>	18.8° C	<b>Hora:</b>	9:15 AM																																																
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																																																			
<b>Realizado bajo norma:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E10-01																																																
<b>Método:</b>	Rowell	<b>Tipo:</b>	B																																																
<b>Tiempo del ensayo:</b>	15 min	<b>Rango de dureza:</b>	162 – 247 HB																																																
<b>Carga aplicada</b>	980 N	<b>Tipo de indentador:</b>	Esfera de acero de 1/16 in																																																
<b>RESULTADO:</b>																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Zonas</th> <th>X mm</th> <th>Dureza HRB</th> <th>Dureza HB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>MA</td><td>0</td><td>99.5</td><td>238</td></tr> <tr><td>MA</td><td>0.2</td><td>99.1</td><td>235.1</td></tr> <tr><td>MA</td><td>0.4</td><td>98</td><td>227.3</td></tr> <tr><td>ZAT</td><td>0.6</td><td>101</td><td>247</td></tr> <tr><td>MB</td><td>0.8</td><td>89</td><td>178.9</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.0</td><td>89</td><td>178.9</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.2</td><td>85</td><td>162</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.4</td><td>90</td><td>183.2</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.6</td><td>89</td><td>178.9</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.8</td><td>88</td><td>174.7</td></tr> <tr> <td><b>Promedio:</b></td> <td></td> <td><b>92.76</b></td> <td><b>200.4</b></td> </tr> </tbody> </table>	Zonas	X mm	Dureza HRB	Dureza HB	MA	0	99.5	238	MA	0.2	99.1	235.1	MA	0.4	98	227.3	ZAT	0.6	101	247	MB	0.8	89	178.9	MB	1.0	89	178.9	MB	1.2	85	162	MB	1.4	90	183.2	MB	1.6	89	178.9	MB	1.8	88	174.7	<b>Promedio:</b>		<b>92.76</b>	<b>200.4</b>	<p style="text-align: center;">Ensayo de dureza, para probetas soldadas con precalentamiento a 300°C y junta en V de 60°, hierro nodular.</p>  <p style="text-align: center;">Dureza promedio = 92.76 HRC = 200.4 HB</p>		
Zonas	X mm	Dureza HRB	Dureza HB																																																
MA	0	99.5	238																																																
MA	0.2	99.1	235.1																																																
MA	0.4	98	227.3																																																
ZAT	0.6	101	247																																																
MB	0.8	89	178.9																																																
MB	1.0	89	178.9																																																
MB	1.2	85	162																																																
MB	1.4	90	183.2																																																
MB	1.6	89	178.9																																																
MB	1.8	88	174.7																																																
<b>Promedio:</b>		<b>92.76</b>	<b>200.4</b>																																																
																																																			
<b>OBSERVACIONES:</b>																																																			
La dureza obtenida del ensayo realizado es 200.4 HB, esta dureza se ha incrementado en un 13.39% respecto de la dureza del material base.																																																			



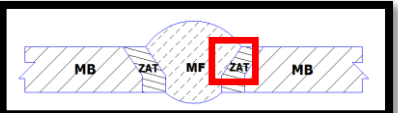
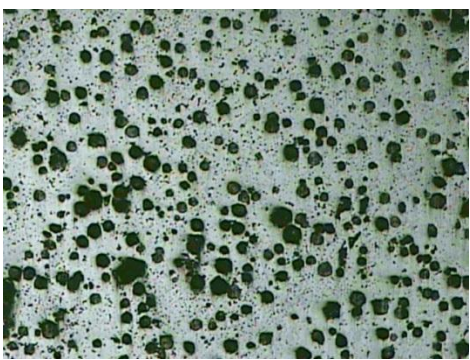
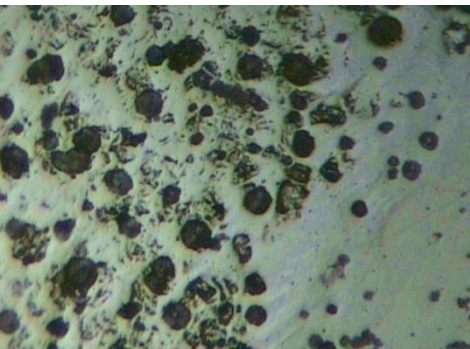
**4.1.27 Ensayo metalográfico de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 300°C, y electrodo ENiFe – CI.**

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO</b>			<b>E.M .N°052</b>
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPÉCIMEN.</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Precalentamiento</b>	300°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	06/02/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>		Laboratorio de Materiales FICM, “UTA”	
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Tiempo de ataque:</b>	N/A	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>		Lijado y pulido	
<b>Ataque químico</b>		Nital 2, Reactivo Níquel.	
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
		MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido	
			
MF		MB	
			
ZAT			
Junta soldada con precalentamiento a 300°C, 100X.			



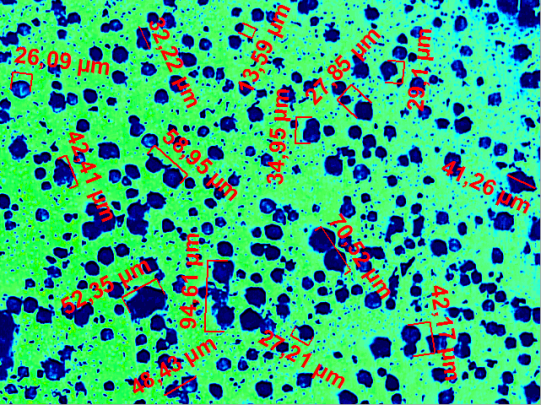
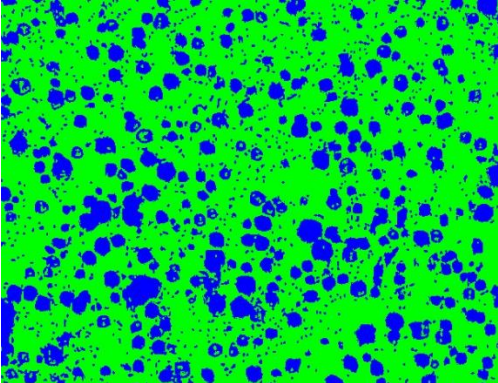
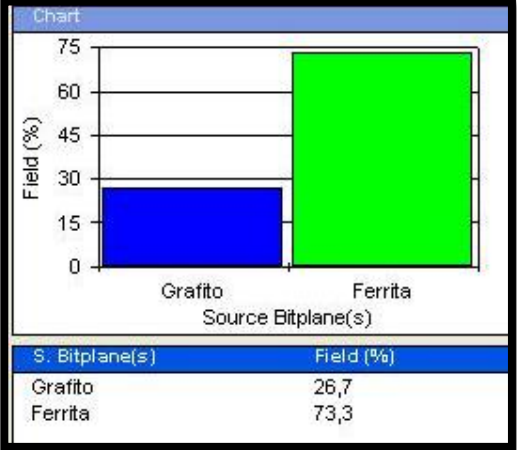
	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO, METAL BASE.</b>		<b>E.M .N°053</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Pre calentamiento</b>	300°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	06/02/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>		Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"	
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Ataque químico:</b>	Nital 2	<b>Acondicionamiento:</b>	Lijado y pulido
<b>Tiempo de ataque:</b>	2Seg.	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
	MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido		
			
METAL BASE 100X, Nital 2, 2Seg.			
			
METAL BASE 200X, Nital 2, 2Seg.			



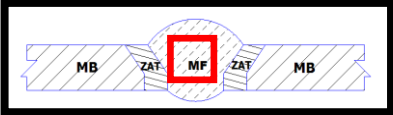
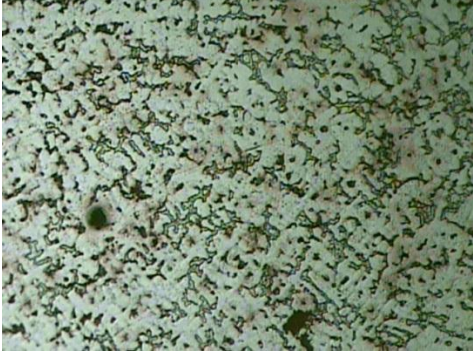
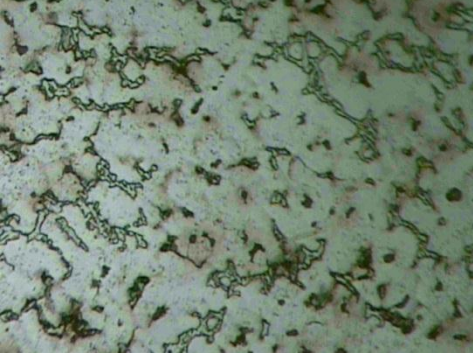


	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																												
<b>EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA DEL METAL BASE.</b>		<b>E.M .N°054</b>																											
<b>ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE GRANO DEL GRAFITO.</b>	<b>MICROESTRUCTURA A 100X.</b>																												
<b>RESULTADOS DEL SOFTWARE.</b>																													
<p style="text-align: center;">Estadística del tamaño de grano.</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Estadística</td> <td style="width: 40%;">Tamaño de grano</td> <td style="width: 30%;"></td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>57.15</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>7.95</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>29.68</td> <td>µm</td> </tr> </table> <p style="text-align: center; color: red;">Según la ASTM A 247</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fundición nodular</td> <td style="width: 40%;">Tipo VI</td> <td style="width: 30%;"></td> </tr> <tr> <td>Forma del grafito</td> <td>Nodular</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tamaño</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Matriz</td> <td>Ferritica</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Distribución</td> <td>Spiky Graphite</td> <td></td> </tr> </table>	Estadística	Tamaño de grano		Máximo	57.15	µm	Mínimo	7.95	µm	Promedio	29.68	µm	Fundición nodular	Tipo VI		Forma del grafito	Nodular		Tamaño	5		Matriz	Ferritica		Distribución	Spiky Graphite		 <p style="text-align: center;">Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldada con precalentamiento a 300°C, material base, nital 2, 2Seg.</p>	
Estadística	Tamaño de grano																												
Máximo	57.15	µm																											
Mínimo	7.95	µm																											
Promedio	29.68	µm																											
Fundición nodular	Tipo VI																												
Forma del grafito	Nodular																												
Tamaño	5																												
Matriz	Ferritica																												
Distribución	Spiky Graphite																												
<b>Componentes:</b>	<b>Grafito esferoidal en matriz de ferrita.</b>																												
<b>Componentes microestructurales:</b>	<b>Porcentajes:</b>																												
 <p style="text-align: center;">Imagen Magnificada a 100X</p>	 <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grafito</td> <td>23,7</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>76,3</td> </tr> </tbody> </table>		S. Bitplane(s)	Field (%)	Grafito	23,7	Ferrita	76,3																					
S. Bitplane(s)	Field (%)																												
Grafito	23,7																												
Ferrita	76,3																												
<b>INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>																													
<p>En la micrografía analizada presenta los siguientes resultados el porcentaje de grafito esferoidal es del 23.7% con una matriz Ferritica del 76.3%, según la NORMA ASTM A247 la evaluación del grafito es del tipo VI con una forma nodular y una distribución aleatoria spiky Graphite, el tamaño del grafito es de tipo 4 (6 – 12 mm).</p>																													

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO DE LA ZAT.</b>		<b>E.M .N°055</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	AWS A 5.15 ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Pre calentamiento</b>	300°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	06/02/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>		Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"	
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Ataque químico:</b>	Nital 2	<b>Acondicionamiento:</b>	Lijado y pulido
<b>Tiempo de ataque:</b>	2Seg.	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
	MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido		
			
ZAT, 100X, Nital 2, 2Seg.			
			
ZAT, 200X, Nital 2, 2Seg.			



	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																												
<b>EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ZAT.</b>		<b>E.M .N°056</b>																											
<b>ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE GRANO DEL GRAFITO.</b>	<b>MICROESTRUCTURA A 100X.</b>																												
<b>RESULTADOS DEL SOFTWARE.</b>																													
<p style="text-align: center;">Estadística del tamaño de grano.</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Estadística</td> <td style="width: 30%;">Tamaño de grano</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>94.61</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>13.59</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>42.78</td> <td>µm</td> </tr> </table> <p style="text-align: center; color: red;">Según la ASTM A 247</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fundición nodular</td> <td style="width: 30%;">Tipo VI</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td>Forma del grafito</td> <td>Nodular</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tamaño</td> <td>4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Matriz</td> <td>Ferrítica</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Distribución</td> <td>Spiky Graphite</td> <td></td> </tr> </table>	Estadística	Tamaño de grano		Máximo	94.61	µm	Mínimo	13.59	µm	Promedio	42.78	µm	Fundición nodular	Tipo VI		Forma del grafito	Nodular		Tamaño	4		Matriz	Ferrítica		Distribución	Spiky Graphite		 <p style="text-align: center;">Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldada con precalentamiento a 300°C, ZAT, nital 2, 2Seg.</p>	
Estadística	Tamaño de grano																												
Máximo	94.61	µm																											
Mínimo	13.59	µm																											
Promedio	42.78	µm																											
Fundición nodular	Tipo VI																												
Forma del grafito	Nodular																												
Tamaño	4																												
Matriz	Ferrítica																												
Distribución	Spiky Graphite																												
<b>Componentes:</b>	<b>Grafito esferoidal en matriz de ferrita.</b>																												
<b>Componentes microestructurales:</b>	<b>Porcentajes:</b>																												
 <p style="text-align: center;">Imagen Magnificada a 100X</p>	 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #000080; color: white;">S. Bitplane(s)</th> <th style="background-color: #000080; color: white;">Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grafito</td> <td>26,7</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>73,3</td> </tr> </tbody> </table>		S. Bitplane(s)	Field (%)	Grafito	26,7	Ferrita	73,3																					
S. Bitplane(s)	Field (%)																												
Grafito	26,7																												
Ferrita	73,3																												
<b>INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>																													
<p>En la micrografía analizada presenta los siguientes resultados el porcentaje de grafito esferoidal es del 26.7% con una matriz Ferrítica del 73.3%, según la NORMA ASTM A247 la evaluación del grafito es del tipo VI con una forma de nódulos distorsionados (Spiky graphite) y una aparición mayoritaria en la intercara de la soldadura, el tamaño del grafito es de tipo 4 (12 – 25 mm).</p>																													

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO DEL METAL FUNDIDO</b>		<b>E.M .N°057</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	AWS A 5.15 EniFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Precalentamiento</b>	300°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	06/02/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"		
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Ataque químico:</b>	Aleaciones de Nikel.	<b>Acondicionamiento:</b>	Lijado y pulido
<b>Tiempo de ataque:</b>	<b>10 Seg.</b>	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
	MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido		
 <p data-bbox="496 1525 1169 1554">MF, AWS A5.15 EniFe-CI, 100X, Aleaciones de Nikel, 10 Seg.</p>  <p data-bbox="496 1917 1169 1946">MF, AWS A5.15 EniFe-CI, 200X, Aleaciones de Nikel, 10 Seg.</p>			



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ZAT.**

**E.M .N°058**

**RESULTADOS DEL SOFTWARE.**

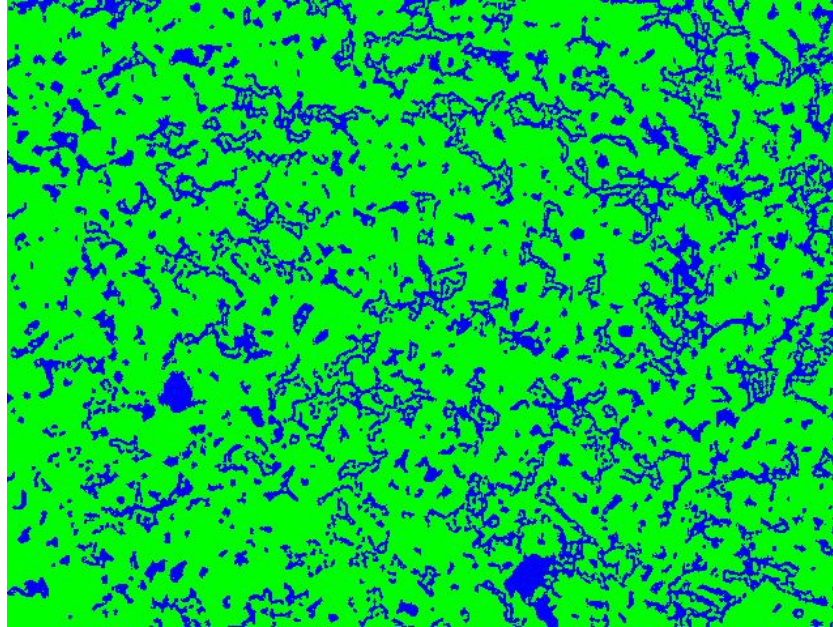
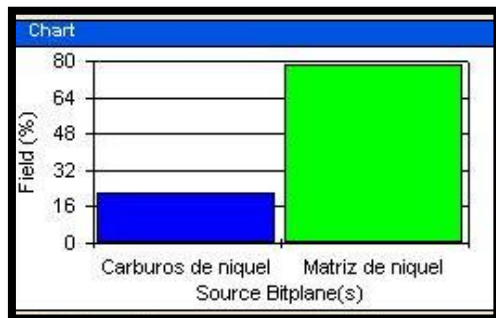


Imagen magnificada a 100X  
Soldadura con precalentamiento 300°C, Metal fundido  
(Cordón de soldadura)

Componentes:

Porcentajes:



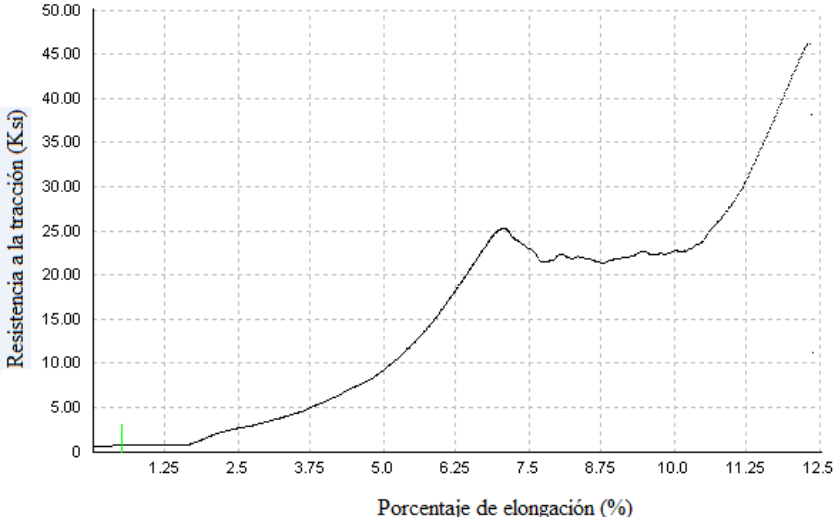


S. Bitplane(s)	Field (%)
Carburos de níquel	21,7
Matriz de níquel	78,3

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

En la micrografía analizada presenta los siguientes resultados el porcentaje de carburos de níquel es de 21.7% en una matriz de níquel de 78.3% y pequeñas inclusiones de carbono las mismas que se encuentran en forma de pequeños nódulos de grafito.

**4.1.28 Ensayo de tracción de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 350 °C, y electrodo EniFe – CI.**

 <p><b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b></p>			
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>			<b>E.M .N°059</b>
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>			
<b>T de precalentamiento:</b>	350°C	<b># de probeta:</b>	1.4.1
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014
<b>Material de aporte:</b>	EniFe – CI	<b>Proceso:</b>	SMAW
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional		
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.		
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 60°
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.
<b>RESULTADOS</b>			
<b>Carga máxima:</b>	1646 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	46.2 Ksi
	7322 N		318.3 Mpa
<b>Ancho promedio:</b>	5.89 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.93 mm
<b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b>			
			
<p>Probeta 1.4.1 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 350°C.</p>			
<b>OBSERVACIONES:</b>			
<p>La fractura se produjo en el metal base.</p>			





**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN. E.M .N°060**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN**

<b>T de precalentamiento:</b>	350°C	<b># de probeta:</b>	1.4.2
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014
<b>Material de aporte:</b>	EniFe – CI	<b>Proceso:</b>	SMAW
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional		
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.		

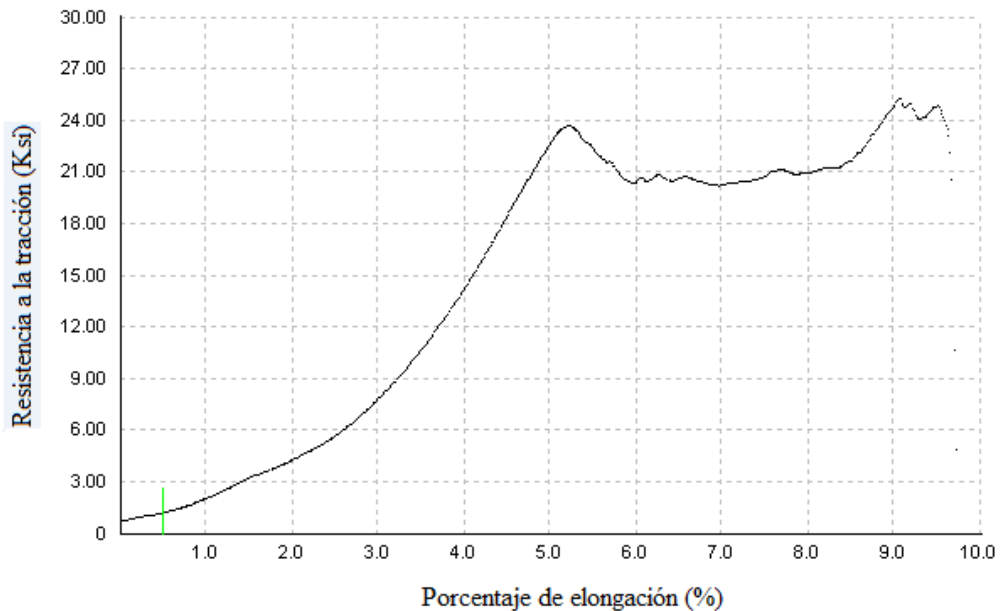
**PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN**

<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 60°
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.

**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	947 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	25.2 Ksi
	4212 N		174 Mpa
<b>Ancho promedio:</b>	5.73 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	4.23 mm

**GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.**



Probeta 1.4.2 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 350°C.

**OBSERVACIONES:**

La fractura se produjo en la junta soldada.



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN. E.M .N°061**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN**

<b>T de precalentamiento:</b>	350°C	<b># de probeta:</b>	1.4.3
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014
<b>Material de aporte:</b>	EniFe – CI	<b>Proceso:</b>	SMAW
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional		
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.		

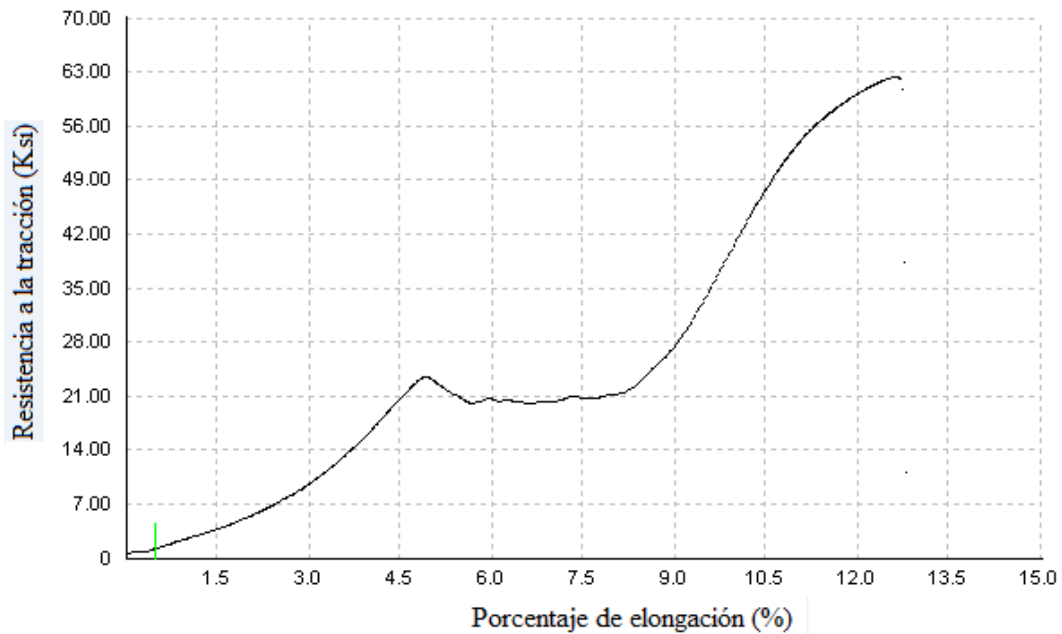
**PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN**

<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 60°
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.

**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	2340 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	62.3 Ksi
	10409 N		429.6 Mpa
<b>Ancho promedio:</b>	5.96 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	4.07 mm

**GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.**



Probeta 1.4.3 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 350°C.

**OBSERVACIONES:**

La fractura se produjo en la junta soldada.



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**E.M .N°062**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN**

<b>T de precalentamiento:</b>	350°C	<b># de probeta:</b>	1.4.4
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014
<b>Material de aporte:</b>	EniFe – CI	<b>Proceso:</b>	SMAW
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional		
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.		

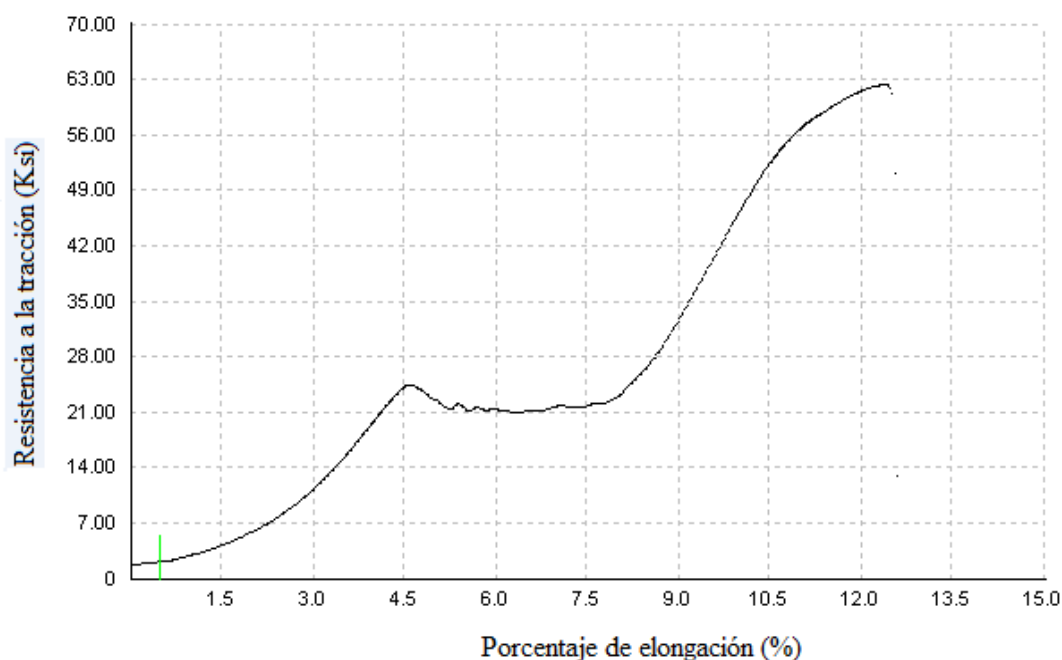
**PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN**

<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 60°
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.

**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	2240 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	62.2 Ksi
	9964 N		429 Mpa
<b>Ancho promedio:</b>	5.96 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.90 mm

**GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.**



Probeta 1.4.4 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 350°C.

**OBSERVACIONES:**

La fractura se produjo en el metal base.



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**E.M .N°063**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN**

<b>T de precalentamiento:</b>	350°C	<b># de probeta:</b>	1.4.5
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014
<b>Material de aporte:</b>	EniFe – CI	<b>Proceso:</b>	SMAW
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional		
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.		

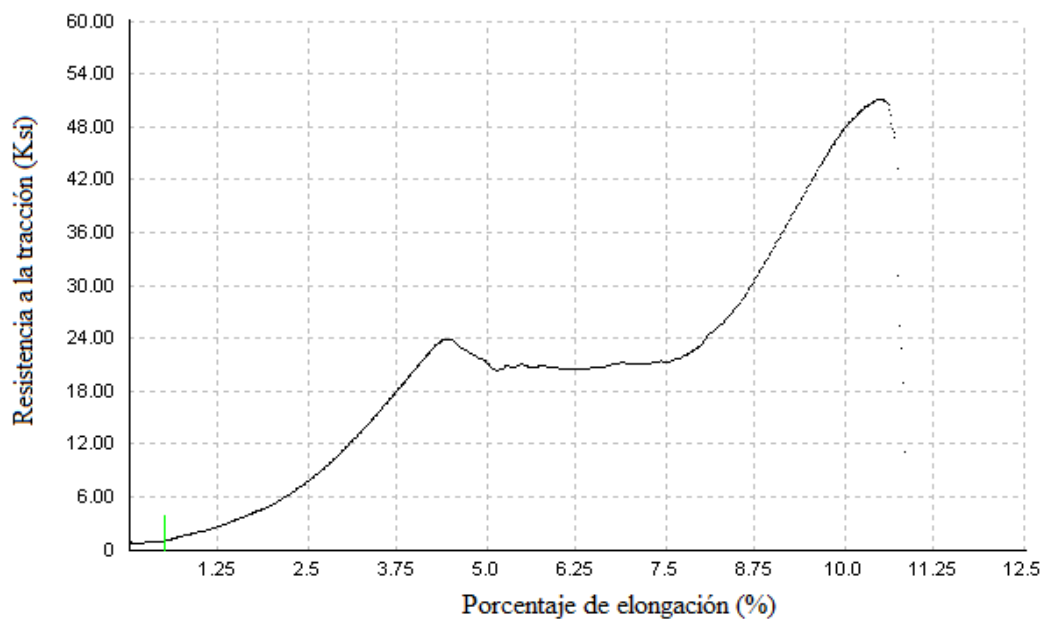
**PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN**

<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 60°
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.

**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	1889 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	51.1 Ksi
	8403 N		352.4 Mpa
<b>Ancho promedio:</b>	6.09 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.92 mm

**GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.**





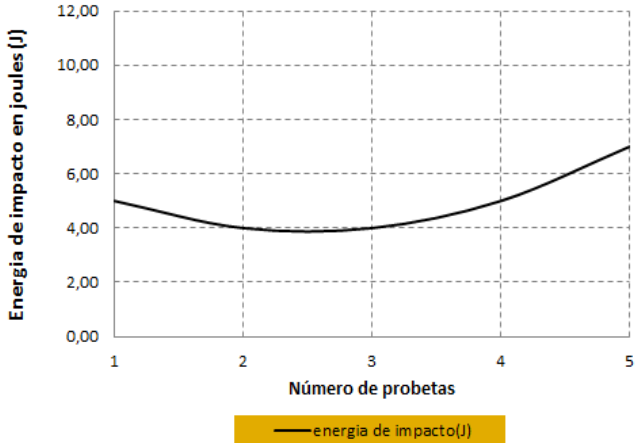

Probeta 1.4.5 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 350°C.

**OBSERVACIONES:**



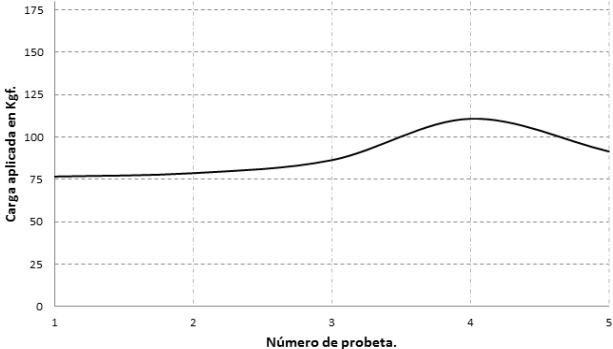
La fractura se produjo en el metal base.





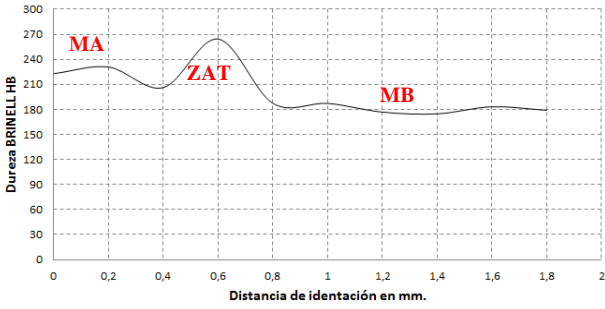

**4.1.29 Ensayo de impacto de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 350 °C, y electrodo EniFe – CI.**

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																
<b>ENSAYO DE IMPACTO CHARPY</b>			<b>E.M .N°064</b>														
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN:</b>																	
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>N° de probeta:</b>	1,4,(1,2,3,4,5)														
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Fecha de elaboración:</b>	28/05/2014														
<b>Realizado por:</b>	Aldás Milton	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca														
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM															
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																	
<b>Lugar:</b>	Campus Universitario Huachi Chico – UTA																
<b>Temperatura Ambiente:</b>	18.8° C	<b>Hora:</b>	8:50 AM														
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																	
<b>Realizado bajo norma:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E23-02														
<b>Instrumento:</b>	Péndulo Charpy	<b>Capacidad de carga:</b>	335.4 joules														
<b>Método:</b>	Carga de rotura.	<b>Tipo de prueba:</b>	Impacto														
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>		Fresado															
<b>RESULTADO:</b>																	
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #92d050;"># de Probetas</th> <th style="background-color: #92d050;">Energía en (J)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>5.00</td></tr> <tr><td>2</td><td>4.00</td></tr> <tr><td>3</td><td>4.00</td></tr> <tr><td>4</td><td>5.00</td></tr> <tr><td>5</td><td>7.00</td></tr> <tr> <td><b>Promedio</b></td> <td><b>5.00</b></td> </tr> </tbody> </table>		# de Probetas	Energía en (J)	1	5.00	2	4.00	3	4.00	4	5.00	5	7.00	<b>Promedio</b>	<b>5.00</b>	<p style="text-align: center;"><b>CURVA DE IMPACTO CHARPY JUNTA SOLDADA EN V DE 60 CON PRECALENTAMIENTO DE 350°C.</b></p>  <p style="text-align: center;">Energía de impacto promedio = 5.00 J.</p>	
# de Probetas	Energía en (J)																
1	5.00																
2	4.00																
3	4.00																
4	5.00																
5	7.00																
<b>Promedio</b>	<b>5.00</b>																
																	
<b>OBSERVACIONES:</b>																	
<p>Los resultados del ensayo de impacto Charpy para la junta en V de 60° soldada con precalentamiento de 350°C indica un promedio energía de impacto promedio de 5.00J, esta se ha reducido en un 68.11% respecto de la energía del material base.</p>																	



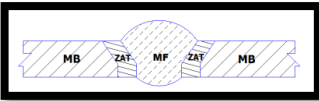
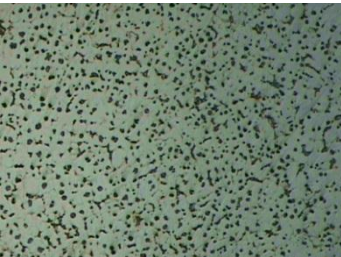
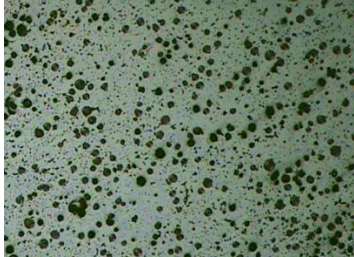

**4.1.30 Ensayo de flexión de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 350°C, y electrodo ENiFe – CI.**



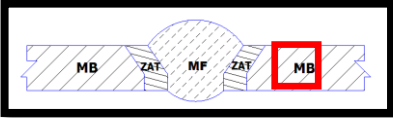
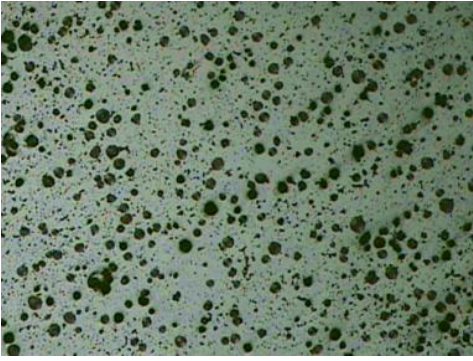
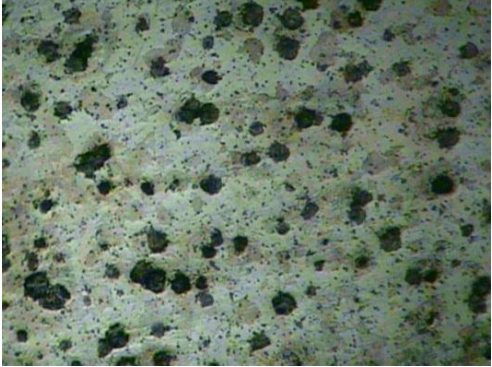
		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																	
<b>ENSAYO DE FLEXIÓN GUIADO</b>				<b>E.M .N°050</b>															
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>																			
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b># de probeta:</b>	1.4.(1,2,3,4,5)																
<b>T de precalentamiento:</b>	250°C	<b>Fecha:</b>	14/03/2014																
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Proceso:</b>	SMAW																
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Realizado por:</b>	Aldás Milton																
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca																
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM																	
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																			
<b>Lugar:</b>		Campus Universitario Huachi Chico – UTA																	
<b>Temperatura Ambiente:</b>		18.8° C	<b>Hora:</b>	9:15 AM															
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																			
<b>Realizado bajo norma:</b>		ASTM	<b>Designación:</b>	E190 – 92															
<b>Método:</b>	Carga de rotura.		<b>Tipo de prueba:</b>	De raíz de la soldadura.															
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal		<b>Capacidad de carga:</b>	30 Tn.															
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>			Esmerilado con pulidora.																
<b>RESULTADO:</b>																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #92d050;"># de Probetas</th> <th style="background-color: #92d050;">Carga Kgf</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>76.6</td></tr> <tr><td>2</td><td>78.6</td></tr> <tr><td>3</td><td>86.3</td></tr> <tr><td>4</td><td>151.7</td></tr> <tr><td>5</td><td>91.4</td></tr> <tr><td><b>Promedio</b></td><td><b>96.92</b></td></tr> </tbody> </table>		# de Probetas	Carga Kgf	1	76.6	2	78.6	3	86.3	4	151.7	5	91.4	<b>Promedio</b>	<b>96.92</b>	<p style="text-align: center;"><b>Ensayo de flexión guiado para probetas soldadas con precalentamiento a 300°C y junta en V de 60°, hierro nodular</b></p>  <p style="text-align: center;">Carga de flexión promedio = 96.92Kgf. = 949.82N.</p>			
# de Probetas	Carga Kgf																		
1	76.6																		
2	78.6																		
3	86.3																		
4	151.7																		
5	91.4																		
<b>Promedio</b>	<b>96.92</b>																		
<b>OBSERVACIONES:</b>																			
Del análisis de flexión realizado tenemos un promedio de carga de 33.68 Kgf está carga respecto de la carga soportada por el material base tiene un porcentaje de reducción del 41.40%.																			

**4.1.31 Ensayo de dureza de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 350 ° C, y electrodo EniFe – CI.**



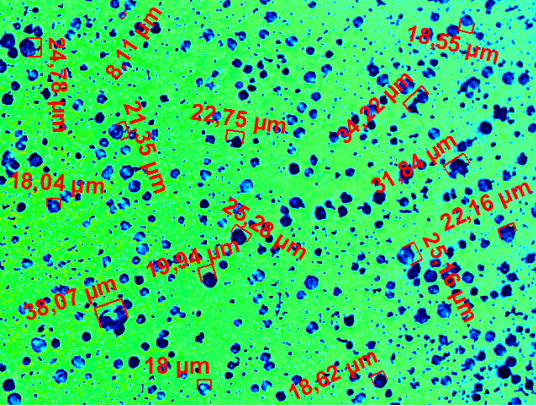
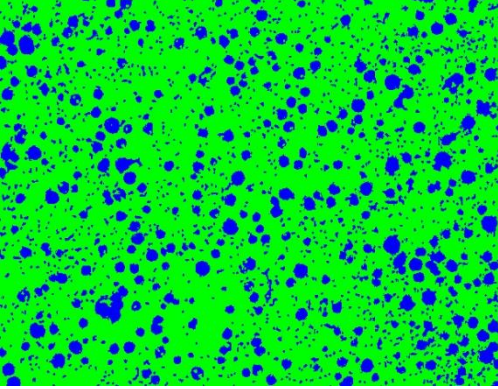
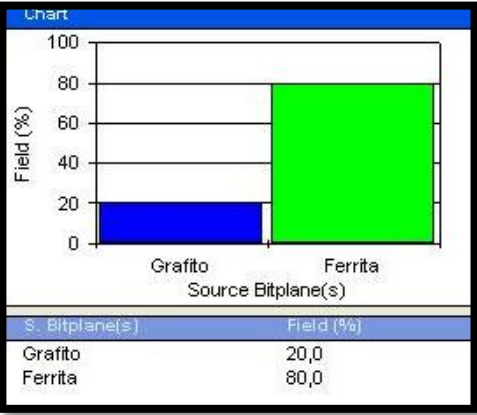
		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																																																			
<b>ENSAYO DE DUREZA</b>				<b>E.M .N°066</b>																																																	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>																																																					
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b># de probeta:</b>	1.4.6																																																		
<b>T de precalentamiento:</b>	350°C	<b>Fecha:</b>	19/03/2014																																																		
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Proceso:</b>	SMAW																																																		
<b>Material de aporte:</b>	EniFe – CI	<b>Realizado por:</b>	Aldas Milton																																																		
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca																																																		
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM																																																			
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																																																					
<b>Lugar:</b>	Campus Universitario Huachi Chico – UTA																																																				
<b>Temperatura Ambiente:</b>	18.8° C	<b>Hora:</b>	9:15 AM																																																		
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																																																					
<b>Realizado bajo norma:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E10-01																																																		
<b>Método:</b>	Rowell	<b>Tipo:</b>	B																																																		
<b>Tiempo del ensayo:</b>	15 min	<b>Rango de dureza:</b>	174.7 – 264.4 HB																																																		
<b>Carga aplicada:</b>	980 N	<b>Tipo de indentador:</b>	Esfera de acero de 1/16 in																																																		
<b>RESULTADO:</b>																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Zonas</th> <th>X mm</th> <th>Dureza HRB</th> <th>Dureza HB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>MA</td><td>0</td><td>97.5</td><td>222.9</td></tr> <tr><td>MA</td><td>0.2</td><td>98.4</td><td>230.8</td></tr> <tr><td>MA</td><td>0.4</td><td>95</td><td>206.2</td></tr> <tr><td>ZAT</td><td>0.6</td><td>103.1</td><td>264.4</td></tr> <tr><td>MB</td><td>0.8</td><td>91</td><td>187.2</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.0</td><td>91</td><td>187.2</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.2</td><td>88.5</td><td>176.8</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.4</td><td>88</td><td>174.7</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.6</td><td>90</td><td>183.2</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.8</td><td>89</td><td>178.9</td></tr> <tr><td><b>Promedio:</b></td><td></td><td><b>93.15</b></td><td><b>201.23</b></td></tr> </tbody> </table>				Zonas	X mm	Dureza HRB	Dureza HB	MA	0	97.5	222.9	MA	0.2	98.4	230.8	MA	0.4	95	206.2	ZAT	0.6	103.1	264.4	MB	0.8	91	187.2	MB	1.0	91	187.2	MB	1.2	88.5	176.8	MB	1.4	88	174.7	MB	1.6	90	183.2	MB	1.8	89	178.9	<b>Promedio:</b>		<b>93.15</b>	<b>201.23</b>	<p style="text-align: center;">Ensayo de dureza, para probetas soldadas con precalentamiento a 350°C y junta en V de 60°, hierro nodular.</p> 	
Zonas	X mm	Dureza HRB	Dureza HB																																																		
MA	0	97.5	222.9																																																		
MA	0.2	98.4	230.8																																																		
MA	0.4	95	206.2																																																		
ZAT	0.6	103.1	264.4																																																		
MB	0.8	91	187.2																																																		
MB	1.0	91	187.2																																																		
MB	1.2	88.5	176.8																																																		
MB	1.4	88	174.7																																																		
MB	1.6	90	183.2																																																		
MB	1.8	89	178.9																																																		
<b>Promedio:</b>		<b>93.15</b>	<b>201.23</b>																																																		
				Dureza promedio = 93.15 HRC = 201.23 HB																																																	
<b>OBSERVACIONES:</b>																																																					
La dureza obtenida del ensayo realizado es 201.23 HB, esta dureza se ha incrementado en un 13.86% respecto de la dureza del material base.																																																					



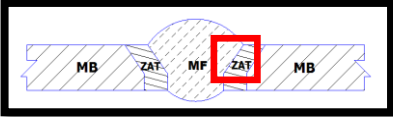
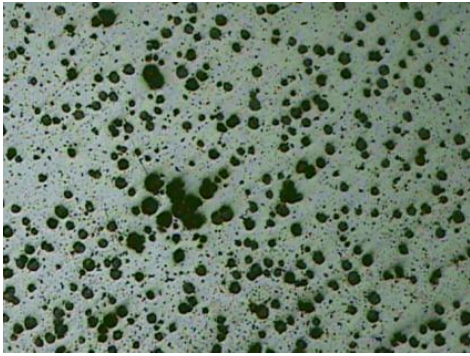
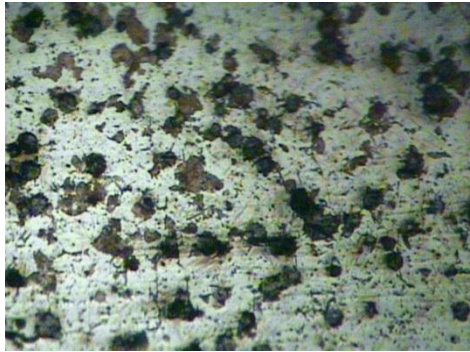
**4.1.32 Ensayo metalográfico de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 350°C, y electrodo EniFe – CI.**



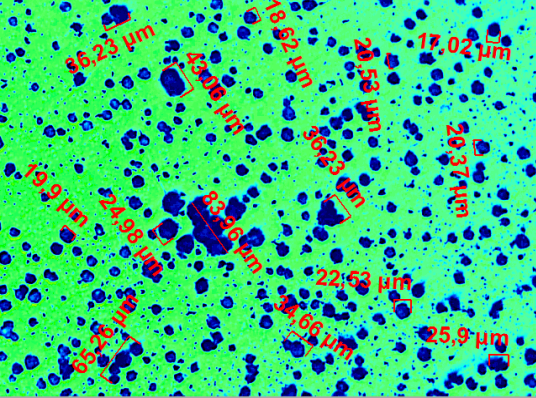
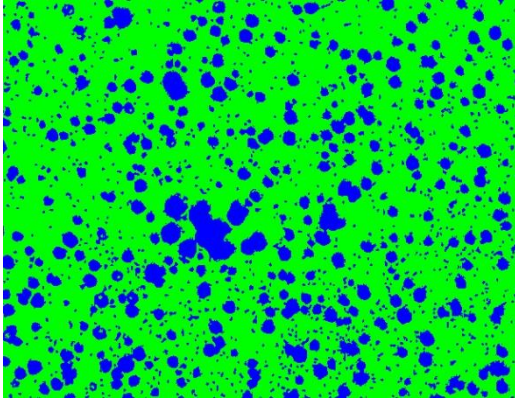
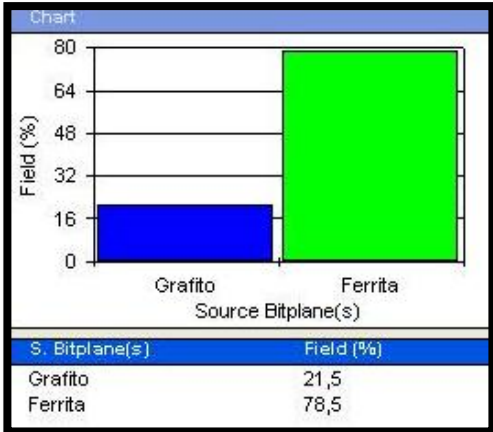
	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO</b>			<b>E.M .N°067</b>
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPÉCIMEN.</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	EniFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Precalentamiento</b>	350°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	06/02/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>		Laboratorio de Materiales FICM, “UTA”	
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Tiempo de ataque:</b>	N/A	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>		Lijado y pulido	
<b>Ataque químico:</b>		Nital 2, Reactivo Níquel.	
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
		MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido	
			
MF		MB	
			
ZAT			
Junta soldada con precalentamiento a 350°C, 100X.			

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO, METAL BASE.</b>		<b>E.M .N°068</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	EniFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Pre calentamiento</b>	350°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	06/02/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>		Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"	
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Tiempo de ataque:</b>	2Seg.	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>Ataque químico:</b>	Nital 2	<b>Acondicionamiento:</b>	Lijado y pulido
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
	MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido		
			
METAL BASE 100X, Nital 2, 2Seg.			
			
METAL BASE 200X, Nital 2, 2Seg.			



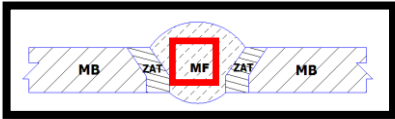
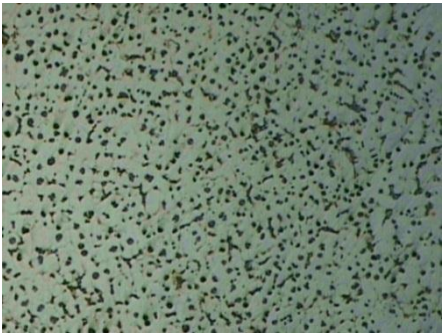
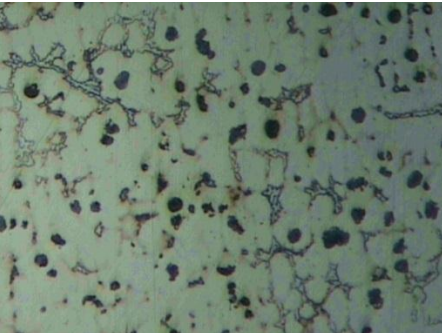


	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																												
<b>EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA DEL METAL BASE.</b>		<b>E.M .N°069</b>																											
<b>ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE GRANO DEL GRAFITO.</b>	<b>MICROESTRUCTURA A 100X.</b>																												
<b>RESULTADOS DEL SOFTWARE.</b>																													
<p style="text-align: center;">Estadística del tamaño de grano.</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Estadística</td> <td style="width: 30%;">Tamaño de grano</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>38.07</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>8.11</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>24.78</td> <td>µm</td> </tr> </table> <p style="text-align: center; color: red;">Según la ASTM A 247</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fundición nodular</td> <td style="width: 30%;">Tipo VI</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td>Forma del grafito</td> <td>nodular</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tamaño</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Matriz</td> <td>Ferritica</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Distribución</td> <td>Spiky Graphite</td> <td></td> </tr> </table>	Estadística	Tamaño de grano		Máximo	38.07	µm	Mínimo	8.11	µm	Promedio	24.78	µm	Fundición nodular	Tipo VI		Forma del grafito	nodular		Tamaño	5		Matriz	Ferritica		Distribución	Spiky Graphite		 <p style="text-align: center;">Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldada con precalentamiento a 350°C, material base, nital 2, 2Seg.</p>	
Estadística	Tamaño de grano																												
Máximo	38.07	µm																											
Mínimo	8.11	µm																											
Promedio	24.78	µm																											
Fundición nodular	Tipo VI																												
Forma del grafito	nodular																												
Tamaño	5																												
Matriz	Ferritica																												
Distribución	Spiky Graphite																												
<b>Componentes:</b>	<b>Grafito esferoidal en matriz de ferrita.</b>																												
<b>Componentes microestructurales:</b>	<b>Porcentajes:</b>																												
 <p style="text-align: center;">Imagen Magnificada a 100X</p>	 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grafito</td> <td>20,0</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>80,0</td> </tr> </tbody> </table>		S. Bitplane(s)	Field (%)	Grafito	20,0	Ferrita	80,0																					
S. Bitplane(s)	Field (%)																												
Grafito	20,0																												
Ferrita	80,0																												
<b>INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>																													
<p>En la micrografía analizada presenta los siguientes resultados el porcentaje de grafito esferoidal es del 20% con una matriz Ferritica del 80%, según la NORMA ASTM A247 la evaluación del grafito es del tipo VI con una forma nodular y una distribución aleatoria Spiky Graphite, el tamaño del grafito es de tipo 5 (6 – 12mm).</p>																													

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO DE LA ZAT.</b>		<b>E.M .N°070</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Pre calentamiento</b>	350°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	06/02/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>		Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"	
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Tiempo de ataque:</b>	2Seg.	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>Ataque químico</b>	Nital 2	<b>Acondicionamiento:</b>	Lijado y pulido
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
	MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido		
			
ZAT, 100X, Nital 2, 2Seg.			
			
ZAT, 200X, Nital 2, 2Seg.			

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																												
<b>EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ZAT.</b>		<b>E.M .N°071</b>																											
<b>ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE GRANO DEL GRAFITO.</b>	<b>MICROESTRUCTURA A 100X.</b>																												
<b>RESULTADOS DEL SOFTWARE.</b>																													
<p style="text-align: center;">Estadística del tamaño de grano.</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Estadística</td> <td style="width: 40%;">Tamaño de grano</td> <td style="width: 30%;"></td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>83.69</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>19.90</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>33.52</td> <td>µm</td> </tr> </table> <p style="text-align: center; color: red;">Según la ASTM A 247</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fundición nodular</td> <td style="width: 40%;">Tipo VI</td> <td style="width: 30%;"></td> </tr> <tr> <td>Forma del grafito</td> <td>Nodular</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tamaño</td> <td>4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Matriz</td> <td>Ferritica</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Distribución</td> <td>Spiky Graphite</td> <td></td> </tr> </table>	Estadística	Tamaño de grano		Máximo	83.69	µm	Mínimo	19.90	µm	Promedio	33.52	µm	Fundición nodular	Tipo VI		Forma del grafito	Nodular		Tamaño	4		Matriz	Ferritica		Distribución	Spiky Graphite		 <p style="text-align: center;">Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldada con precalentamiento a 350°C, ZAT, nital 2, 2Seg.</p>	
Estadística	Tamaño de grano																												
Máximo	83.69	µm																											
Mínimo	19.90	µm																											
Promedio	33.52	µm																											
Fundición nodular	Tipo VI																												
Forma del grafito	Nodular																												
Tamaño	4																												
Matriz	Ferritica																												
Distribución	Spiky Graphite																												
<b>Componentes:</b>																													
<b>Componentes microestructurales:</b>	<b>Porcentajes:</b>																												
 <p style="text-align: center;">Imagen Magnificada 100X</p>	 <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grafito</td> <td>21,5</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>78,5</td> </tr> </tbody> </table>		S. Bitplane(s)	Field (%)	Grafito	21,5	Ferrita	78,5																					
S. Bitplane(s)	Field (%)																												
Grafito	21,5																												
Ferrita	78,5																												
<b>INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>																													
<p>En la micrografía analizada presenta los siguientes resultados el porcentaje de grafito esferoidal es del 21.5% con una matriz Ferritica del 78.5%, según la NORMA ASTM A247 la evaluación del grafito es del tipo VI con una forma de nódulos distorsionados spiky Graphite y una aparición mayoritaria en la intercara de la soldadura, el tamaño del grafito es de tipo 4 (12 – 25 mm).</p>																													



	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO DEL METAL FUNDIDO</b>			<b>E.M .N°072</b>
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Precalentamiento</b>	350°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	06/02/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"		
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Tiempo de ataque:</b>	10 Seg.	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	Lijado y pulido		
<b>Ataque químico:</b>	Aleaciones de Niquel		
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
		MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido	
			
MF, AWS A5.15 ENiFe-CI, 100X, Aleaciones de Niquel, 10 Seg.			
			
MF, AWS A5.15 ENiFe-CI, 200X, Aleaciones de Niquel, 10 Seg.			

**RESULTADOS DEL SOFTWARE.**

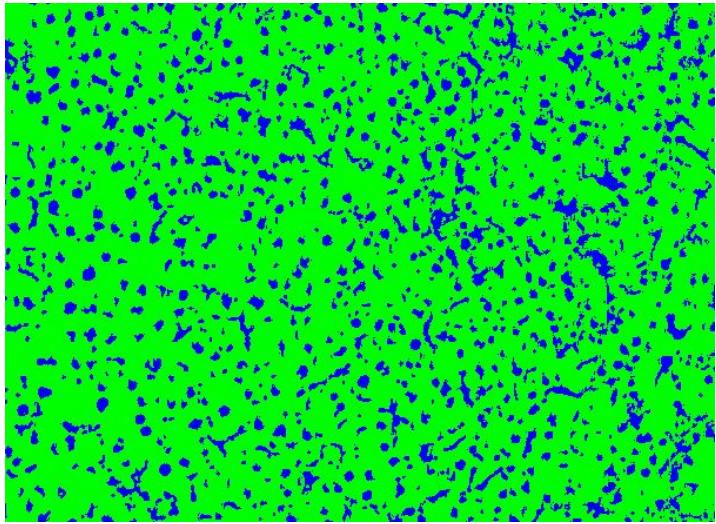
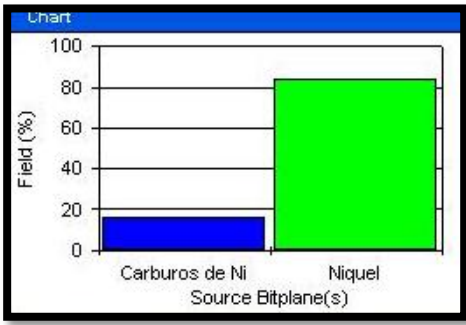





Imagen magnificada a 100X  
Soldadura con precalentamiento 350°C, Metal fundido  
(Cordón de soldadura)

Componentes microestructurales:	Porcentajes:						
	<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carburos de Ni</td> <td>16,0</td> </tr> <tr> <td>Niquel</td> <td>84,0</td> </tr> </tbody> </table>	S. Bitplane(s)	Field (%)	Carburos de Ni	16,0	Niquel	84,0
S. Bitplane(s)	Field (%)						
Carburos de Ni	16,0						
Niquel	84,0						



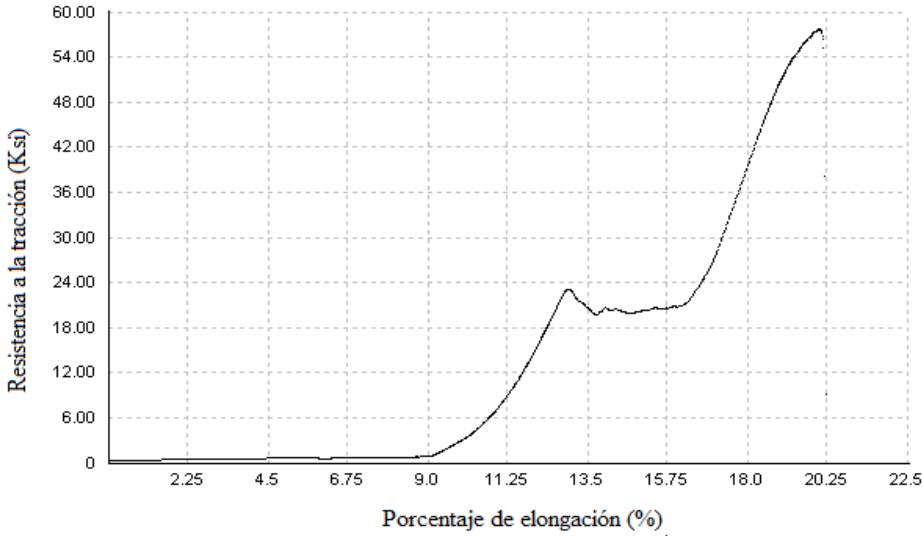
**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**



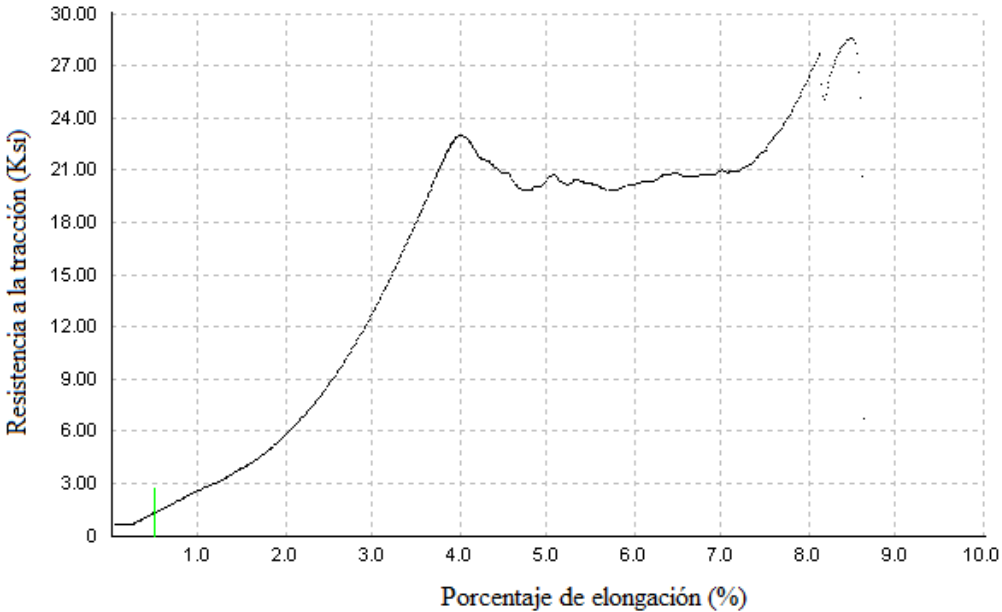
En la micrografía analizada presenta los siguientes resultados el porcentaje de carburos de Ni- es de 16% en una matriz de níquel de 84% y pequeñas inclusiones de carbono las mismas que se encuentran en forma de pequeños nódulos de grafito.



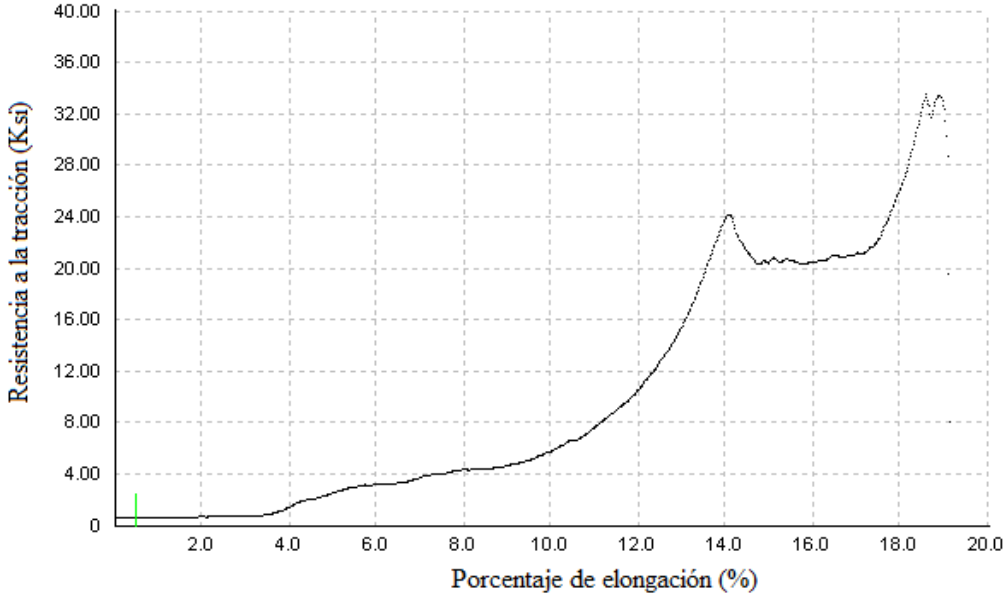
**4.1.33 Evaluación de las juntas soldadas de la unión de tubería de agua de hierro nodular con precalentamiento y dos tipos de junta.**



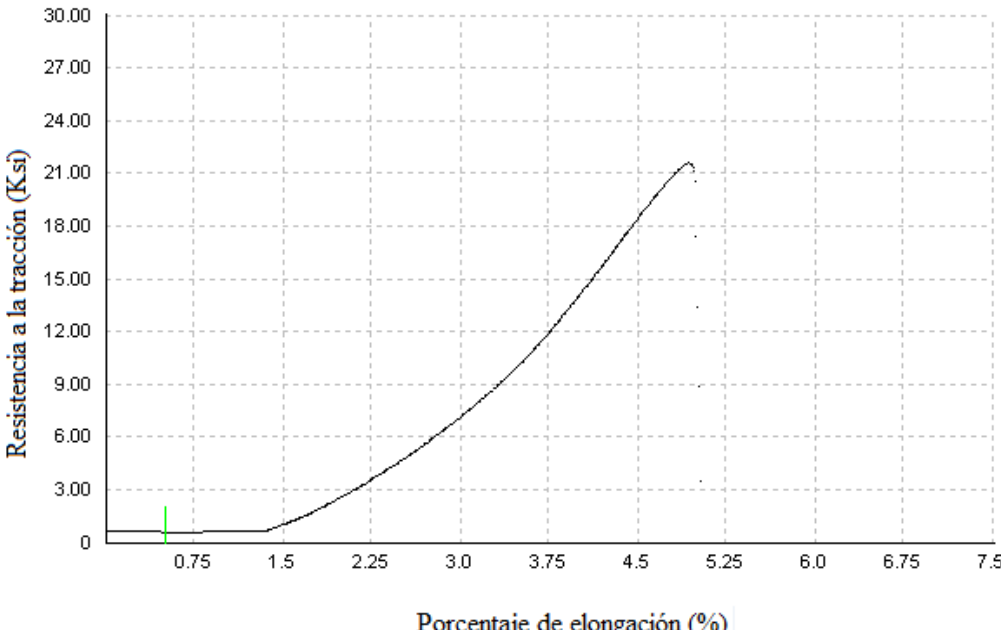
	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ESPÉCIMEN DE SOLDADURA</b>		<b>E.M .N°074</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS:</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Denominación:</b>	Níquel 99
<b>Tipo de soldadura:</b>	SMAW	<b>T. de precalentamiento</b>	200 °C – 350°C
<b>Numero de probetas:</b>	5	<b>Forma de calentamiento:</b>	Uso de fragua.
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	06 - 08/11/2013
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de materiales FICM		
<b>DETALLES:</b>			
<b>Dimensiones.</b>		<b>JUNTA DE SOLDADURA</b>	
<b>Espesor:</b>	6mm		
<b>Longitud:</b>	100mm		
<b>Diámetro:</b>	203mm		
<b>Preparación de probeta:</b>	torneado		
<b>Resistencia a la tracción:</b>	43.5.4 Mpa		
<b>Dureza:</b>	176.73 HB		
<b>Tipo de junta:</b>	En V de 30°		
<b># De probetas.</b>	<b>Material de aporte</b>	<b>T de precalentamiento</b>	<b>Enfriamiento.</b>
5	ENiFe - CI	200°C	Enfriamiento en CAL.
5	ENiFe - CI	250°C	Enfriamiento en CAL.
5	ENiFe - CI	300°C	Enfriamiento en CAL.
5	ENiFe - CI	350°C	Enfriamiento en CAL.
<b>OBSERVACIONES:</b>			
El proceso de soldadura se realizara con la junta en V de 30° y una variación de temperatura de 200 a 350°C.			

4.1.34 Ensayo de tracción de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 200 ° C, y electrodo ENiFe – CI.



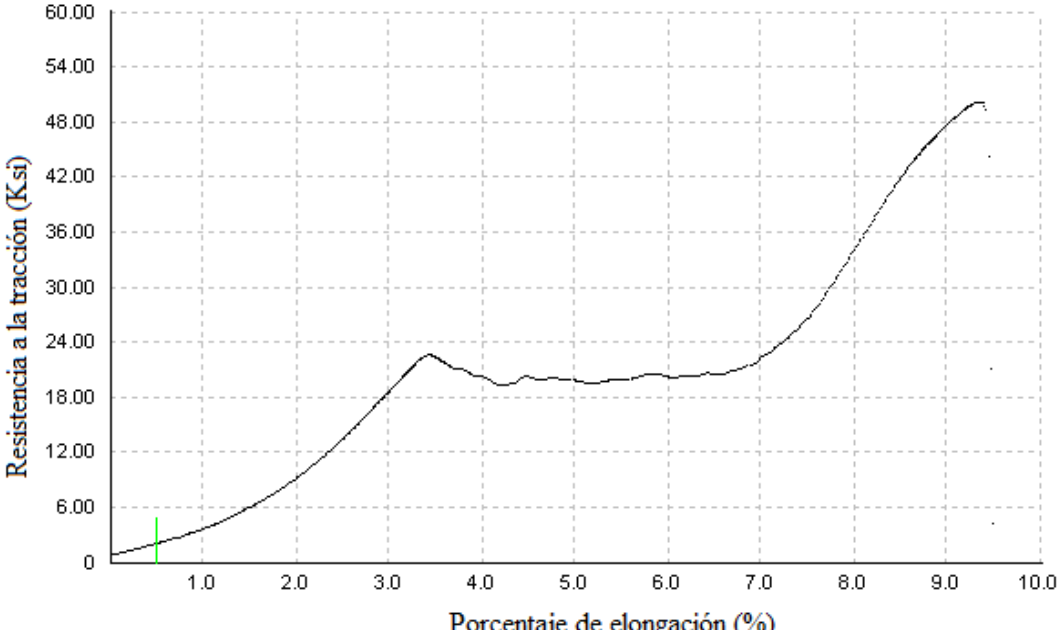
		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>			
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>				<b>E.M .Nº075</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>					
<b>T de precalentamiento:</b>	200°C	<b># de probeta:</b>	2.1.1		
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014		
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW		
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca		
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional.				
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.				
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN</b>					
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01		
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 30°		
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm		
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.		
<b>RESULTADOS</b>					
<b>Carga máxima:</b>	2220 Lbf	<b>Resistencia a la tracción:</b>	57.8 Ksi		
	9875 N		398.6 MPa		
<b>Ancho promedio:</b>	6.14 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	4.04 mm		
<b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b>					
					
<p>Probeta 2.1.1 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 200°C.</p>					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
<p>La fractura se produjo en la junta soldada.</p>					

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>			
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>				<b>E.M .N°076</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>					
<b>T de precalentamiento:</b>	200°C	<b># de probeta:</b>	2.1.2		
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014		
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW		
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca		
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional.				
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.				
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN</b>					
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01		
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 30°		
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm		
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.		
<b>RESULTADOS</b>					
<b>Carga máxima:</b>	1095 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	28.6 Ksi		
	4871 N		197.1 Mpa		
<b>Ancho promedio:</b>	6.07 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	4.08 mm		
<b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b>					
 <p>Resistencia a la tracción (K.sí)</p> <p>Porcentaje de elongación (%)</p>					
Probeta 2.1.2 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 200°C.					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
La fractura se produjo en la junta soldada.					

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>			
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>				<b>E.M .N°077</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>					
<b>T de precalentamiento:</b>	200°C	<b># de probeta:</b>	2.1.3		
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014		
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW		
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca		
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional.				
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.				
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN</b>					
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01		
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 30°		
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm		
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.		
<b>RESULTADOS</b>					
<b>Carga máxima:</b>	1251 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	33.5 Ksi		
	5565 N		230.8 Mpa		
<b>Ancho promedio:</b>	6.04 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	4.0 mm		
<b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b>					
					
<p>Probeta 2.1.3 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 200°C.</p>					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
<p>La fractura se produjo en la junta soldada.</p>					



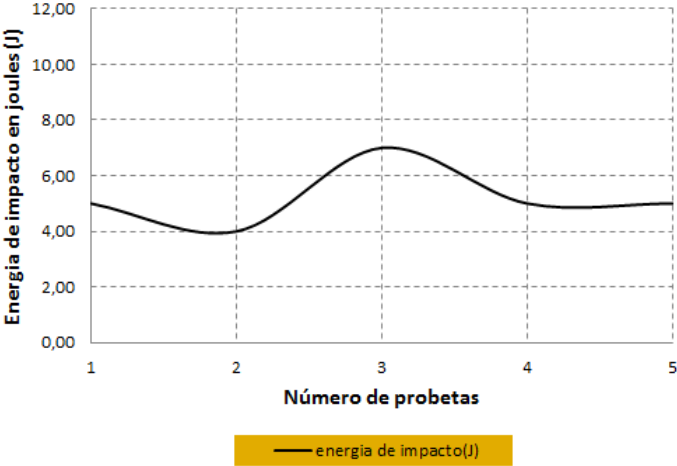

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>			
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>				<b>E.M .N°078</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>					
<b>T de precalentamiento:</b>	200°C	<b># de probeta:</b>	2.1.4		
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014		
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW		
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca		
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional.				
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.				
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN</b>					
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01		
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 30°		
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm		
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.		
<b>RESULTADOS</b>					
<b>Carga máxima:</b>	839 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	21.6 Ksi		
	3732 N		148.8 Mpa		
<b>Ancho promedio:</b>	6.28 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	4.0 mm		
<b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b>					
 <p>Resistencia a la tracción (Ksi)</p> <p>Porcentaje de elongación (%)</p>					
Probeta 2.1.4 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 200°C.					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
La fractura se produjo en la junta soldada.					





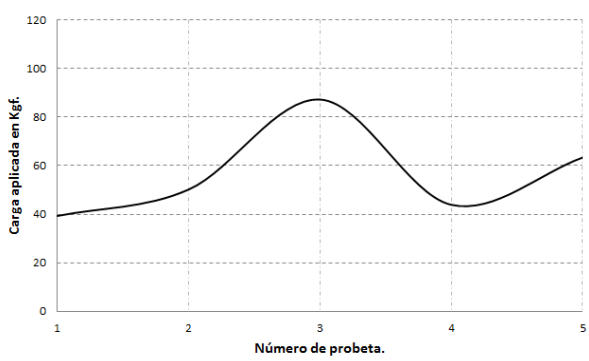
		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>			
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>				<b>E.M .N°079</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>					
<b>T de precalentamiento:</b>	200°C	<b># de probeta:</b>	2.1.5		
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014		
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW		
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca		
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional.				
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.				
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN</b>					
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01		
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 30°		
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm		
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.		
<b>RESULTADOS</b>					
<b>Carga máxima:</b>	1962 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	50.2 Ksi		
	8727 N		346.1 Mpa		
<b>Ancho promedio:</b>	6.27 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	4.03 mm		
<b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b>					
 <p>Resistencia a la tracción (Ksi)</p> <p>Porcentaje de elongación (%)</p>					
Probeta 2.1.5 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 200°C.					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
La fractura se produjo en la junta soldada.					





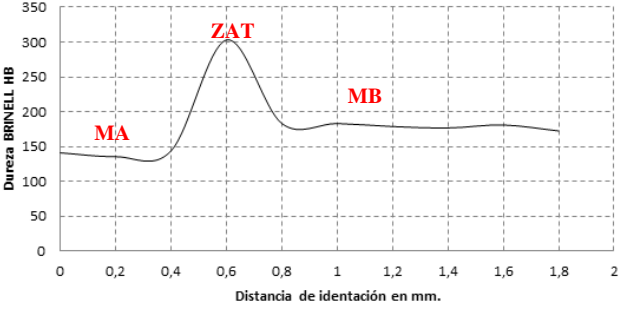

**4.1.35 Ensayo de impacto de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 200 ° C, y electrodo ENiFe – CI.**

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																
<b>ENSAYO DE IMPACTO CHARPY</b>			<b>E.M .N°080</b>														
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN:</b>																	
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>N° de probeta:</b>	2.1,(1.2.3.4.5)														
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Fecha de elaboración:</b>	28/05/2014														
<b>Realizado por:</b>	Aldás Milton	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca														
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM															
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																	
<b>Lugar:</b>	Campus Universitario Huachi Chico – UTA																
<b>Temperatura Ambiente:</b>	18.8° C	<b>Hora:</b>	8:50 AM														
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																	
<b>Realizado bajo norma:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E23-02														
<b>Instrumento:</b>	Péndulo Charpy	<b>Capacidad de carga:</b>	335.4 joules														
<b>Método:</b>	Carga de rotura.	<b>Tipo de prueba:</b>	Impacto														
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>		Fresado															
<b>RESULTADO:</b>																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th># de Probetas</th> <th>Energía en (J)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5.00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>4.00</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>7.00</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>5.00</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>5.00</td> </tr> <tr> <td><b>Promedio</b></td> <td><b>5.20</b></td> </tr> </tbody> </table>		# de Probetas	Energía en (J)	1	5.00	2	4.00	3	7.00	4	5.00	5	5.00	<b>Promedio</b>	<b>5.20</b>	<p style="text-align: center;"><b>CURVA DE IMPACTO CHARPY JUNTA SOLDADA EN V DE 30 CON PRECALENTAMIENTO DE 200°C.</b></p>  <p style="text-align: center;">Energía de impacto promedio = 5.20 J.</p>	
# de Probetas	Energía en (J)																
1	5.00																
2	4.00																
3	7.00																
4	5.00																
5	5.00																
<b>Promedio</b>	<b>5.20</b>																
																	
<b>OBSERVACIONES:</b>																	
<p>Los resultados del ensayo de impacto Charpy para la junta en V de 30° soldada con precalentamiento de 200°C indica un promedio energía de impacto promedio de 5.20J, esta se ha reducido en un 66.84% respecto de la energía del material base.</p>																	



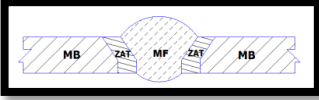
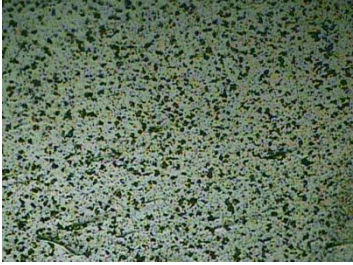
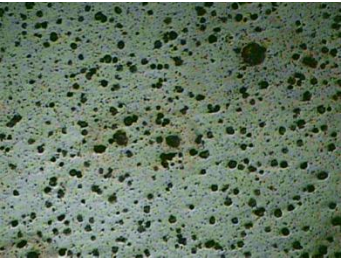
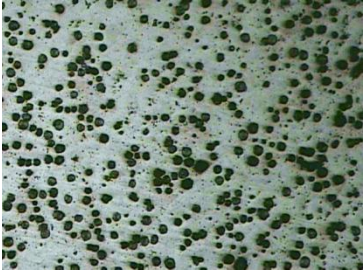
**4.1.36 Ensayo de flexión de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 200°C, y electrodo ENiFe – CI.**



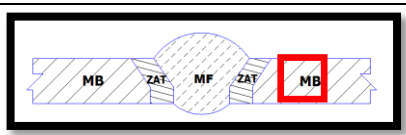
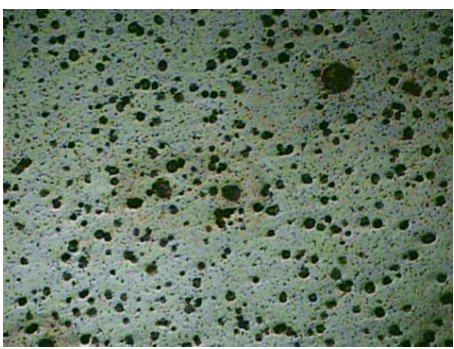
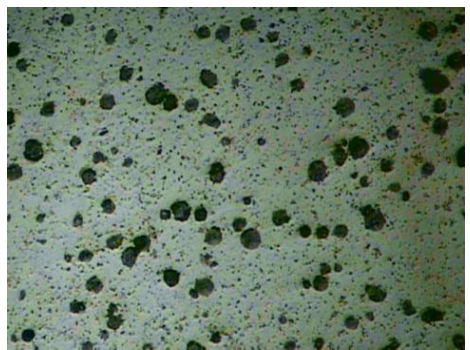
	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																
<b>ENSAYO DE FLEXIÓN GUIADO</b>		<b>E.M .N°081</b>															
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>																	
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b># de probeta:</b>	2.1.(1,2,3,4,5)														
<b>T de precalentamiento:</b>	200°C	<b>Fecha:</b>	14/03/14														
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Proceso:</b>	SMAW														
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Realizado por:</b>	Aldas Milton														
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca														
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM															
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																	
<b>Lugar:</b>		Campus Universitario Huachi Chico – UTA															
<b>Temperatura Ambiente:</b>		18.8° C	<b>Hora:</b> 9:15 AM														
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																	
<b>Realizado bajo norma:</b>		ASTM	<b>Designación:</b> E190 – 92														
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>		Torneado	<b>Tipo de junta:</b> En V de 30°														
<b>Método:</b>	Carga de rotura.		<b>Tipo de prueba:</b> De raíz de la soldadura.														
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal		<b>Capacidad de carga:</b> 30 Tn.														
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>		Esmerilado															
<b>RESULTADO:</b>																	
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #92d050;"># de Probetas</th> <th style="background-color: #92d050;">Carga Kgf</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">39.3</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">50.2</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">3</td><td style="text-align: center;">87.3</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4</td><td style="text-align: center;">43.9</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">5</td><td style="text-align: center;">63.4</td></tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>Promedio</b></td> <td style="text-align: center;"><b>56.82</b></td> </tr> </tbody> </table>	# de Probetas	Carga Kgf	1	39.3	2	50.2	3	87.3	4	43.9	5	63.4	<b>Promedio</b>	<b>56.82</b>	<p>Ensayo de flexión guiado para probetas soldadas con precalentamiento a 200°C y junta en V de 30°, hierro nodular</p>  <p style="text-align: center;">Carga de flexión promedio = 56.82Kgf. = 556.84N.</p>		
# de Probetas	Carga Kgf																
1	39.3																
2	50.2																
3	87.3																
4	43.9																
5	63.4																
<b>Promedio</b>	<b>56.82</b>																
<b>OBSERVACIONES:</b>																	
Del análisis de flexión realizado tenemos un promedio de 56.82Kgf esta carga respecto de la carga soportada por el material base tiene un porcentaje de reducción del 65.65%.																	

**4.1.37 Ensayo de dureza de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 200°C, y electrodo ENiFe – CI.**



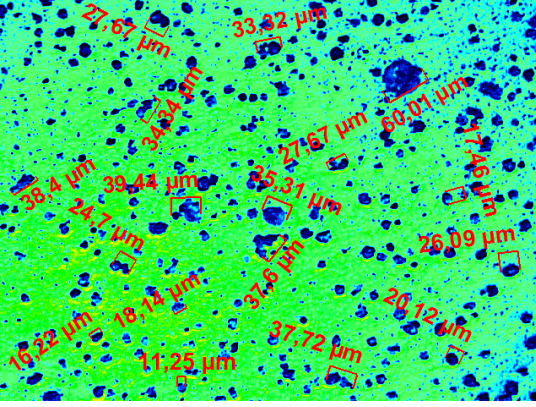
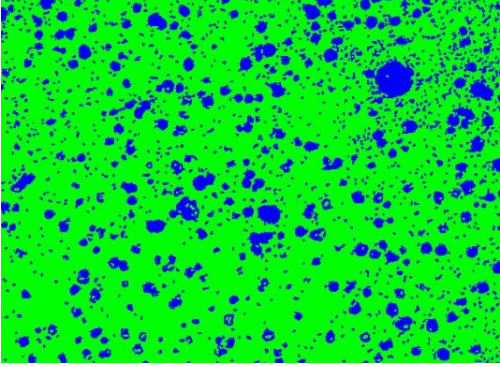
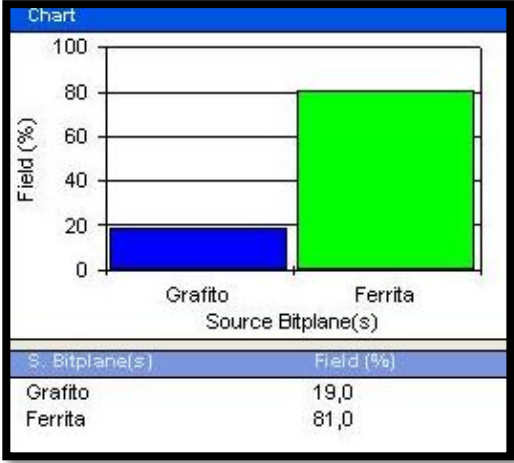
	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																																																		
<b>ENSAYO DE DUREZA</b>			<b>E.M .N°082</b>																																																
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>																																																			
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b># de probeta:</b>	2.1.6																																																
<b>T de precalentamiento:</b>	200°C	<b>Fecha:</b>	19/03/2014																																																
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Proceso:</b>	SMAW																																																
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Realizado por:</b>	Aldas Milton																																																
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca																																																
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM																																																	
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																																																			
<b>Lugar:</b>	Campus Universitario Huachi Chico – UTA																																																		
<b>Temperatura Ambiente:</b>	18.8° C	<b>Hora:</b>	9:15 AM																																																
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																																																			
<b>Realizado bajo norma:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E10-01																																																
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 30°																																																
<b>Método:</b>	Rowell	<b>Tipo:</b>	B																																																
<b>Tiempo del ensayo:</b>	15 min	<b>Rango de dureza:</b>	135.6 - 303HB																																																
<b>Carga aplicada</b>	980 N	<b>Tipo de indentador:</b>	Esfera de acero de 1/16 in																																																
<b>RESULTADO:</b>																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Zonas</th> <th>X mm</th> <th>Dureza HRB</th> <th>Dureza HB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>MA</td><td>0</td><td>78</td><td>141.1</td></tr> <tr><td>MA</td><td>0.2</td><td>76</td><td>135.6</td></tr> <tr><td>MA</td><td>0.4</td><td>79</td><td>143.9</td></tr> <tr><td><b>ZAT</b></td><td><b>0.6</b></td><td><b>107</b></td><td><b>303</b></td></tr> <tr><td>MB</td><td>0.8</td><td>90</td><td>183.2</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.0</td><td>90</td><td>183.2</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.2</td><td>89</td><td>178.9</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.4</td><td>88.5</td><td>176.8</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.6</td><td>89.5</td><td>181.1</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.8</td><td>87.5</td><td>172.5</td></tr> <tr><td><b>Promedio:</b></td><td></td><td><b>87.45</b></td><td><b>179.93</b></td></tr> </tbody> </table>	Zonas	X mm	Dureza HRB	Dureza HB	MA	0	78	141.1	MA	0.2	76	135.6	MA	0.4	79	143.9	<b>ZAT</b>	<b>0.6</b>	<b>107</b>	<b>303</b>	MB	0.8	90	183.2	MB	1.0	90	183.2	MB	1.2	89	178.9	MB	1.4	88.5	176.8	MB	1.6	89.5	181.1	MB	1.8	87.5	172.5	<b>Promedio:</b>		<b>87.45</b>	<b>179.93</b>	<p style="text-align: center;"><b>Ensayo de dureza, para probetas soldadas con precalentamiento a 200°C y junta en V de 30°, hierro nodular.</b></p>  <p style="text-align: center;">Dureza promedio = 87.45HRB = 179.79HB</p>		
Zonas	X mm	Dureza HRB	Dureza HB																																																
MA	0	78	141.1																																																
MA	0.2	76	135.6																																																
MA	0.4	79	143.9																																																
<b>ZAT</b>	<b>0.6</b>	<b>107</b>	<b>303</b>																																																
MB	0.8	90	183.2																																																
MB	1.0	90	183.2																																																
MB	1.2	89	178.9																																																
MB	1.4	88.5	176.8																																																
MB	1.6	89.5	181.1																																																
MB	1.8	87.5	172.5																																																
<b>Promedio:</b>		<b>87.45</b>	<b>179.93</b>																																																
																																																			
<b>OBSERVACIONES:</b>																																																			
La dureza obtenida del ensayo realizado es 179.79 HB, esta dureza se ha incrementado en un 2.19% respecto de la dureza del material base.																																																			



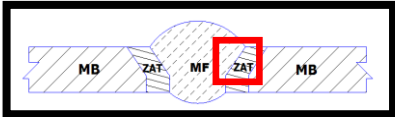
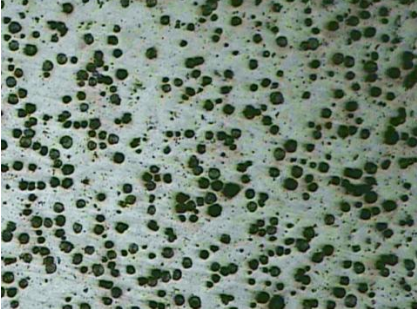

**4.1.38 Ensayo metalográfico de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 200°C, y electrodo ENiFe – CI.**



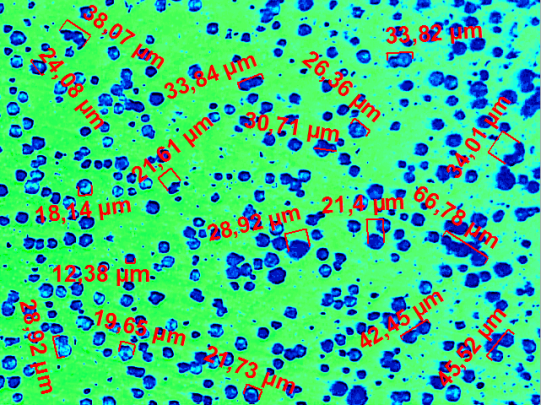
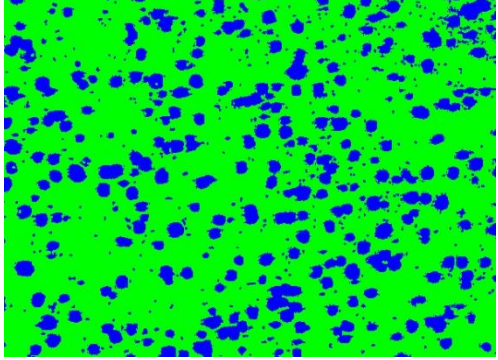
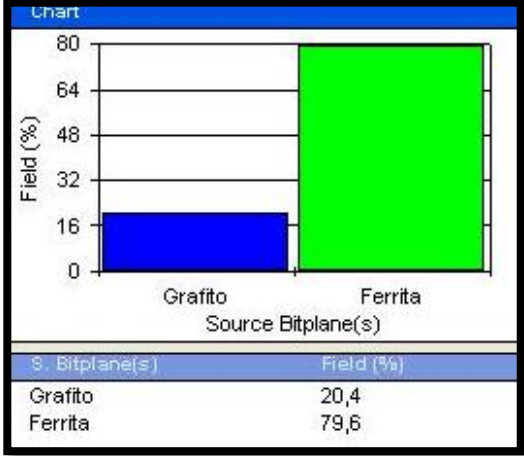
	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO</b>		<b>E.M .N°083</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPÉCIMEN.</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Precalentamiento</b>	200°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	09/04/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>		Laboratorio de Materiales FICM, “UTA”	
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Tiempo de ataque:</b>	- - -	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>		Lijado y pulido	
<b>Ataque químico</b>		Nital 2, Reactivo Níquel.	
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
		MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido	
			
MF		MB	
			
ZAT			
Junta soldada con precalentamiento a 200°C, 100X.			

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO, METAL BASE.</b>		<b>E.M .N°084</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Precalentamiento</b>	200°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	09/04/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"		
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Ataque químico</b>	Nital 2	<b>Acondicionamiento:</b>	Lijado y pulido
<b>Tiempo de ataque:</b>	2Seg.	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
	MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido		
			
METAL BASE 100X, Nital 2, 2Seg.			
			
METAL BASE 200X, Nital 2, 2Seg.			



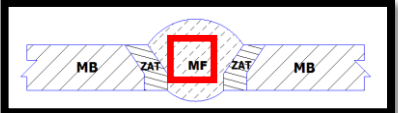
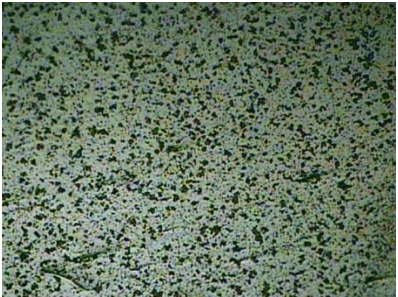
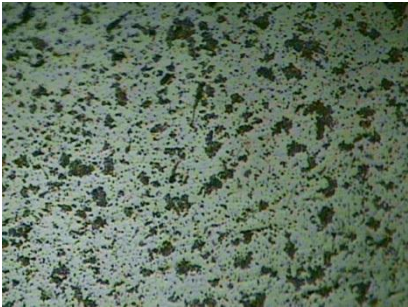




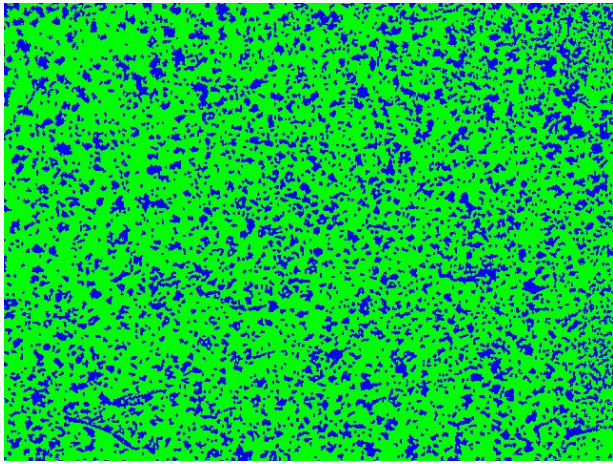
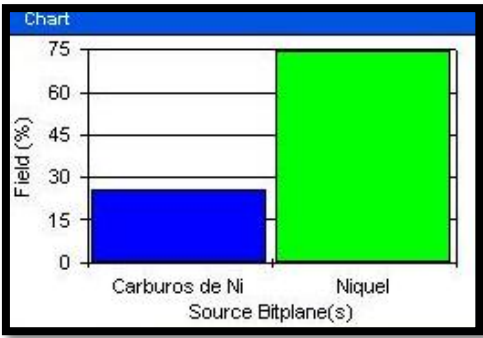
	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																											
<b>EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA DEL METAL BASE.</b>		<b>E.M .N°085</b>																										
<b>ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE GRANO DEL GRAFITO.</b>	<b>MICROESTRUCTURA A 100X.</b>																											
<b>RESULTADOS DEL SOFTWARE.</b>																												
<p style="text-align: center;">Estadística del tamaño de grano.</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Estadística</td> <td style="width: 30%;">Tamaño de grano</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>60.01</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>11.25</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>19.73</td> <td>µm</td> </tr> </table> <p style="text-align: center; color: red;">Según la ASTM A 247</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fundición nodular</td> <td style="width: 30%;">Tipo VI</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td>Forma del grafito</td> <td>Nodular</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tamaño</td> <td>6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Matriz</td> <td>Ferrítica</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Distribución</td> <td>Exploded graphite</td> <td></td> </tr> </table>	Estadística	Tamaño de grano		Máximo	60.01	µm	Mínimo	11.25	µm	Promedio	19.73	µm	Fundición nodular	Tipo VI		Forma del grafito	Nodular		Tamaño	6		Matriz	Ferrítica		Distribución	Exploded graphite		 <p style="text-align: center;">Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldada con precalentamiento a 200°C, material base, nital 2, 2Seg.</p>
Estadística	Tamaño de grano																											
Máximo	60.01	µm																										
Mínimo	11.25	µm																										
Promedio	19.73	µm																										
Fundición nodular	Tipo VI																											
Forma del grafito	Nodular																											
Tamaño	6																											
Matriz	Ferrítica																											
Distribución	Exploded graphite																											
<b>Componentes:</b>	<b>Grafito esferoidal en matriz de ferrita.</b>																											
<b>Componentes microestructurales:</b>	<b>Porcentajes:</b>																											
 <p style="text-align: center;">Imagen Magnificada a 100X</p>	 <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grafito</td> <td>19,0</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>81,0</td> </tr> </tbody> </table>		S. Bitplane(s)	Field (%)	Grafito	19,0	Ferrita	81,0																				
S. Bitplane(s)	Field (%)																											
Grafito	19,0																											
Ferrita	81,0																											
<b>INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>																												
<p>En la micrografía analizada presenta los siguientes resultados el porcentaje de grafito esferoidal es del 19% con una matriz Ferrítica del 81%, según la NORMA ASTM A247 la evaluación del grafito es del tipo V con una forma nodular y una distribución aleatoria Exploded graphite, el tamaño del grafito es de tipo 6 (3 – 6 mm).</p>																												

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO DE LA ZAT.</b>		<b>E.M .N°086</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Pre calentamiento</b>	200°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	09/04/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"		
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRÁFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Ataque químico</b>	Nital 2	<b>Acondicionamiento:</b>	Lijado y pulido
<b>Tiempo de ataque:</b>	2Seg.	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
	MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido		
			
ZAT, 100X, Nital 2, 2Seg.			
			
ZAT, 200X, Nital 2, 2Seg.			



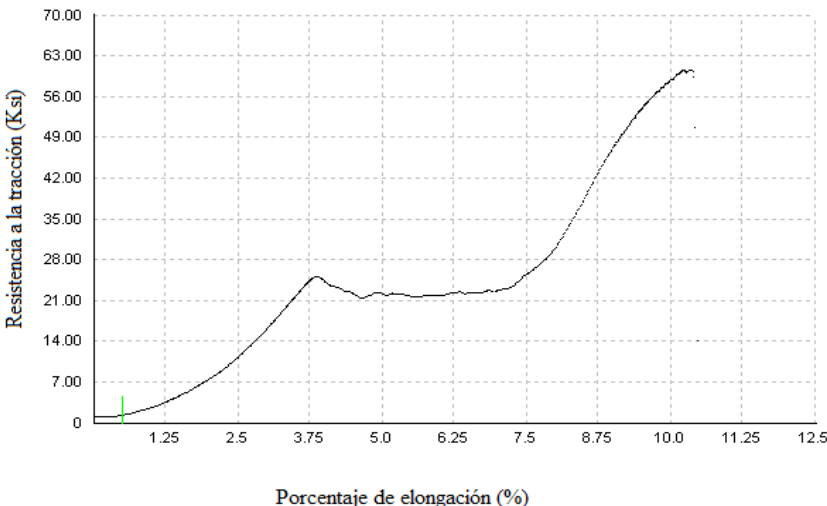
	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																												
<b>EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ZAT.</b>		<b>E.M .N°087</b>																											
<b>ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE GRANO DEL GRAFITO.</b>	<b>MICROESTRUCTURA A 100X.</b>																												
<b>RESULTADOS DEL SOFTWARE.</b>																													
<p style="text-align: center;">Estadística del tamaño de grano.</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Estadística</td> <td style="width: 30%;">Tamaño de grano</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>66.78</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>12.38</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>30.47</td> <td>µm</td> </tr> </table> <p style="text-align: center; color: red;">Según la ASTM A 247</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fundición nodular</td> <td style="width: 30%;">Tipo VI</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td>Forma del grafito</td> <td>Nodular</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tamaño</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Matriz</td> <td>Ferrítica</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Distribución</td> <td>Spiky graphite</td> <td></td> </tr> </table>	Estadística	Tamaño de grano		Máximo	66.78	µm	Mínimo	12.38	µm	Promedio	30.47	µm	Fundición nodular	Tipo VI		Forma del grafito	Nodular		Tamaño	5		Matriz	Ferrítica		Distribución	Spiky graphite		 <p style="text-align: center;">Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldada con precalentamiento a 200°C, ZAT, nital 2, 2Seg.</p>	
Estadística	Tamaño de grano																												
Máximo	66.78	µm																											
Mínimo	12.38	µm																											
Promedio	30.47	µm																											
Fundición nodular	Tipo VI																												
Forma del grafito	Nodular																												
Tamaño	5																												
Matriz	Ferrítica																												
Distribución	Spiky graphite																												
<b>Componentes:</b>	<b>Grafito esferoidal en matriz de ferrita.</b>																												
<b>Componentes microestructurales:</b>	<b>Porcentajes:</b>																												
 <p style="text-align: center;">Imagen Magnificada a 100X</p>	 <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grafito</td> <td>20,4</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>79,6</td> </tr> </tbody> </table>		S. Bitplane(s)	Field (%)	Grafito	20,4	Ferrita	79,6																					
S. Bitplane(s)	Field (%)																												
Grafito	20,4																												
Ferrita	79,6																												
<b>INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>																													
<p>En la micrografía analizada presenta los siguientes resultados el porcentaje de grafito es del 20.4% con una matriz Ferrítica del 79.6%, según la NORMA ASTM A247 la evaluación del grafito es del tipo VI con una forma de nódulos distorsionados (Spiky graphite) y una aparición mayoritaria en la intercara de la soldadura, el tamaño del grafito es de tipo 5 (6 - 12 mm).</p>																													



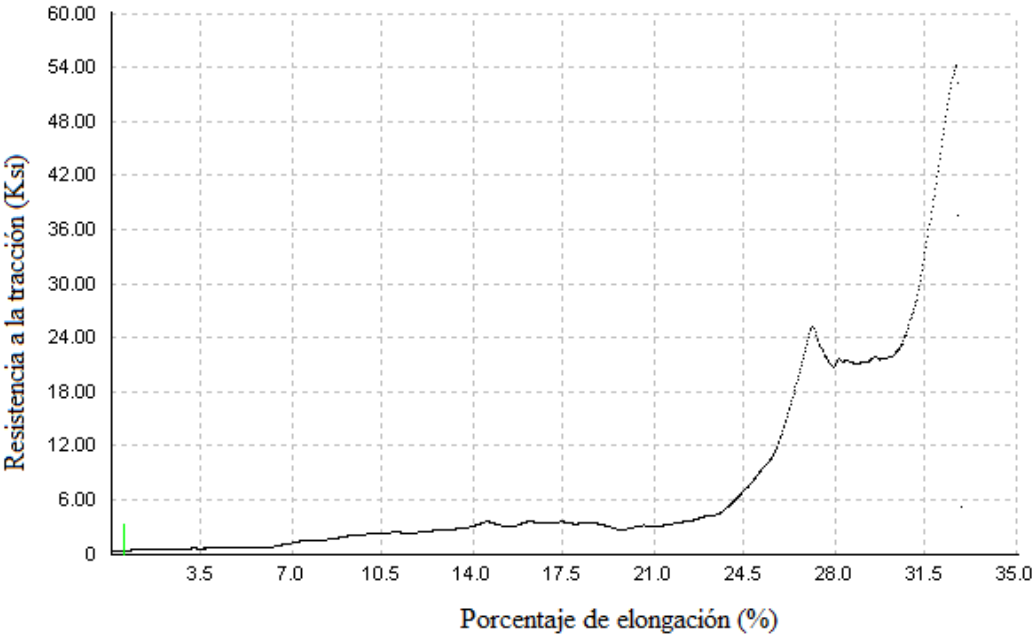


	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO DEL METAL FUNDIDO</b>		<b>E.M .N°088</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Pre calentamiento</b>	200°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	09/04/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>		Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"	
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Ataque químico:</b>	Aleaciones de Niquel.	<b>Acondicionamiento:</b>	Lijado y pulido
<b>Tiempo de ataque:</b>	6 Seg.	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
	MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido		
			
MF, AWS A5.15 ENiFe-CI, 100X, Aleaciones de Niquel, 6 Seg.			
			
MF, AWS A5.15 ENiFe-CI, 200X, Aleaciones de Niquel, 6 Seg.			

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>							
<b>EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ZAT.</b>		<b>E.M .N°089</b>						
<b>RESULTADOS DEL SOFTWARE.</b>								
 <p data-bbox="678 981 989 1014">Imagen magnificada a 100X</p> <p data-bbox="539 1014 1128 1086">Soldadura con precalentamiento 200°C, Metal fundido (Cordón de soldadura)</p>								
Componentes:	Porcentajes:							
	<table border="1" data-bbox="837 1236 1359 1344"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carburos de Ni</td> <td>25,5</td> </tr> <tr> <td>Niquel</td> <td>74,5</td> </tr> </tbody> </table>		S. Bitplane(s)	Field (%)	Carburos de Ni	25,5	Niquel	74,5
S. Bitplane(s)	Field (%)							
Carburos de Ni	25,5							
Niquel	74,5							
<b>INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>								
<p data-bbox="295 1713 1372 1870">En la micrografía analizada presenta los siguientes resultados el porcentaje de carburos de níquel es de 25.5% en una matriz de níquel de 74.5% y pequeñas inclusiones de carbono las mismas que se encuentran en forma de pequeños nódulos de grafito.</p>								

**4.1.39 Ensayo de tracción de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 250 ° C, y electrodo ENiFe – CI.**

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>			
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>				<b>E.M .N°090</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>					
<b>T de precalentamiento:</b>	250°C	<b># de probeta:</b>	2.2.1		
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014		
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW		
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca		
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional				
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.				
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN</b>					
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01		
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 30°		
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm		
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.		
<b>RESULTADOS</b>					
<b>Carga máxima:</b>	2130 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	60.6 Ksi		
	9475 N		417.8 Mpa		
<b>Ancho promedio:</b>	5.72 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.97 mm		
<b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b>					
 <p>Resistencia a la tracción (Ksi)</p> <p>Porcentaje de elongación (%)</p>					
Probeta 2.2.1 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 250°C.					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
La fractura se produjo en la junta soldada.					

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>			
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>				<b>E.M .N°091</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>					
<b>T de precalentamiento:</b>	250°C	<b># de probeta:</b>	2.2.2	<b>Fecha:</b>	04/04/2014
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca		
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional				
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.				
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN</b>					
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01		
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 30°		
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm		
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.		
<b>RESULTADOS</b>					
<b>Carga máxima:</b>	1956 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	54.2 Ksi		
	8701 N		373.7 Mpa		
<b>Ancho promedio:</b>	5.94 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.92 mm		
<b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b>					
 <p>Resistencia a la tracción (Ksi)</p> <p>Porcentaje de elongación (%)</p>					
Probeta 2.2.2 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 250°C.					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
La fractura se produjo en el metal base.					



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**E.M .N°092**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN**

<b>T de precalentamiento:</b>	250°C	<b># de probeta:</b>	2.2.3
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional		
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.		

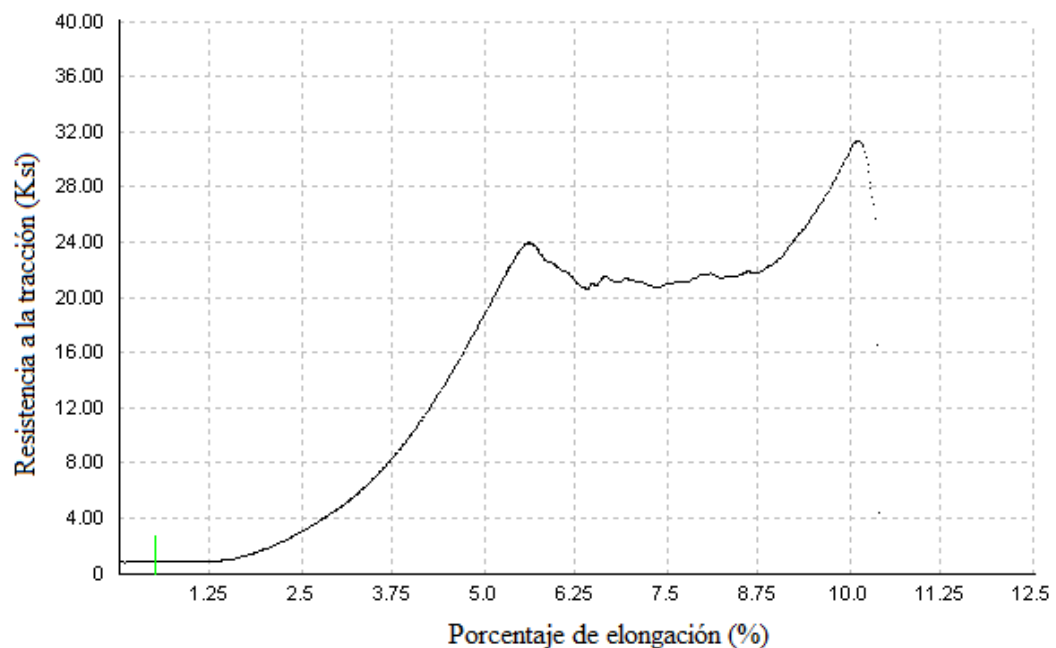
**PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN**

<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 30°
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.

**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	1154 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	31.4 Ksi
	5133 N		216.2 Mpa
<b>Ancho promedio:</b>	6.05 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.93 mm



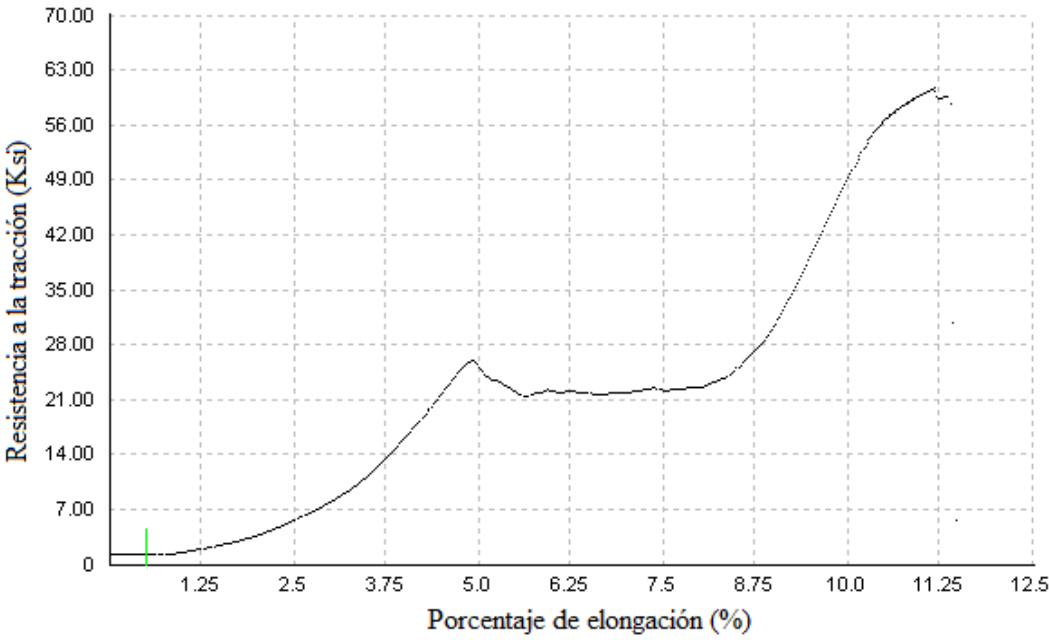
**GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.**



Probeta 2.2.3 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 250°C.



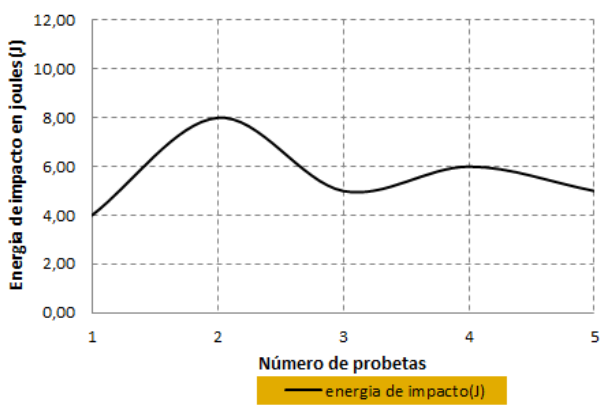

**OBSERVACIONES:**

La fractura se produjo en la junta soldada



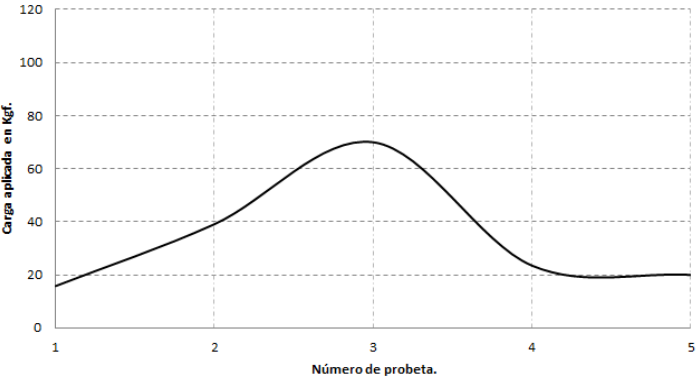
		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																									
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>				<b>E.M .N°093</b>																							
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>																											
<b>T de precalentamiento:</b>	250°C	<b># de probeta:</b>	2.2.4																								
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014																								
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW																								
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca																								
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional																										
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.																										
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN</b>																											
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01																								
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 30°																								
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm																								
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.																								
<b>RESULTADOS</b>																											
<b>Carga máxima:</b>	2120 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	60.6 Ksi																								
	9430 N		417.5 Mpa																								
<b>Ancho promedio:</b>	5.76 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.93 mm																								
<b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b>																											
 <table border="1"> <caption>Datos del gráfico de Resistencia a la tracción vs. Porcentaje de elongación</caption> <thead> <tr> <th>Porcentaje de elongación (%)</th> <th>Resistencia a la tracción (Ksi)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1.25</td><td>~2</td></tr> <tr><td>2.5</td><td>~5</td></tr> <tr><td>3.75</td><td>~12</td></tr> <tr><td>5.0</td><td>21.2</td></tr> <tr><td>6.25</td><td>21.0</td></tr> <tr><td>7.5</td><td>~21</td></tr> <tr><td>8.75</td><td>~25</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>~45</td></tr> <tr><td>11.25</td><td>60.6</td></tr> </tbody> </table>						Porcentaje de elongación (%)	Resistencia a la tracción (Ksi)	0	0	1.25	~2	2.5	~5	3.75	~12	5.0	21.2	6.25	21.0	7.5	~21	8.75	~25	10.0	~45	11.25	60.6
Porcentaje de elongación (%)	Resistencia a la tracción (Ksi)																										
0	0																										
1.25	~2																										
2.5	~5																										
3.75	~12																										
5.0	21.2																										
6.25	21.0																										
7.5	~21																										
8.75	~25																										
10.0	~45																										
11.25	60.6																										
<p>Probeta 2.2.4 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 250°C.</p>																											
<b>OBSERVACIONES:</b>																											
La fractura se produjo en la junta soldada																											



**4.1.40 Ensayo de impacto de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 250°C, y electrodo ENiFe – CI**



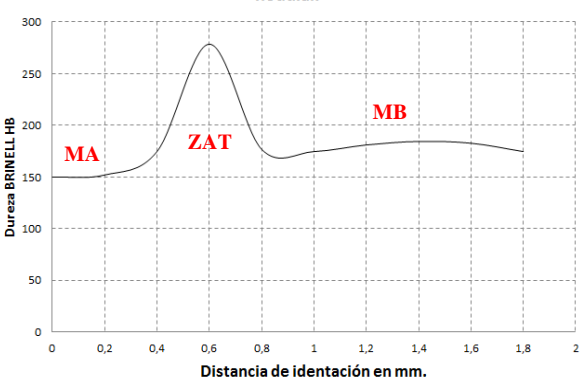

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>															
<b>ENSAYO DE IMPACTO CHARPY</b>		<b>E.M .N°094</b>														
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN:</b>																
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>N° de probeta:</b>	2.2,(1.2.3.4.5)													
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Fecha de elaboración:</b>	28/05/2014													
<b>Realizado por:</b>	Aldás Milton	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca													
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM														
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																
<b>Lugar:</b>	Campus Universitario Huachi Chico – UTA															
<b>Temperatura Ambiente:</b>	18.8° C	<b>Hora:</b>	10:30 AM													
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																
<b>Realizado bajo norma:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E23-02													
<b>Instrumento:</b>	Péndulo Charpy	<b>Capacidad de carga:</b>	335.4 joules													
<b>Método:</b>	Carga de rotura.	<b>Tipo de prueba:</b>	Impacto													
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>		Fresado														
<b>RESULTADO:</b>																
<table border="1"> <thead> <tr> <th># de Probetas</th> <th>Energía en (J)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>4.00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>8.00</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>5.00</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>6.00</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>5.00</td> </tr> <tr> <td><b>Promedio</b></td> <td><b>5.60</b></td> </tr> </tbody> </table>	# de Probetas	Energía en (J)	1	4.00	2	8.00	3	5.00	4	6.00	5	5.00	<b>Promedio</b>	<b>5.60</b>	<p><b>CURVA DE IMPACTO CHARPY JUNTA SOLDADA EN V DE 30 CON PRECALENTAMIENTO DE 250°C.</b></p>  <p style="text-align: center;">Energía de impacto promedio = 5.60 J.</p>	
# de Probetas	Energía en (J)															
1	4.00															
2	8.00															
3	5.00															
4	6.00															
5	5.00															
<b>Promedio</b>	<b>5.60</b>															
																
<b>OBSERVACIONES:</b>																
<p>Los resultados del ensayo de impacto Charpy para la junta en V de 30° soldada con precalentamiento de 250°C indica un promedio energía de impacto promedio de 5.60J, esta se ha reducido en un 64.28% respecto de la energía del material base.</p>																

**4.1.41 Ensayo de flexión de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 250°C, y electrodo ENiFe – CI.**



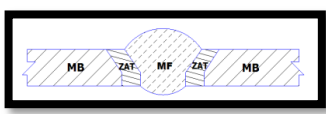
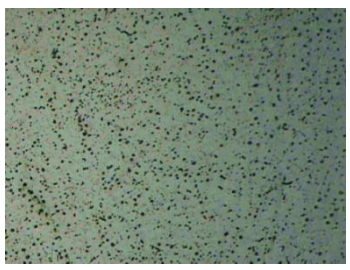
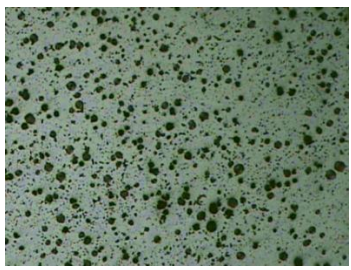
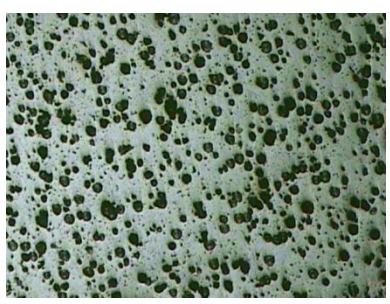
		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																	
<b>ENSAYO DE FLEXIÓN GUIADO</b>				<b>E.M .N°095</b>															
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>																			
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b># de probeta:</b>	2.1,(1.2.3.4.5)																
<b>T de precalentamiento:</b>	250°C	<b>Fecha:</b>	14/03/2014																
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Proceso:</b>	SMAW																
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Realizado por:</b>	Aldas Milton																
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca																
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM																	
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																			
<b>Lugar:</b>	Campus Universitario Huachi Chico – UTA																		
<b>Temperatura Ambiente:</b>	18.8° C	<b>Hora:</b>	9:15 AM																
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																			
<b>Realizado bajo norma:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E190 – 92																
<b>Método:</b>	Carga de rotura.	<b>Tipo de prueba:</b>	De raíz de la soldadura.																
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad de carga:</b>	30 Tn.																
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>		Esmerilado																	
<b>RESULTADO:</b>																			
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th># de Probetas</th> <th>Carga Kgf</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>15.8</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>39.1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>23.5</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td><b>Promedio</b></td> <td><b>33.68</b></td> </tr> </tbody> </table>		# de Probetas	Carga Kgf	1	15.8	2	39.1	3	70	4	23.5	5	20	<b>Promedio</b>	<b>33.68</b>	<p style="text-align: center;"><b>Ensayo de flexión guiado para probetas soldadas con precalentamiento a 250°C y junta en V de 30°, hierro nodular</b></p>  <p style="text-align: center;">Carga de flexión promedio = 33.68Kgf. = 330.1N.</p>			
# de Probetas	Carga Kgf																		
1	15.8																		
2	39.1																		
3	70																		
4	23.5																		
5	20																		
<b>Promedio</b>	<b>33.68</b>																		
<b>OBSERVACIONES:</b>																			
<p>Del análisis de flexión realizado tenemos un promedio de carga de 33.68 Kgf esta carga respecto de la carga soportada por el material base tiene un porcentaje de reducción del 79.64%.</p>																			



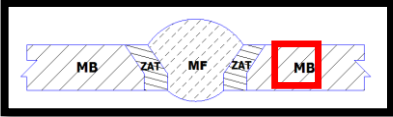
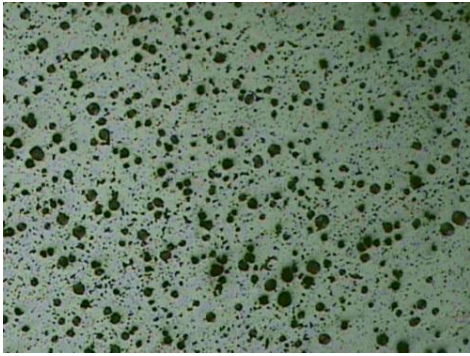
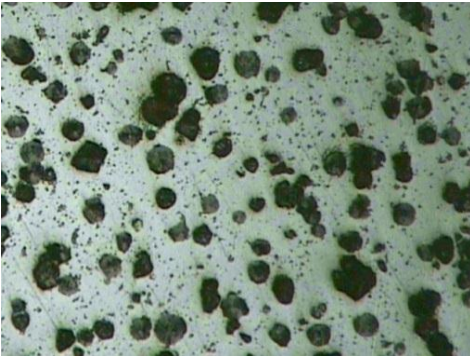


**4.1.42 Ensayo de dureza de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 200 ° C, y electrodo ENiFe – CI.**

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																																																			
<b>ENSAYO DE DUREZA</b>				<b>E.M .N°096</b>																																																	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>																																																					
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b># de probeta:</b>	2.2.6																																																		
<b>T de precalentamiento:</b>	250°C	<b>Fecha:</b>	19/03/2014																																																		
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Proceso:</b>	SMAW																																																		
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Realizado por:</b>	Aldas Milton																																																		
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca																																																		
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM																																																			
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																																																					
<b>Lugar:</b>		Campus Universitario Huachi Chico – UTA																																																			
<b>Temperatura Ambiente:</b>		18.8° C	<b>Hora:</b>	9:15 AM																																																	
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																																																					
<b>Realizado bajo norma:</b>		ASTM	<b>Designación:</b>	E10-01																																																	
<b>Método:</b>		Rowell	<b>Tipo:</b>	B																																																	
<b>Tiempo del ensayo:</b>		15 min	<b>Rango de dureza:</b>	149.9 – 278.6 HB																																																	
<b>Carga aplicada</b>		980 N	<b>Tipo de indentador:</b>	Esfera de acero de 1/16 in																																																	
<b>RESULTADO:</b>																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Zonas</th> <th>X mm</th> <th>Dureza HRB</th> <th>Dureza HB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>MA</td><td>0</td><td>81</td><td>149.9</td></tr> <tr><td>MA</td><td>0.2</td><td>81.7</td><td>152</td></tr> <tr><td>MA</td><td>0.4</td><td>88</td><td>174.7</td></tr> <tr><td><b>ZAT</b></td><td><b>0.6</b></td><td><b>105</b></td><td><b>278.6</b></td></tr> <tr><td>MB</td><td>0.8</td><td>88.5</td><td>176.8</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.0</td><td>88</td><td>174.7</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.2</td><td>89.5</td><td>181</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.4</td><td>90.3</td><td>184.5</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.6</td><td>89.9</td><td>182.8</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.8</td><td>88</td><td>174.7</td></tr> <tr> <td><b>Promedio:</b></td> <td></td> <td><b>88.99</b></td> <td><b>182.97</b></td> </tr> </tbody> </table>				Zonas	X mm	Dureza HRB	Dureza HB	MA	0	81	149.9	MA	0.2	81.7	152	MA	0.4	88	174.7	<b>ZAT</b>	<b>0.6</b>	<b>105</b>	<b>278.6</b>	MB	0.8	88.5	176.8	MB	1.0	88	174.7	MB	1.2	89.5	181	MB	1.4	90.3	184.5	MB	1.6	89.9	182.8	MB	1.8	88	174.7	<b>Promedio:</b>		<b>88.99</b>	<b>182.97</b>	<p style="text-align: center;">Ensayo de dureza, para probetas soldadas con precalentamiento a 250°C y junta en V de 30°, hierro nodular.</p>  <p style="text-align: center;">Dureza promedio = 88.99HRB = 182.98HB</p>	
Zonas	X mm	Dureza HRB	Dureza HB																																																		
MA	0	81	149.9																																																		
MA	0.2	81.7	152																																																		
MA	0.4	88	174.7																																																		
<b>ZAT</b>	<b>0.6</b>	<b>105</b>	<b>278.6</b>																																																		
MB	0.8	88.5	176.8																																																		
MB	1.0	88	174.7																																																		
MB	1.2	89.5	181																																																		
MB	1.4	90.3	184.5																																																		
MB	1.6	89.9	182.8																																																		
MB	1.8	88	174.7																																																		
<b>Promedio:</b>		<b>88.99</b>	<b>182.97</b>																																																		
																																																					
<b>OBSERVACIONES:</b>																																																					
La dureza obtenida del ensayo realizado es 182.98 HB, esta dureza se ha incrementado en un 3.92% respecto de la dureza del material base.																																																					

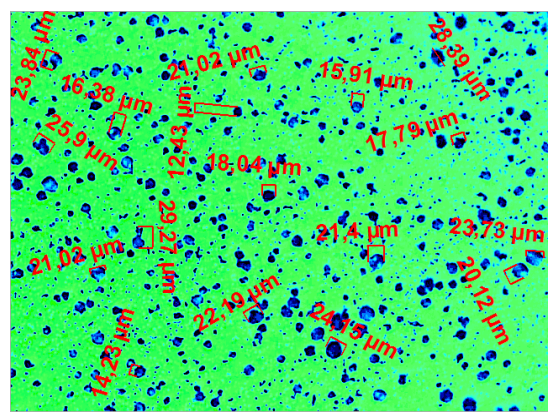
**4.1.43 Ensayo metalográfico de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 250°C, y electrodo ENiFe – CI.**

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO</b>			<b>E.M .N°097</b>
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPÉCIMEN.</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Precalentamiento</b>	250°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	09/04/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de Materiales FICM, “UTA”		
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Tiempo de ataque:</b>	N/A	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>Ataque químico</b>	Nital 2, Reactivo Níquel.		
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	Lijado y pulido		
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
		MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido	
			
MF		MB	
			
ZAT			
Junta soldada con precalentamiento a 250°C, 100X.			

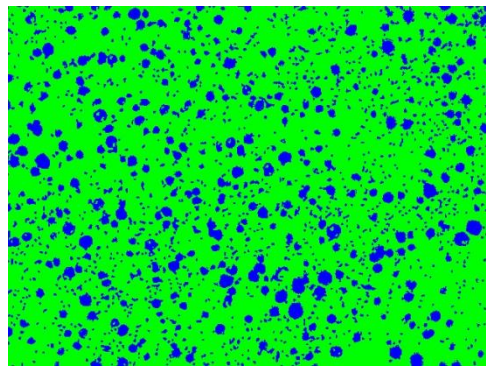
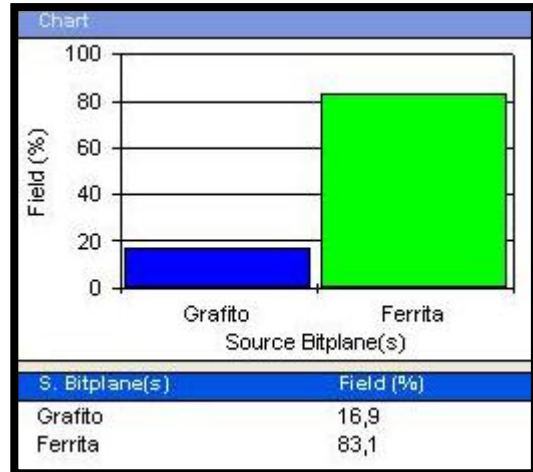
	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO, METAL BASE.</b>		<b>E.M .N°098</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Precalentamiento</b>	250°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	09/04/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>		Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"	
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Ataque químico:</b>	Nital 2	<b>Acondicionamiento:</b>	Lijado y pulido
<b>Tiempo de ataque:</b>	2Seg.	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
	MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido		
			
METAL BASE 100X, Nital 2, 2Seg.			
			
METAL BASE 200X, Nital 2, 2Seg.			

<b>EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA DEL METAL BASE.</b>	<b>E.M .N°099</b>
---	-------------------

ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE GRANO DEL GRAFITO.	MICROESTRUCTURA A 100X.
---	-------------------------

<p><b>RESULTADOS DEL SOFTWARE.</b></p> <p>Estadística del tamaño de grano.</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Estadística</td> <td style="width: 30%;">Tamaño de grano</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>29.27</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>12.43</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>17.84</td> <td>µm</td> </tr> </table> <p style="color: red; text-align: center;"><b>Según la ASTM A 247</b></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fundición nodular</td> <td style="width: 30%;">Tipo VI</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td>Forma del grafito</td> <td>Nodular</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tamaño</td> <td>6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Matriz</td> <td>Ferritica</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Distribución</td> <td>Spiky Graphite</td> <td></td> </tr> </table>	Estadística	Tamaño de grano		Máximo	29.27	µm	Mínimo	12.43	µm	Promedio	17.84	µm	Fundición nodular	Tipo VI		Forma del grafito	Nodular		Tamaño	6		Matriz	Ferritica		Distribución	Spiky Graphite		 <p style="text-align: center;">Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldada con precalentamiento a 250°C, material base, nital 2, 2Seg.</p>
Estadística	Tamaño de grano																											
Máximo	29.27	µm																										
Mínimo	12.43	µm																										
Promedio	17.84	µm																										
Fundición nodular	Tipo VI																											
Forma del grafito	Nodular																											
Tamaño	6																											
Matriz	Ferritica																											
Distribución	Spiky Graphite																											

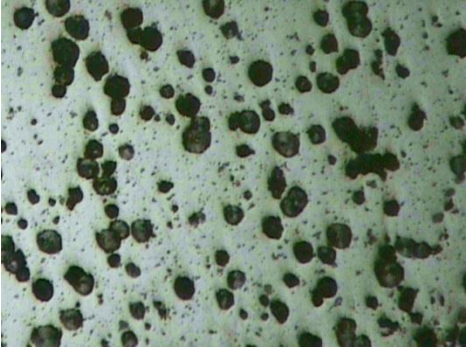
Componentes:	Grafito esferoidal en matriz de ferrita.
Componentes microestructurales:	Porcentajes:



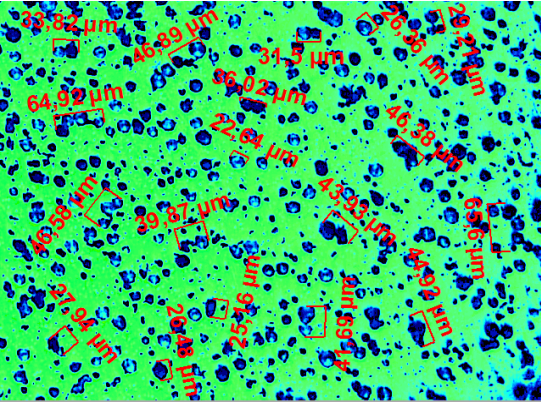
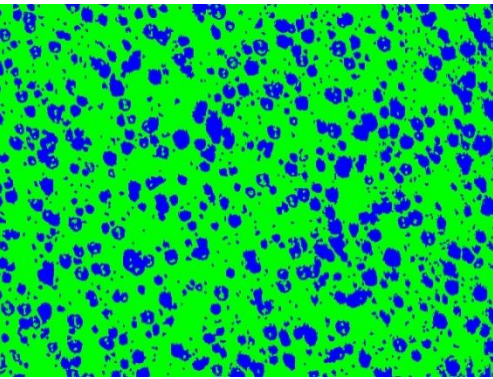
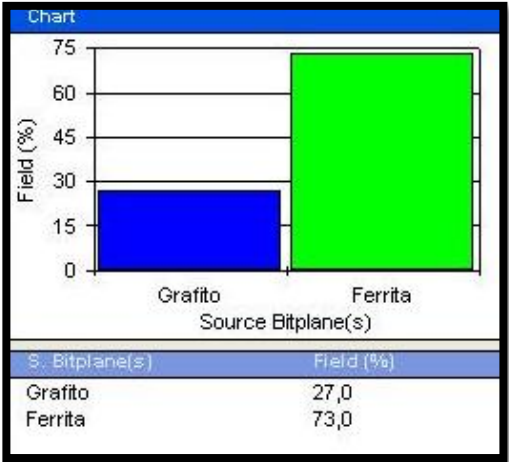
 <p style="text-align: center;">Imagen Magnificada a 100X</p>	 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grafito</td> <td>16,9</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>83,1</td> </tr> </tbody> </table>	S. Bitplane(s)	Field (%)	Grafito	16,9	Ferrita	83,1
S. Bitplane(s)	Field (%)						
Grafito	16,9						
Ferrita	83,1						



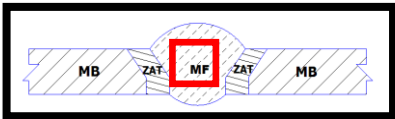
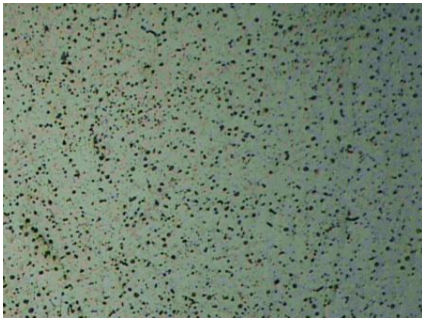
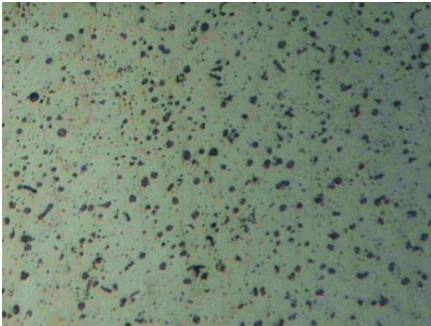
<b>INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>
-------------------------------------

En la micrografía analizada presenta los siguientes resultados el porcentaje de grafito esferoidal es del 16.9 % con una matriz Ferritica del 83.1 %, según la NORMA ASTM A247 la evaluación del grafito es del tipo VI con una forma nodular y una distribución aleatoria spiky Graphite, el tamaño del grafito es de tipo 6 (3 – 6mm).



	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO DE LA ZAT.</b>		<b>E.M .N°100</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Precalentamiento</b>	250°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	09/04/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>		Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"	
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Ataque químico:</b>	Nital 2	<b>Acondicionamiento:</b>	Lijado y pulido
<b>Tiempo de ataque:</b>	2Seg.	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
	MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido		
			
ZAT, 100X, Nital 2, 2Seg.			
			
ZAT, 200X, Nital 2, 2Seg.			

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																												
<b>EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ZAT.</b>		<b>E.M .N°101</b>																											
<b>ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE GRANO DEL GRAFITO.</b>	<b>MICROESTRUCTURA A 100X.</b>																												
<b>RESULTADOS DEL SOFTWARE.</b>																													
<p style="text-align: center;">Estadística del tamaño de grano.</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Estadística</td> <td style="width: 40%;">Tamaño de grano</td> <td style="width: 30%;"></td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>65.60</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>10.37</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>38.88</td> <td>µm</td> </tr> </table> <p style="text-align: center; color: red;">Según la ASTM A 247</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fundición nodular</td> <td style="width: 40%;">Tipo VI</td> <td style="width: 30%;"></td> </tr> <tr> <td>Forma del grafito</td> <td>Nodular</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tamaño</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Matriz</td> <td>Ferritica</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Distribución</td> <td>Spiky Graphite</td> <td></td> </tr> </table>	Estadística	Tamaño de grano		Máximo	65.60	µm	Mínimo	10.37	µm	Promedio	38.88	µm	Fundición nodular	Tipo VI		Forma del grafito	Nodular		Tamaño	5		Matriz	Ferritica		Distribución	Spiky Graphite		 <p style="text-align: center;">Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldada con precalentamiento a 250°C, ZAT, nital 2, 2Seg.</p>	
Estadística	Tamaño de grano																												
Máximo	65.60	µm																											
Mínimo	10.37	µm																											
Promedio	38.88	µm																											
Fundición nodular	Tipo VI																												
Forma del grafito	Nodular																												
Tamaño	5																												
Matriz	Ferritica																												
Distribución	Spiky Graphite																												
<b>Componentes:</b>	<b>Grafito esferoidal en matriz de ferrita.</b>																												
<b>Componentes microestructurales:</b>	<b>Porcentajes:</b>																												
 <p style="text-align: center;">Imagen Magnificada a 100X</p>	 <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grafito</td> <td>27,0</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>73,0</td> </tr> </tbody> </table>		S. Bitplane(s)	Field (%)	Grafito	27,0	Ferrita	73,0																					
S. Bitplane(s)	Field (%)																												
Grafito	27,0																												
Ferrita	73,0																												
<b>INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>																													
<p>En la micrografía analizada presenta los siguientes resultados el porcentaje de grafito es del 27% con una matriz Ferritica del 73%, según la NORMA ASTM A247 la evaluación del grafito es del tipo VI con una forma de nódulos distorsionados Spiky Graphite y una aparición mayoritaria en la intercara de la soldadura, el tamaño del grafito es de tipo 5 (6 - 12 mm).</p>																													

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>			
<b>ENSAYO METALOGRAFICO DEL METAL FUNDIDO</b>				<b>E.M .N°102</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>					
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10		
<b>Material de aporte:</b>	AWS A 5.15 ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Pre calentamiento</b>	250°C		
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	09/04/14		
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca		
<b>Centro de estudios y análisis:</b>		Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"			
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>					
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3		
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C		
<b>Ataque químico:</b>	Aleaciones de Nikel.	<b>Acondicionamiento:</b>	Lijado y pulido		
<b>Tiempo de ataque:</b>	<b>10 Seg.</b>	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio		
<b>RESULTADOS</b>					
Zonas metalúrgicas de la soldadura.					
		MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido			
					
MF, AWS A5.15 ENiFe-CI, 100X, Aleaciones de Nikel, 10 Seg.					
					
MF, AWS A5.15 ENiFe-CI, 200X, Aleaciones de Nikel, 10 Seg.					





**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ZAT.**

**E.M .N°103**

**RESULTADOS DEL SOFTWARE.**

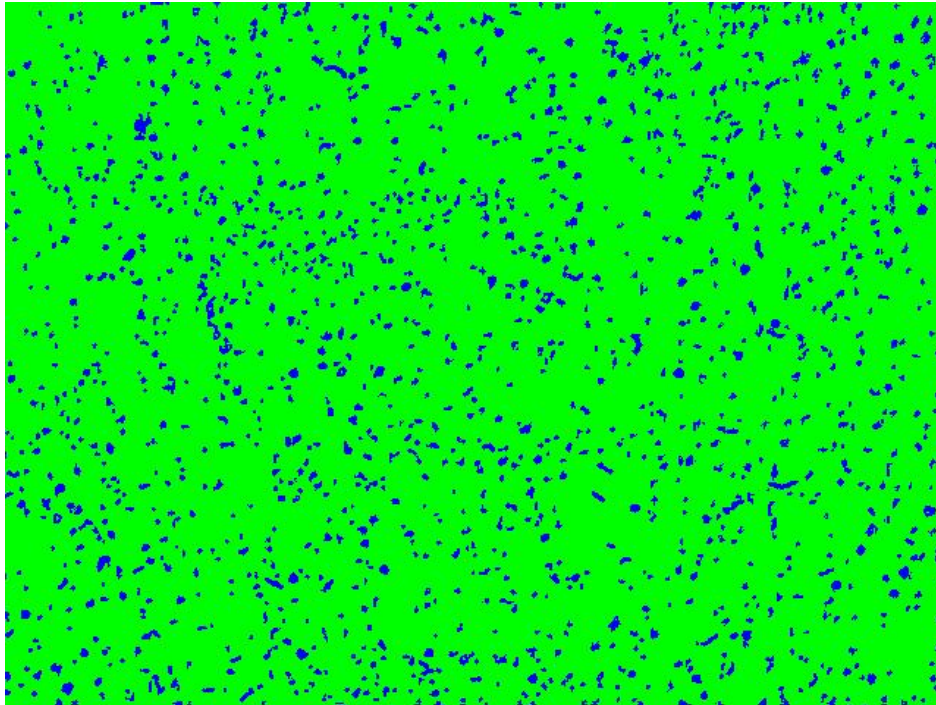
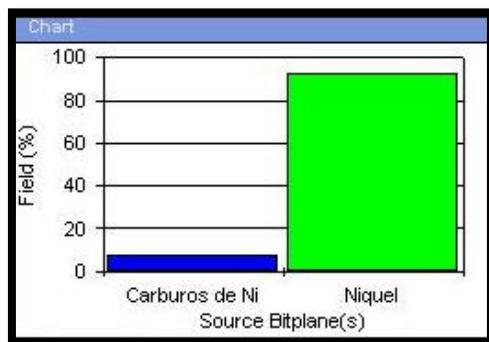


Imagen magnificada a 100X  
Soldadura con precalentamiento 250°C, Metal fundido  
(Cordón de soldadura)

Componentes:

Porcentajes:





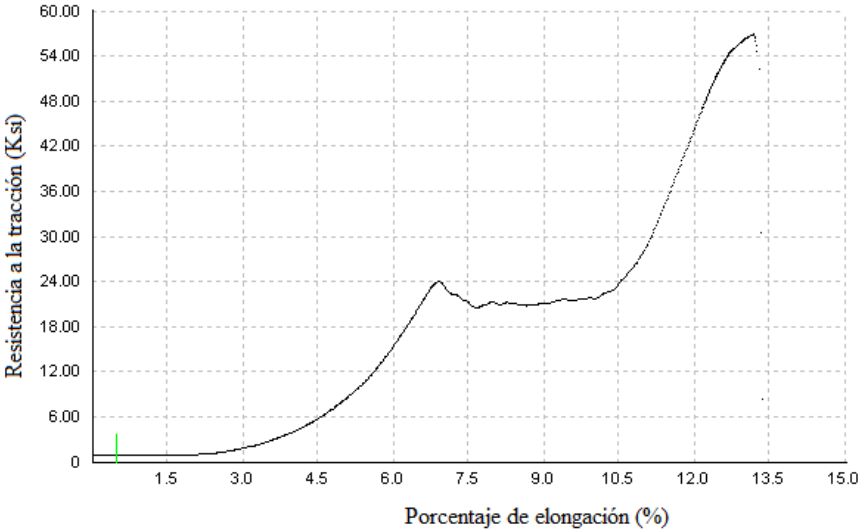
S. Bitplane(s)	Field (%)
Carburos de Ni	7,3
Niquel	92,7



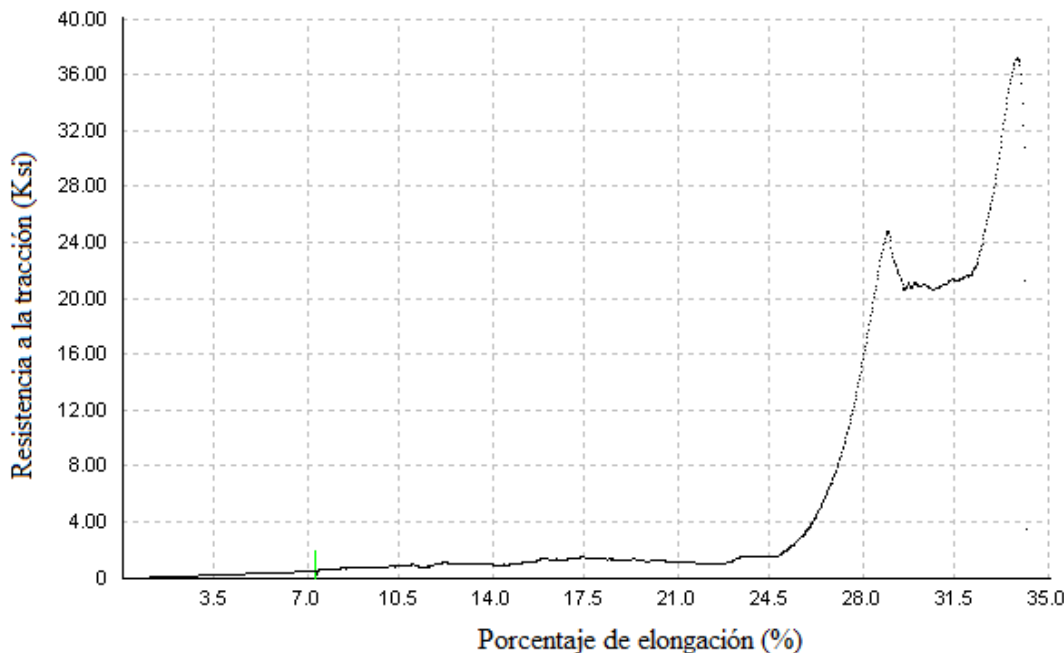
**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

En la micrografía analizada presenta los siguientes resultados el porcentaje de carburos de níquel es de 7.3% en una matriz de níquel de 92.7% y pequeñas inclusiones de carbono las mismas que se encuentran en forma de pequeños nódulos de grafito.



**4.1.44 Ensayo de tracción de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 300 °C, y electrodo ENiFe – CI.**

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>			
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>				<b>E.M .N°104</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>					
<b>T de precalentamiento:</b>	300°C	<b># de probeta:</b>	2.3.1		
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014		
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW		
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca		
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional				
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.				
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN</b>					
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01		
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 30°		
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm		
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.		
<b>RESULTADOS</b>					
<b>Carga máxima:</b>	2090 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	57.0 Ksi		
	9297 N		393.1 Mpa		
<b>Ancho promedio:</b>	6.00 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.95 mm		
<b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b>					
					
Probeta 2.3.1 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 300°C.					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
La fractura se produjo en el metal base.					

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>			
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>				<b>E.M .N°105</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>					
<b>T de precalentamiento:</b>	300°C	<b># de probeta:</b>	2.3.2		
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014		
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW		
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca		
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional				
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.				
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN</b>					
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01		
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 30°		
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm		
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.		
<b>RESULTADOS</b>					
<b>Carga máxima:</b>	1361 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	37.2 Ksi		
	6054 N		256.3 Mpa		
<b>Ancho promedio:</b>	6.05 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.91 mm		
<b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b>					
					
<p>Probeta 2.3.2 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 300°C.</p>					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
La fractura se produjo en el metal base.					



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**E.M .N°106**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN**

<b>T de precalentamiento:</b>	300°C	<b># de probeta:</b>	2.3.3
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional		
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.		

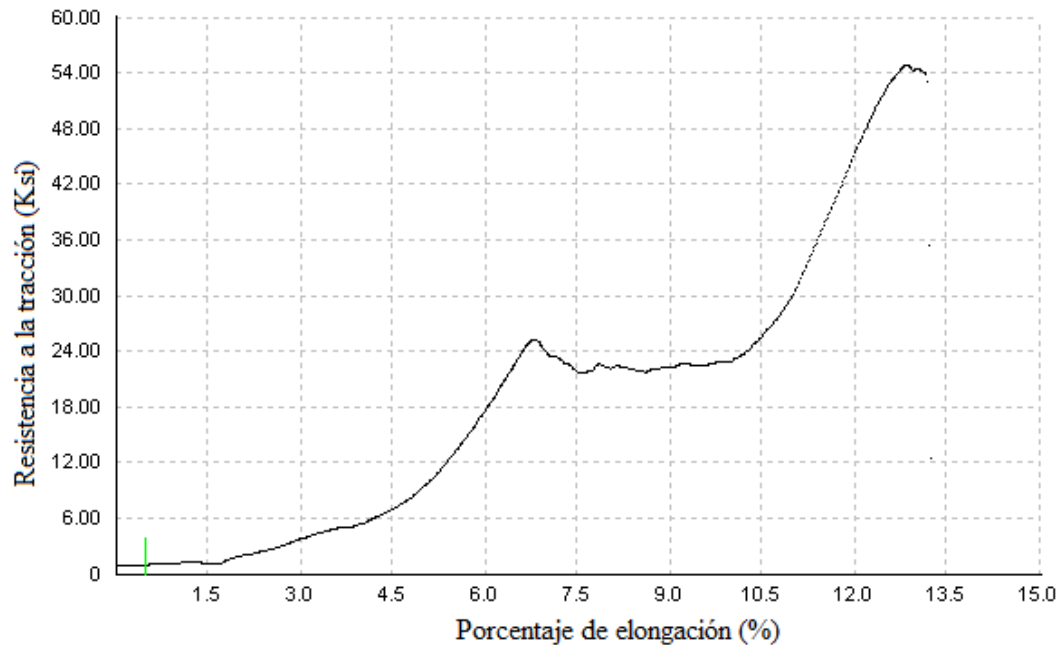
**PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN**

<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 30°
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.

**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	1924 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	54.8 Ksi
	8558 N		378.1 Mpa
<b>Ancho promedio:</b>	5.91 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.83 mm

**GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.**



Probeta 2.3.3 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 300°C.

**OBSERVACIONES:**

La fractura se produjo en la junta soldada.



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN. E.M .N°107**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN**

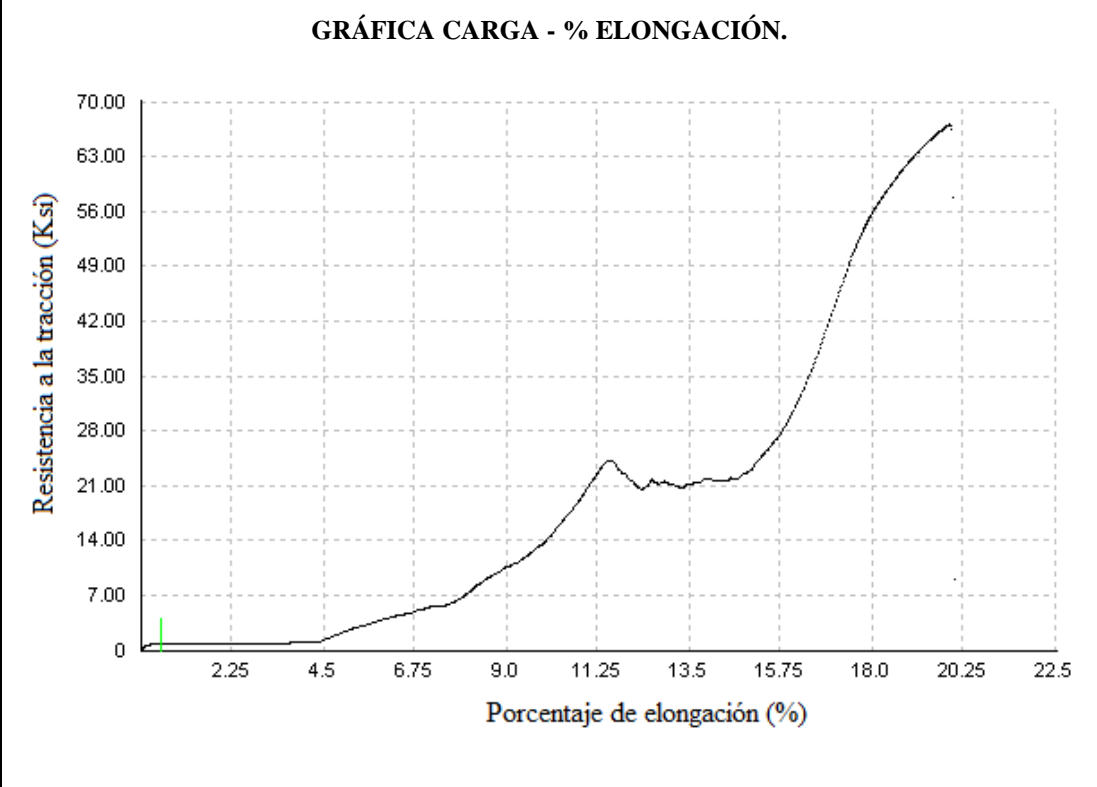
<b>T de precalentamiento:</b>	300°C	<b># de probeta:</b>	2.3.4
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional		
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.		

**PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN**

<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 30°
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.

**RESULTADOS**



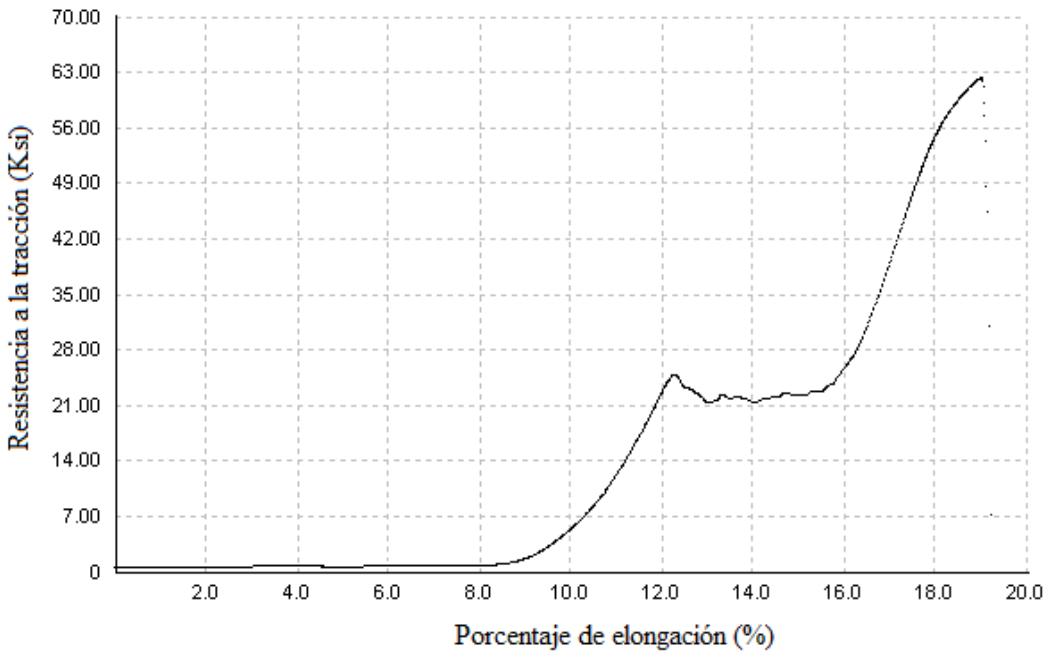
<b>Carga máxima:</b>	2470 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	67.0 Ksi
	10987 N		462.2 Mpa
<b>Ancho promedio:</b>	6.10 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.90 mm





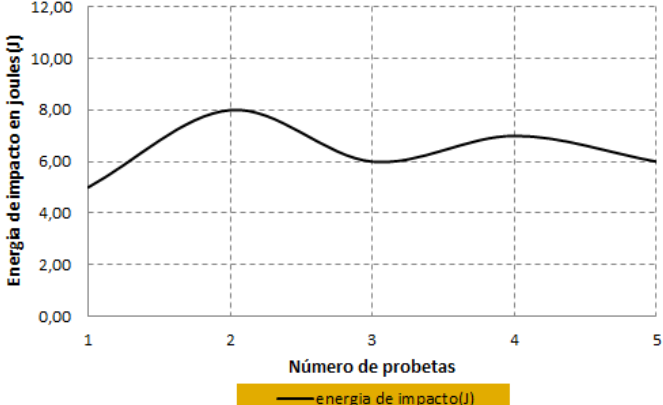
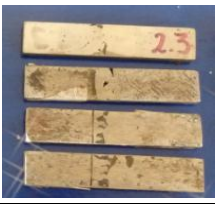
Probeta 2.3.4 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 300°C.

**OBSERVACIONES:**



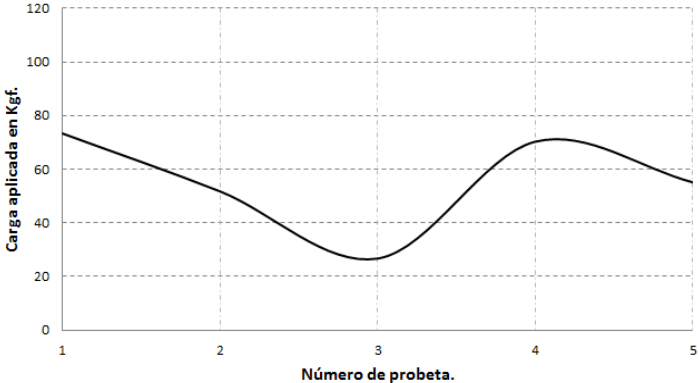
La fractura se produjo en el metal base.

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>			
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>				<b>E.M .N°108</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>					
<b>T de precalentamiento:</b>	300°C	<b># de probeta:</b>	2.3.5		
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014		
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW		
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca		
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional				
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.				
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN</b>					
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01		
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 30°		
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm		
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.		
<b>RESULTADOS</b>					
<b>Carga máxima:</b>	2220 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	62.3 Ksi		
	9875 N		429.7 Mpa		
<b>Ancho promedio:</b>	5.90 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.90 mm		
<b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b>					
 <p>Resistencia a la tracción (Ksi)</p> <p>Porcentaje de elongación (%)</p>					
Probeta 2.3.5 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 300°C.					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
La fractura se produjo en la junta soldada.					



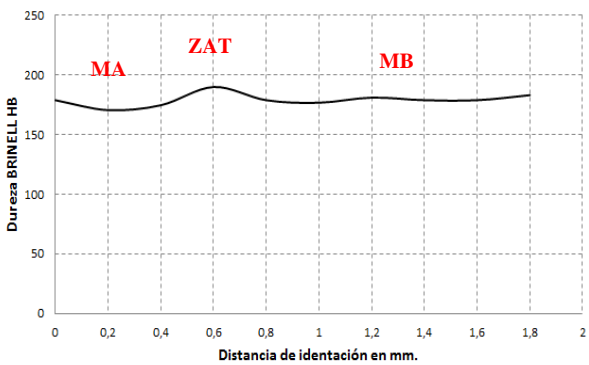

**4.1.45 Ensayo de impacto de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 300 °C, y electrodo ENiFe – CI.**

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>															
<b>ENSAYO DE IMPACTO CHARPY</b>		<b>E.M .N°109</b>														
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN:</b>																
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>N° de probeta:</b>	2.3,(1.2.3.4.5)													
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Fecha de elaboración:</b>	28/05/2014													
<b>Realizado por:</b>	Aldás Milton	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca													
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM														
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																
<b>Lugar:</b>	Campus Universitario Huachi Chico – UTA															
<b>Temperatura Ambiente:</b>	18.8° C	<b>Hora:</b>	10:30 AM													
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																
<b>Realizado bajo norma:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E23-02													
<b>Instrumento:</b>	Péndulo Charpy	<b>Capacidad de carga:</b>	335.4 joule													
<b>Método:</b>	Carga de rotura.	<b>Tipo de prueba:</b>	Impacto													
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>		Fresado														
<b>RESULTADO:</b>																
<table border="1"> <thead> <tr> <th># de Probetas</th> <th>Energía en (J)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5.00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>8.00</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>6.00</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>7.00</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>6.00</td> </tr> <tr> <td><b>Promedio</b></td> <td><b>6.40</b></td> </tr> </tbody> </table>	# de Probetas	Energía en (J)	1	5.00	2	8.00	3	6.00	4	7.00	5	6.00	<b>Promedio</b>	<b>6.40</b>	<p><b>CURVA DE IMPACTO CHARPY JUNTA SOLDADA EN V DE 30 CON PRECALENTAMIENTO DE 300°C.</b></p>  <p style="text-align: center;">Energía de impacto promedio = 6.40 J.</p>	
# de Probetas	Energía en (J)															
1	5.00															
2	8.00															
3	6.00															
4	7.00															
5	6.00															
<b>Promedio</b>	<b>6.40</b>															
																
<b>OBSERVACIONES:</b>																
<p>Los resultados del ensayo de impacto Charpy para la junta en V de 30° soldada con precalentamiento de 300°C indica un promedio energía de impacto promedio de 6.40J, esta se ha reducido en un 59.18% respecto de la energía del material base.</p>																

**4.1.46 Ensayo de flexión de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 300°C, y electrodo ENiFe – CI.**



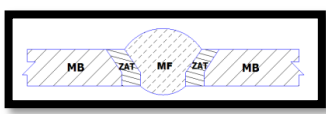
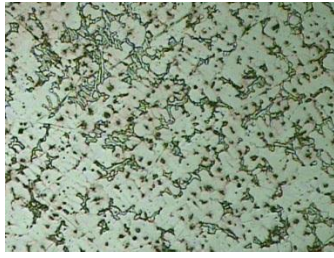
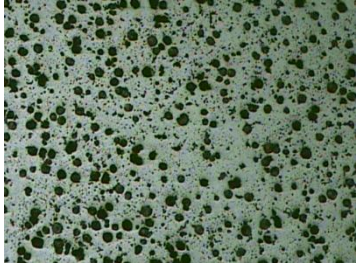
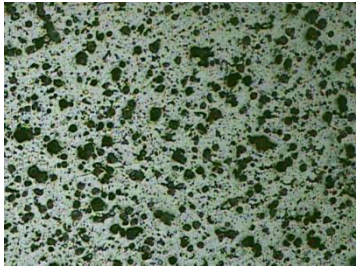
		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																	
<b>ENSAYO DE FLEXIÓN GUIADO</b>				<b>E.M .N°110</b>															
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>																			
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b># de probeta:</b>	2.3.(1,2,3,4,5)																
<b>T de precalentamiento:</b>	300°C	<b>Fecha:</b>	14/03/2014																
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Proceso:</b>	SMAW																
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Realizado por:</b>	Aldas Milton																
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca																
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM																	
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																			
<b>Lugar:</b>		Campus Universitario Huachi Chico – UTA																	
<b>Temperatura Ambiente:</b>		18.8° C	<b>Hora:</b>	9:15 AM															
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																			
<b>Realizado bajo norma:</b>		ASTM	<b>Designación:</b>	E190 – 92															
<b>Método:</b>	Carga de rotura.		<b>Tipo de prueba:</b>	De raíz de la soldadura.															
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal		<b>Capacidad de carga:</b>	30 Tn.															
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>			Esmerilado con pulidora.																
<b>RESULTADO:</b>																			
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #92d050;"># de Probetas</th> <th style="background-color: #92d050;">Carga Kgf</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>73.3</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>51.7</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>26.7</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>70.3</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>55.1</td> </tr> <tr> <td><b>Promedio</b></td> <td><b>55.42</b></td> </tr> </tbody> </table>		# de Probetas	Carga Kgf	1	73.3	2	51.7	3	26.7	4	70.3	5	55.1	<b>Promedio</b>	<b>55.42</b>	<p style="text-align: center;"><b>Ensayo de flexión guiado para probetas soldadas con precalentamiento a 300°C y junta en V de 30°, hierro nodular</b></p>  <p style="text-align: center;">Carga de flexión promedio = 55.42 Kgf. = 539.98N.</p>			
# de Probetas	Carga Kgf																		
1	73.3																		
2	51.7																		
3	26.7																		
4	70.3																		
5	55.1																		
<b>Promedio</b>	<b>55.42</b>																		
<b>OBSERVACIONES:</b>																			
<p>Del análisis de flexión realizado tenemos un promedio de carga de 539.98 N esta carga respecto de la carga soportada por el material base tiene un porcentaje de reducción del 66.49%.</p>																			



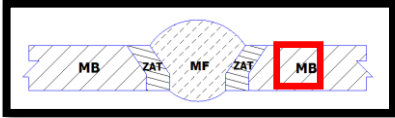
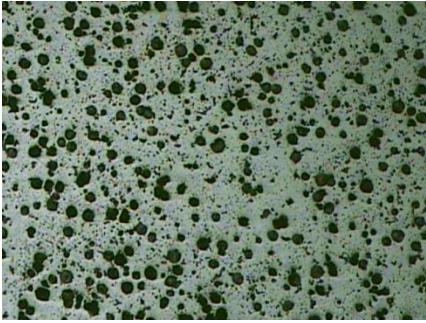
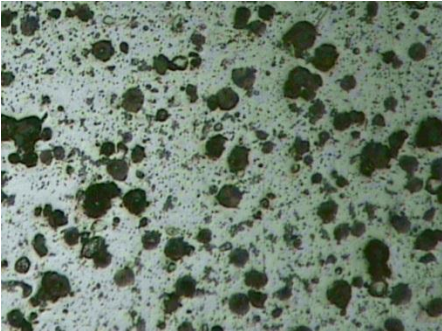
**4.1.47 Ensayo de dureza de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 300 ° C, y electrodo ENiFe – CI.**

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																																																		
<b>ENSAYO DE DUREZA</b>			<b>E.M .Nº111</b>																																																
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>																																																			
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b># de probeta:</b>	2.3.6																																																
<b>T de precalentamiento:</b>	300°C	<b>Fecha:</b>	19/03/2014																																																
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Proceso:</b>	SMAW																																																
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Realizado por:</b>	Aldas Milton																																																
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca																																																
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM																																																	
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																																																			
<b>Lugar:</b>	Campus Universitario Huachi Chico – UTA																																																		
<b>Temperatura Ambiente:</b>	18.8° C	<b>Hora:</b>	9:15 AM																																																
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																																																			
<b>Realizado bajo norma:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E10-01																																																
<b>Método:</b>	Rowell	<b>Tipo:</b>	B																																																
<b>Tiempo del ensayo:</b>	15 min	<b>Rango de dureza:</b>	170.6 – 190 HB																																																
<b>Carga aplicada</b>	980 N	<b>Tipo de indentador:</b>	Esfera de acero de 1/16 in																																																
<b>RESULTADO:</b>																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Zonas</th> <th>X mm</th> <th>Dureza HRB</th> <th>Dureza HB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>MA</td><td>0</td><td>89</td><td>178.9</td></tr> <tr><td>MA</td><td>0.2</td><td>87</td><td>170.6</td></tr> <tr><td>MA</td><td>0.4</td><td>88</td><td>174.7</td></tr> <tr><td><b>ZAT</b></td><td><b>0.6</b></td><td><b>91.5</b></td><td><b>190</b></td></tr> <tr><td>MB</td><td>0.8</td><td>89</td><td>178.9</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.0</td><td>88.5</td><td>176.8</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.2</td><td>89.5</td><td>181</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.4</td><td>89</td><td>178.9</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.6</td><td>89</td><td>178.9</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.8</td><td>90</td><td>183.2</td></tr> <tr> <td><b>Promedio:</b></td> <td></td> <td><b>80.16</b></td> <td><b>179.19</b></td> </tr> </tbody> </table>	Zonas	X mm	Dureza HRB	Dureza HB	MA	0	89	178.9	MA	0.2	87	170.6	MA	0.4	88	174.7	<b>ZAT</b>	<b>0.6</b>	<b>91.5</b>	<b>190</b>	MB	0.8	89	178.9	MB	1.0	88.5	176.8	MB	1.2	89.5	181	MB	1.4	89	178.9	MB	1.6	89	178.9	MB	1.8	90	183.2	<b>Promedio:</b>		<b>80.16</b>	<b>179.19</b>	<p style="text-align: center;">Ensayo de dureza, para probetas soldadas con precalentamiento a 300°C y junta en V de 30°, hierro nodular.</p>  <p style="text-align: center;">Dureza promedio = 80.16HRC = 179.19 HB</p>		
Zonas	X mm	Dureza HRB	Dureza HB																																																
MA	0	89	178.9																																																
MA	0.2	87	170.6																																																
MA	0.4	88	174.7																																																
<b>ZAT</b>	<b>0.6</b>	<b>91.5</b>	<b>190</b>																																																
MB	0.8	89	178.9																																																
MB	1.0	88.5	176.8																																																
MB	1.2	89.5	181																																																
MB	1.4	89	178.9																																																
MB	1.6	89	178.9																																																
MB	1.8	90	183.2																																																
<b>Promedio:</b>		<b>80.16</b>	<b>179.19</b>																																																
																																																			
<b>OBSERVACIONES:</b>																																																			
La dureza obtenida del ensayo realizado es 179.19 HB, esta dureza se ha incrementado en un 1.77% respecto de la dureza del material base.																																																			



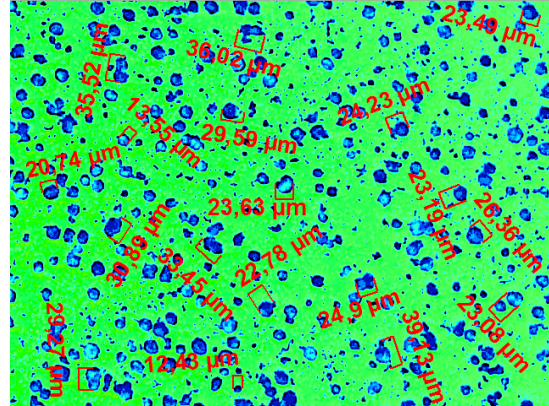
**4.1.48 Ensayo metalográfico de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 300°C, y electrodo ENiFe – CI.**

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO</b>		<b>E.M .N°112</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPÉCIMEN.</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Precalentamiento</b>	300°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	09/04/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de Materiales FICM, “UTA”		
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Tiempo de ataque:</b>	N/A	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	Lijado y pulido		
<b>Ataque químico</b>	Nital 2, Reactivo Níquel.		
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
		MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido	
			
MF		MB	
			
ZAT			
Junta soldada con precalentamiento a 300°C, 100X.			

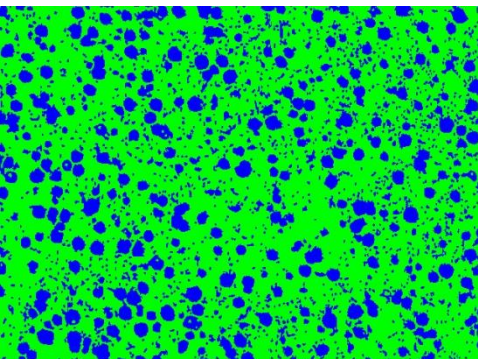
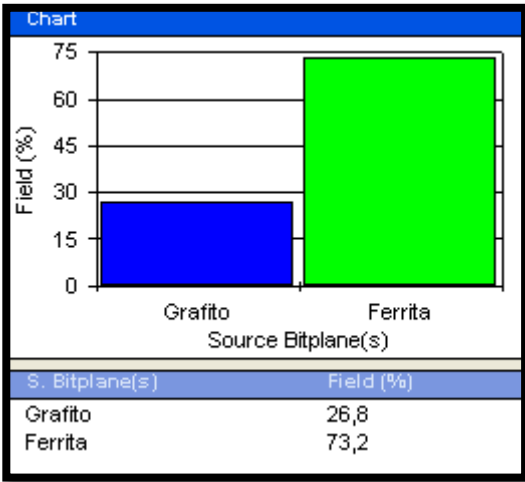
	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO, METAL BASE.</b>		<b>E.M .N°113</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Pre calentamiento</b>	300°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	09/04/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>		Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"	
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Ataque químico:</b>	Nital 2	<b>Acondicionamiento:</b>	Lijado y pulido
<b>Tiempo de ataque:</b>	2Seg.	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
	MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido		
			
METAL BASE 100X, Nital 2, 2Seg.			
			
METAL BASE 200X, Nital 2, 2Seg.			

<b>EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA DEL METAL BASE.</b>	<b>E.M .N°114</b>
---	-------------------

<b>ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE GRANO DEL GRAFITO.</b>	<b>MICROESTRUCTURA A 100X.</b>
--	--------------------------------



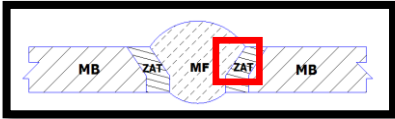
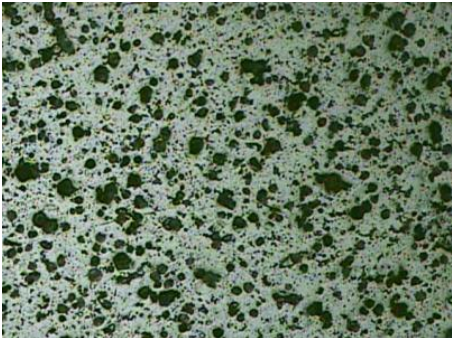
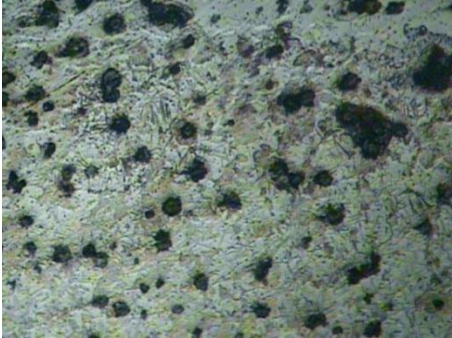
<p style="text-align: center;"><b>RESULTADOS DEL SOFTWARE.</b></p> <p style="text-align: center;">Estadística del tamaño de grano.</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Estadística</td> <td style="width: 30%;">Tamaño de grano</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>36.02</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>12.43</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>24.86</td> <td>µm</td> </tr> </table> <p style="text-align: center; color: red;">Según la ASTM A 247</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fundición nodular</td> <td style="width: 30%;">Tipo VI</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td>Forma del grafito</td> <td>Nodular</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tamaño</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Matriz</td> <td>Ferritica</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Distribución</td> <td>Spiky Graphite</td> <td></td> </tr> </table>	Estadística	Tamaño de grano		Máximo	36.02	µm	Mínimo	12.43	µm	Promedio	24.86	µm	Fundición nodular	Tipo VI		Forma del grafito	Nodular		Tamaño	5		Matriz	Ferritica		Distribución	Spiky Graphite		 <p style="text-align: center;">Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldada con precalentamiento a 300°C, material base, nital 2, 2Seg.</p>
Estadística	Tamaño de grano																											
Máximo	36.02	µm																										
Mínimo	12.43	µm																										
Promedio	24.86	µm																										
Fundición nodular	Tipo VI																											
Forma del grafito	Nodular																											
Tamaño	5																											
Matriz	Ferritica																											
Distribución	Spiky Graphite																											

Componentes:	Grafito esferoidal en matriz de ferrita.
--------------	--



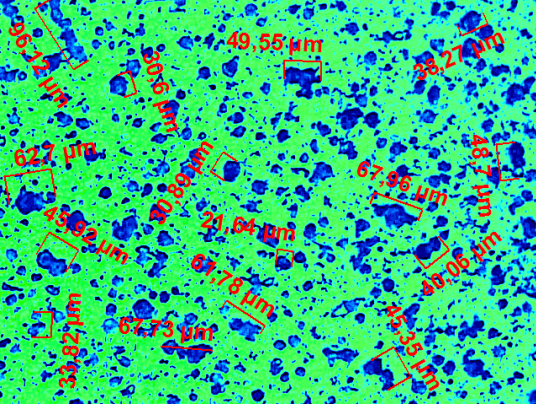
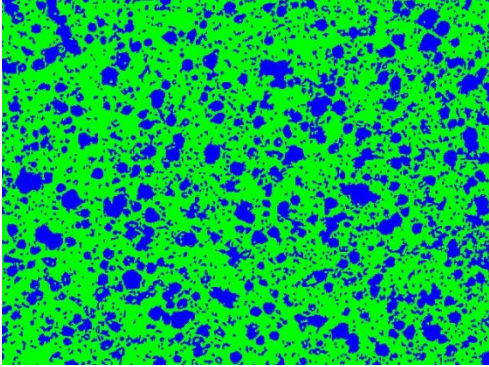
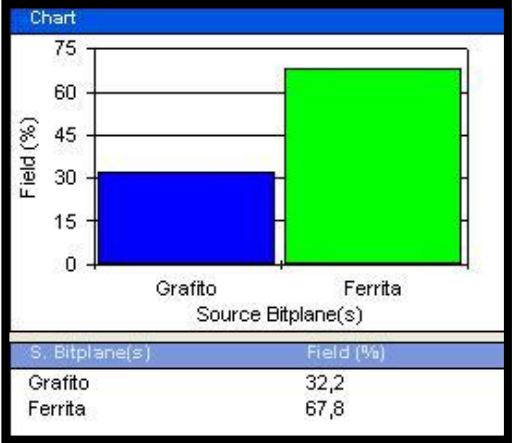
Componentes microestructurales:	Porcentajes:						
 <p style="text-align: center;">Imagen Magnificada a 100X</p>	 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr style="background-color: #4F81BD; color: white;"> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grafito</td> <td>26,8</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>73,2</td> </tr> </tbody> </table>	S. Bitplane(s)	Field (%)	Grafito	26,8	Ferrita	73,2
S. Bitplane(s)	Field (%)						
Grafito	26,8						
Ferrita	73,2						

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

En la micrografía analizada presenta los siguientes resultados el porcentaje de grafito esferoidal es del 26.8% con una matriz Ferritica del 73.2%, según la NORMA ASTM A247 la evaluación del grafito es del tipo VI con una forma nodular y una distribución aleatoria spiky Graphite, el tamaño del grafito es de tipo 5 (6 – 12mm).

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>			
<b>ENSAYO METALOGRAFICO DE LA ZAT.</b>				<b>E.M .N°115</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>					
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10		
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Pre calentamiento</b>	300°C		
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	09/04/14		
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca		
<b>Centro de estudios y análisis:</b>		Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"			
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>					
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3		
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C		
<b>Ataque químico:</b>	Nital 2	<b>Acondicionamiento:</b>	Lijado y pulido		
<b>Tiempo de ataque:</b>	2Seg.	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio		
<b>RESULTADOS</b>					
Zonas metalúrgicas de la soldadura.					
			MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido		
					
ZAT, 100X, Nital 2, 2Seg.					
					
ZAT, 200X, Nital 2, 2Seg.					



	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																							
<b>EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ZAT.</b>		<b>E.M .N°116</b>																						
<b>ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE GRANO DEL GRAFITO.</b>	<b>MICROESTRUCTURA A 100X.</b>																							
<b>RESULTADOS DEL SOFTWARE.</b>																								
<p style="text-align: center;">Estadística del tamaño de grano.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Estadística</th> <th colspan="2" style="text-align: left;">Tamaño de grano</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Máximo</td> <td style="text-align: center;">96.12</td> <td style="text-align: right;">µm</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td style="text-align: center;">21.64</td> <td style="text-align: right;">µm</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td style="text-align: center;">49.40</td> <td style="text-align: right;">µm</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center; color: red;">Según la ASTM A 247</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td>Fundición nodular</td> <td style="text-align: center;">Tipo VI</td> </tr> <tr> <td>Forma del grafito</td> <td style="text-align: center;">Nodular</td> </tr> <tr> <td>Tamaño</td> <td style="text-align: center;">4</td> </tr> <tr> <td>Matriz</td> <td style="text-align: center;">Ferrítica</td> </tr> <tr> <td>Distribución</td> <td style="text-align: center;">Spiky graphite</td> </tr> </tbody> </table>	Estadística	Tamaño de grano		Máximo	96.12	µm	Mínimo	21.64	µm	Promedio	49.40	µm	Fundición nodular	Tipo VI	Forma del grafito	Nodular	Tamaño	4	Matriz	Ferrítica	Distribución	Spiky graphite	 <p style="text-align: center;">Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldada con precalentamiento a 300°C, ZAT, nital 2, 2Seg.</p>	
Estadística	Tamaño de grano																							
Máximo	96.12	µm																						
Mínimo	21.64	µm																						
Promedio	49.40	µm																						
Fundición nodular	Tipo VI																							
Forma del grafito	Nodular																							
Tamaño	4																							
Matriz	Ferrítica																							
Distribución	Spiky graphite																							
<b>Componentes:</b>	<b>Grafito esferoidal en matriz de ferrita.</b>																							
<b>Componentes microestructurales:</b>	<b>Porcentajes:</b>																							
 <p style="text-align: center;">Imagen Magnificada a 100X</p>	 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">S. Bitplane(s)</th> <th style="text-align: right;">Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grafito</td> <td style="text-align: right;">32,2</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td style="text-align: right;">67,8</td> </tr> </tbody> </table>		S. Bitplane(s)	Field (%)	Grafito	32,2	Ferrita	67,8																
S. Bitplane(s)	Field (%)																							
Grafito	32,2																							
Ferrita	67,8																							
<b>INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>																								
<p>En la micrografía analizada presenta los siguientes resultados el porcentaje de grafito esferoidal es del 32.2% con una matriz Ferrítica del 67.8%, según la NORMA ASTM A247 la evaluación del grafito es del tipo V con una forma de nódulos distorsionados (Spiky graphite) y una aparición mayoritaria en la intercara de la soldadura, el tamaño del grafito es de tipo 4 (12 - 25 mm).</p>																								

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO DEL METAL FUNDIDO</b>		<b>E.M .N°117</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Precalentamiento</b>	300°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	09/04/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"		
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Ataque químico:</b>	Aleaciones de Nikel.	<b>Acondicionamiento:</b>	Lijado y pulido
<b>Tiempo de ataque:</b>	<b>10 Seg.</b>	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
	MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido		
 <p data-bbox="496 1525 1171 1554">MF, AWS A5.15 ENiFe-CI, 100X, Aleaciones de Nikel, 10 Seg.</p>  <p data-bbox="496 1917 1171 1946">MF, AWS A5.15 ENiFe-CI, 200X, Aleaciones de Nikel, 10 Seg.</p>			



RESULTADOS DEL SOFTWARE.

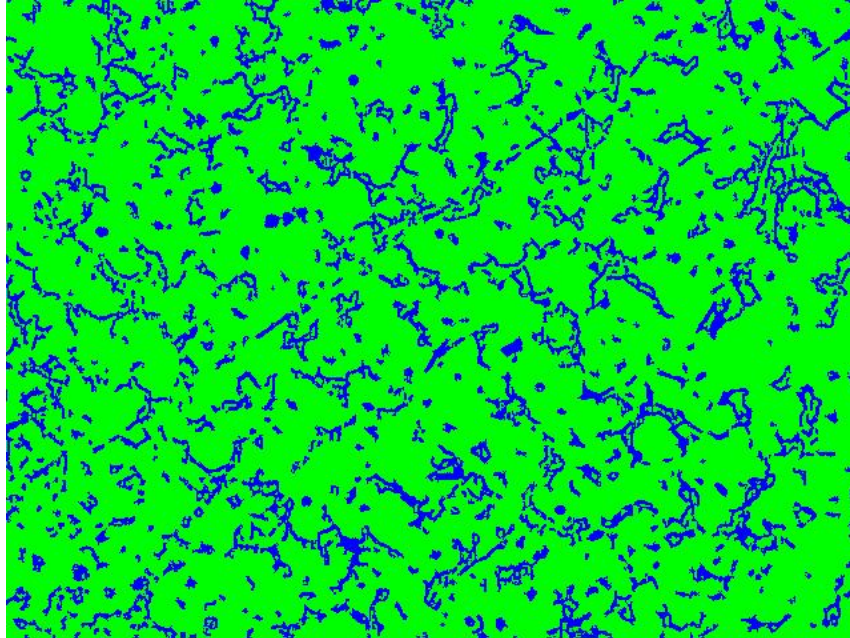
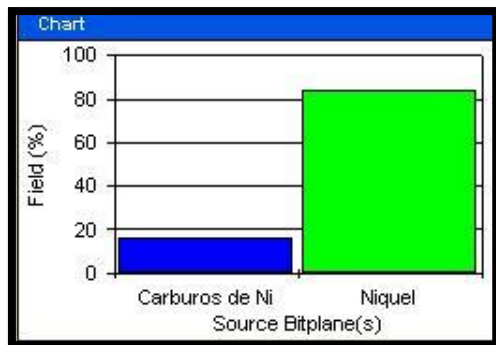


Imagen magnificada a 100X  
Soldadura con precalentamiento 300°C, Metal fundido  
(Cordón de soldadura)

Componentes:





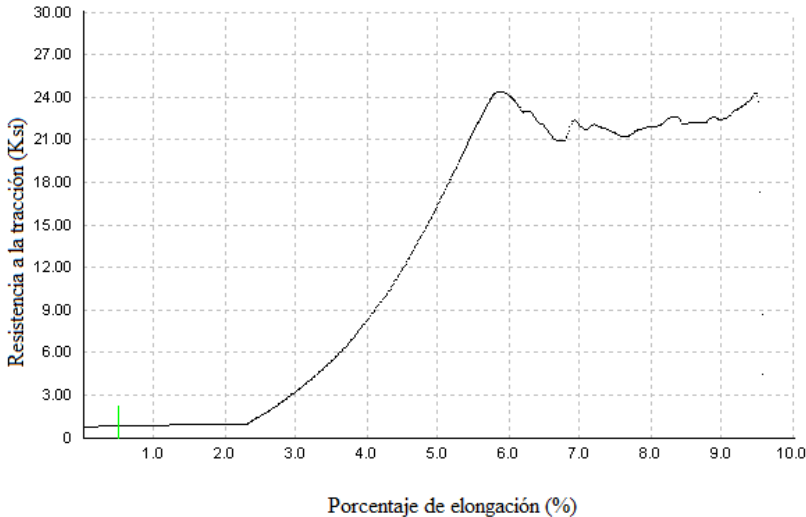
Porcentajes:

S: Bitplane(s)	Field (%)
Carburos de Ni	16,4
Niquel	83,6

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En la micrografía analizada presenta los siguientes resultados el porcentaje de carburos de níquel es de 16.4% en una matriz de níquel de 83.6% y pequeñas inclusiones de carbono las mismas que se encuentran en forma de pequeños nódulos de grafito.

**4.1.49 Ensayo de tracción de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 350 °C, y electrodo ENiFe – CI.**

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>			
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>				<b>E.M .N°119</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>					
<b>T de precalentamiento:</b>	350°C	<b># de probeta:</b>	2.4.1		
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014		
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW		
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca		
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional				
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.				
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN</b>					
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01		
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 30°		
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm		
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.		
<b>RESULTADOS</b>					
<b>Carga máxima:</b>	881 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	24.4 Ksi		
	3919 N		168.1 Mpa		
<b>Ancho promedio:</b>	6.16 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.79 mm		
<b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b>					
					
Probeta 2.4.1 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 350°C.					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
La fractura se produjo en la junta soldada.					





**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN. E.M. N°120**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN**

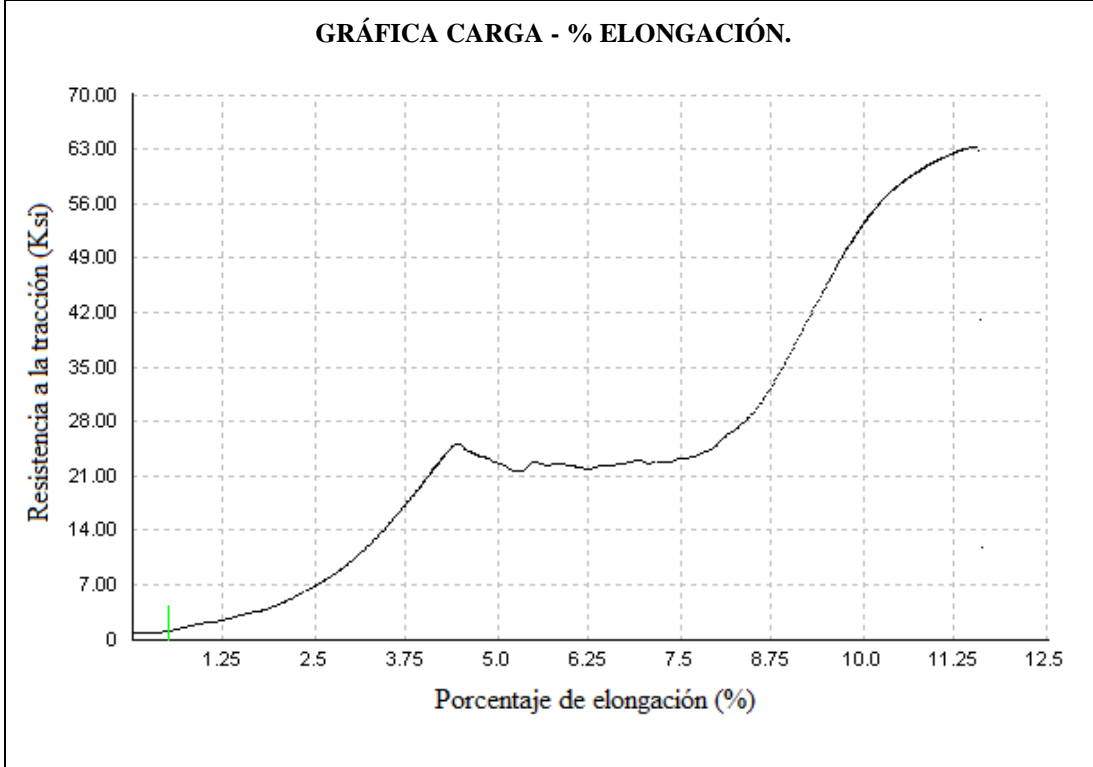
<b>T de precalentamiento:</b>	350°C	<b># de probeta:</b>	2.4.2
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional		
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.		

**PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN**

<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 30°
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.

**RESULTADOS**



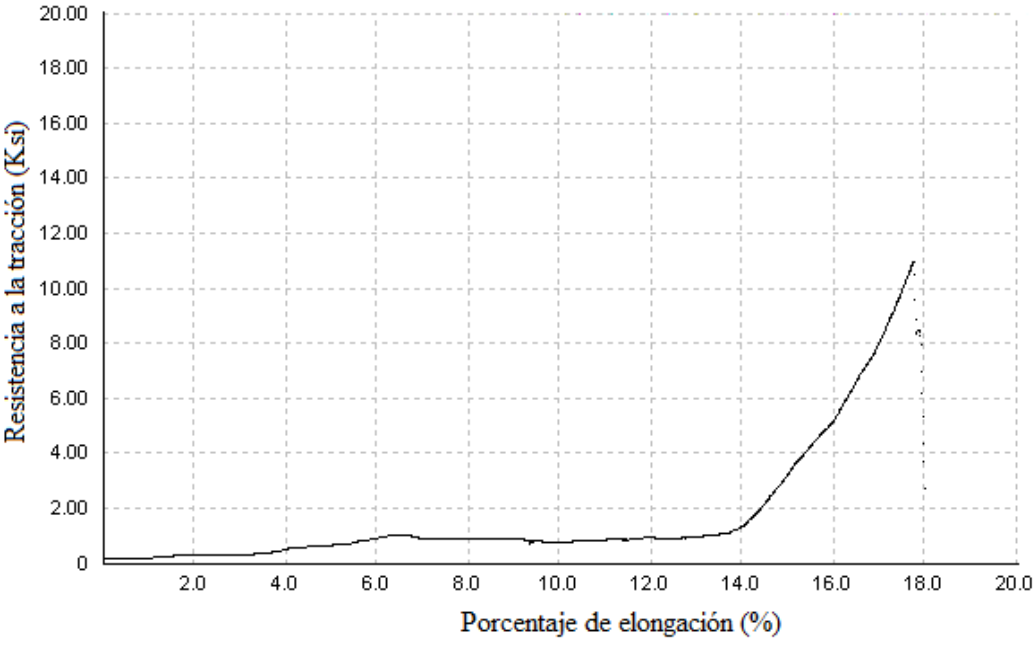
<b>Carga máxima:</b>	2200 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	63.2 Ksi
	9786 N		436.0 Mpa
<b>Ancho promedio:</b>	5.82 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.86 mm



Probeta 2.4.2 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 350°C.

**OBSERVACIONES:**

La fractura se produjo en el metal base.

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>			
<b>ENSAYO DE TRACCIÓN.</b>				<b>E.M .N°121</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>					
<b>T de precalentamiento:</b>	350°C	<b># de probeta:</b>	2.4.3		
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014		
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW		
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca		
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional				
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.				
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN</b>					
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01		
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 30°		
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm		
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.		
<b>RESULTADOS</b>					
<b>Carga máxima:</b>	373 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	11.0 Ksi		
	1659 N		75.6 Mpa		
<b>Ancho promedio:</b>	5.62 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.91 mm		
<b>GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.</b>					
 <p>Resistencia a la tracción (Ksi)</p> <p>Porcentaje de elongación (%)</p>					
<p>Probeta 2.4.3 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 350°C.</p>					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
<p>La fractura se produjo en la junta soldada.</p>					



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**E.M .N°122**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN**

<b>T de precalentamiento:</b>	350°C	<b># de probeta:</b>	2.4.4
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional		
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.		

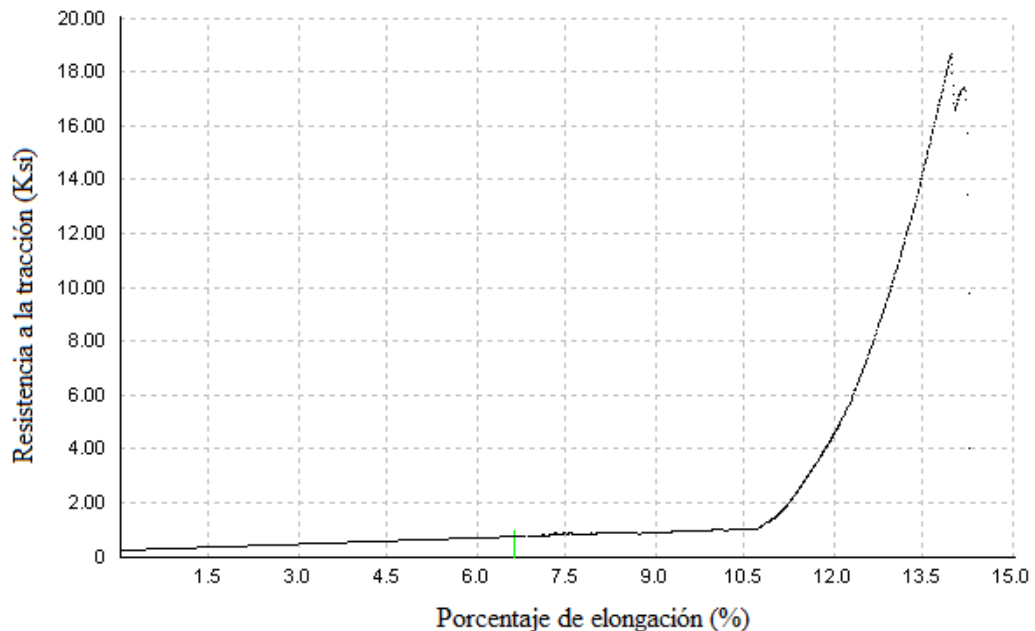
**PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN**

<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 30°
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.

**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	648 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	18.7 Ksi
	2882 N		128.6 Mpa
<b>Ancho promedio:</b>	5.74 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.91 mm

**GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.**



Probeta 2.4.4 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 350°C.

**OBSERVACIONES:**

La fractura se produjo en la junta soldada.



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**ENSAYO DE TRACCIÓN.**

**E.M .N°123**

**DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN**

<b>T de precalentamiento:</b>	350°C	<b># de probeta:</b>	2.4.5
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Fecha:</b>	04/04/2014
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Proceso:</b>	SMAW
<b>Realizado por:</b>	Ph.D. Víctor H. Guerrero	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Lugar:</b>	Escuela Politécnica Nacional		
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de análisis de esfuerzos.		

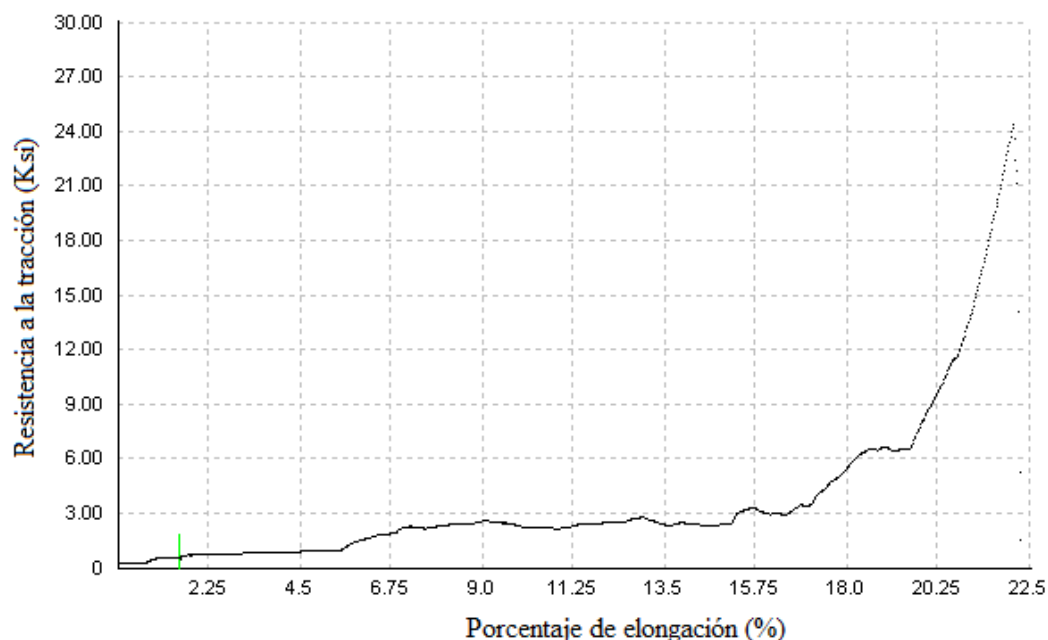
**PARÁMETROS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN**

<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E8 – 01
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	torneado	<b>Tipo de junta:</b>	En V de 30°
<b>Método:</b>	Deformación controlada	<b>Longitud de calibración:</b>	3.2 mm
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad:</b>	30Tn.

**RESULTADOS**

<b>Carga máxima:</b>	805 Lbf.	<b>Resistencia a la tracción:</b>	24.4 Ksi
	3581 N		168.0 Mpa
<b>Ancho promedio:</b>	5.62 mm	<b>Espesor Promedio:</b>	3.80 mm

**GRÁFICA CARGA - % ELONGACIÓN.**


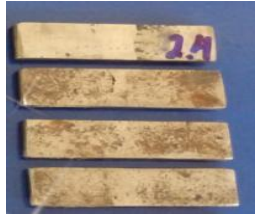


Probeta 2.4.5 Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldado con precalentamiento a 350°C.



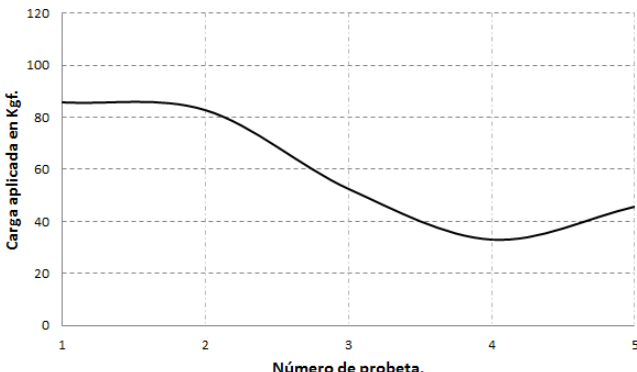
**OBSERVACIONES:**

La fractura se produjo en la junta soldada.



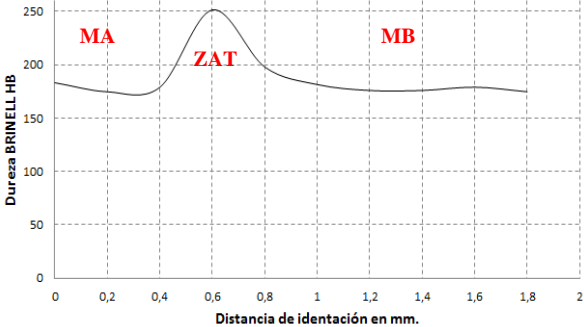
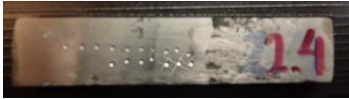
**4.1.50 Ensayo de impacto de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 350 °C, y electrodo ENiFe – CI.**

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																
<b>ENSAYO DE IMPACTO CHARPY</b>			<b>E.M .N°124</b>														
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN:</b>																	
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>N° de probeta:</b>	2.4,(1.2.3.4.5)														
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Fecha de elaboración:</b>	28/05/2014														
<b>Realizado por:</b>	Aldás Milton	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca														
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM															
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																	
<b>Lugar:</b>	Campus Universitario Huachi Chico – UTA																
<b>Temperatura Ambiente:</b>	18.8° C	<b>Hora:</b>	10:30 AM														
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																	
<b>Realizado bajo norma:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E23-02														
<b>Instrumento:</b>	Péndulo Charpy	<b>Capacidad de carga:</b>	335.4 joules														
<b>Método:</b>	Carga de rotura.	<b>Tipo de prueba:</b>	Impacto														
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>		Fresado															
<b>RESULTADO:</b>																	
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #92d050;"># de Probetas</th> <th style="background-color: #92d050;">Energía en (J)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2.00</td></tr> <tr><td>2</td><td>10.00</td></tr> <tr><td>3</td><td>5.00</td></tr> <tr><td>4</td><td>5.00</td></tr> <tr><td>5</td><td>9.00</td></tr> <tr><td><b>Promedio</b></td><td><b>6.20</b></td></tr> </tbody> </table>		# de Probetas	Energía en (J)	1	2.00	2	10.00	3	5.00	4	5.00	5	9.00	<b>Promedio</b>	<b>6.20</b>	<p style="text-align: center;"><b>CURVA DE IMPACTO CHARPY JUNTA SOLDADA EN V DE 30 CON PRECALENTAMIENTO DE 350°C.</b></p>  <p style="text-align: center;">Energía de impacto promedio = 6.20 J.</p>	
# de Probetas	Energía en (J)																
1	2.00																
2	10.00																
3	5.00																
4	5.00																
5	9.00																
<b>Promedio</b>	<b>6.20</b>																
																	
<b>OBSERVACIONES:</b>																	
<p>Los resultados del ensayo de impacto Charpy para la junta en V de 30° soldada con precalentamiento de 350°C indica un promedio energía de impacto promedio de 6.20J, esta se ha reducido en un 60.45% respecto de la energía del material base.</p>																	

**4.1.51 Ensayo de flexión de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10 con precalentamiento a 300°C, y electrodo ENiFe – CI.**



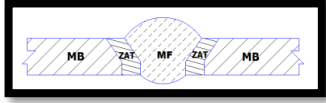
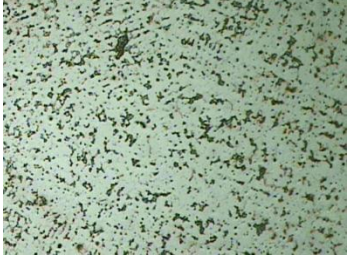
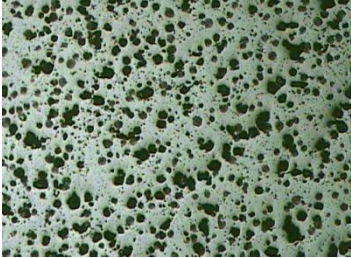
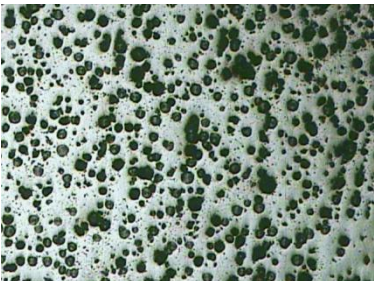
	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																
<b>ENSAYO DE FLEXIÓN GUIADO</b>		<b>E.M .N°125</b>															
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>																	
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b># de probeta:</b>	2.4.6														
<b>T de precalentamiento:</b>	250°C	<b>Fecha:</b>	14/03/2014														
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Proceso:</b>	SMAW														
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Realizado por:</b>	Aldás Milton														
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca														
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM															
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																	
<b>Lugar:</b>	Campus Universitario Huachi Chico – UTA																
<b>Temperatura Ambiente:</b>	18.8° C	<b>Hora:</b>	9:15 AM														
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																	
<b>Realizado bajo norma:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E190 – 92														
<b>Método:</b>	Carga de rotura.	<b>Tipo de prueba:</b>	De raíz de la soldadura.														
<b>Instrumento:</b>	Maquina Universal	<b>Capacidad de carga:</b>	30 Tn.														
<b>Acondicionamiento de la superficie:</b>		Esmerilado															
<b>RESULTADO:</b>																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th># de Probetas</th> <th>Carga Kgf</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>85.8</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>82.8</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>52.5</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>33</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>45.7</td> </tr> <tr> <td><b>Promedio</b></td> <td><b>59.96</b></td> </tr> </tbody> </table>	# de Probetas	Carga Kgf	1	85.8	2	82.8	3	52.5	4	33	5	45.7	<b>Promedio</b>	<b>59.96</b>	<p>Ensayo de flexión guiado para probetas soldadas con precalentamiento a 350°C y junta en V de 30°, hierro nodular</p> 		
# de Probetas	Carga Kgf																
1	85.8																
2	82.8																
3	52.5																
4	33																
5	45.7																
<b>Promedio</b>	<b>59.96</b>																
Carga de flexión promedio = 59.96Kgf. = 587.61N.																	
<b>OBSERVACIONES:</b>																	
Del análisis de flexión realizado tenemos un promedio de carga de 59.96 Kgf esta carga respecto de la carga soportada por el material base tiene un porcentaje de reducción del 63.75%.																	

**4.1.52 Ensayo de dureza de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 350 ° C, y electrodo ENiFe – CI.**



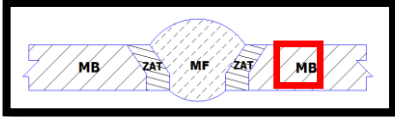
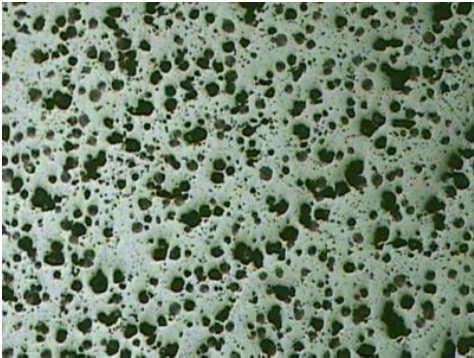
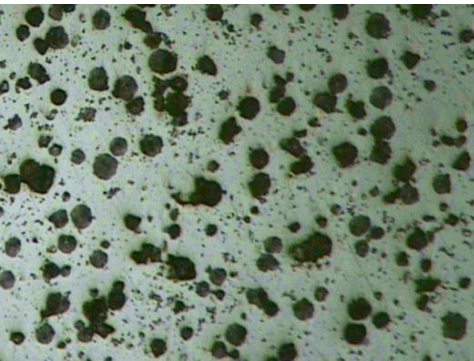
		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																																																			
<b>ENSAYO DE DUREZA</b>				<b>E.M .N°126</b>																																																	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>																																																					
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b># de probeta:</b>	2.4 (1,2,3,4,5)																																																		
<b>T de precalentamiento:</b>	350°C	<b>Fecha:</b>	19/03/2014																																																		
<b>Forma de calentamiento:</b>	Fragua	<b>Proceso:</b>	SMAW																																																		
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe - CI	<b>Realizado por:</b>	Aldas Milton																																																		
<b>Solicitado por:</b>	U.T.A. / F.I.C.M.	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca																																																		
<b>Centro de estudio y análisis:</b>		Laboratorio de ensayo de materiales – FICM																																																			
<b>PARÁMETROS AMBIENTALES DEL LUGAR.</b>																																																					
<b>Lugar:</b>	Campus Universitario Huachi Chico – UTA																																																				
<b>Temperatura Ambiente:</b>	18.8° C	<b>Hora:</b>	9:15 AM																																																		
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DEL ENSAYO.</b>																																																					
<b>Realizado bajo norma:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	E10-01																																																		
<b>Método:</b>	Rowell	<b>Tipo:</b>	B																																																		
<b>Tiempo del ensayo:</b>	15 min	<b>Rango de dureza:</b>	174.7 – 251.5 HB																																																		
<b>Carga aplicada:</b>	980 N	<b>Tipo de indentador:</b>	Esfera de acero de 1/16 in																																																		
<b>RESULTADO:</b>																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Zonas</th> <th>X mm</th> <th>Dureza HRB</th> <th>Dureza HB</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>MA</td><td>0</td><td>90</td><td>183.2</td></tr> <tr><td>MA</td><td>0.2</td><td>88</td><td>174.7</td></tr> <tr><td>MA</td><td>0.4</td><td>89</td><td>178.9</td></tr> <tr><td><b>ZAT</b></td><td><b>0.6</b></td><td><b>108</b></td><td><b>251.5</b></td></tr> <tr><td>MB</td><td>0.8</td><td>93</td><td>197.9</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.0</td><td>89.8</td><td>181.5</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.2</td><td>88.3</td><td>175.9</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.4</td><td>88.3</td><td>175.9</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.6</td><td>89.3</td><td>179</td></tr> <tr><td>MB</td><td>1.8</td><td>88</td><td>174.7</td></tr> <tr><td><b>Promedio:</b></td><td></td><td><b>91.17</b></td><td><b>187.32</b></td></tr> </tbody> </table>		Zonas	X mm	Dureza HRB	Dureza HB	MA	0	90	183.2	MA	0.2	88	174.7	MA	0.4	89	178.9	<b>ZAT</b>	<b>0.6</b>	<b>108</b>	<b>251.5</b>	MB	0.8	93	197.9	MB	1.0	89.8	181.5	MB	1.2	88.3	175.9	MB	1.4	88.3	175.9	MB	1.6	89.3	179	MB	1.8	88	174.7	<b>Promedio:</b>		<b>91.17</b>	<b>187.32</b>	<p style="text-align: center;">Ensayo de dureza, para probetas soldadas con precalentamiento a 350°C y junta en V de 30°, hierro nodular.</p>  <p style="text-align: center;">Dureza promedio = 91.17 HRC = 187.32 HB</p>			
Zonas	X mm	Dureza HRB	Dureza HB																																																		
MA	0	90	183.2																																																		
MA	0.2	88	174.7																																																		
MA	0.4	89	178.9																																																		
<b>ZAT</b>	<b>0.6</b>	<b>108</b>	<b>251.5</b>																																																		
MB	0.8	93	197.9																																																		
MB	1.0	89.8	181.5																																																		
MB	1.2	88.3	175.9																																																		
MB	1.4	88.3	175.9																																																		
MB	1.6	89.3	179																																																		
MB	1.8	88	174.7																																																		
<b>Promedio:</b>		<b>91.17</b>	<b>187.32</b>																																																		
																																																					
<b>OBSERVACIONES:</b>																																																					
La dureza obtenida del ensayo realizado es 187.32 HB, esta dureza se ha incrementado en un 6.38% respecto de la dureza del material base.																																																					



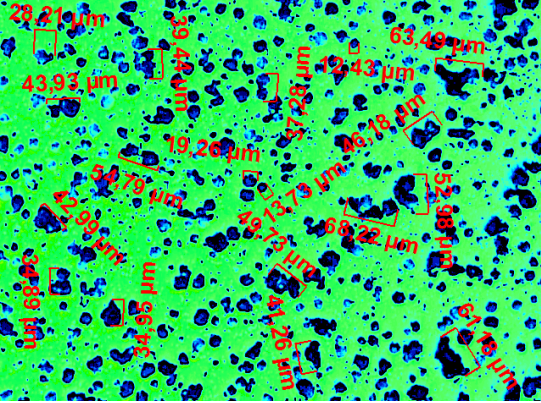
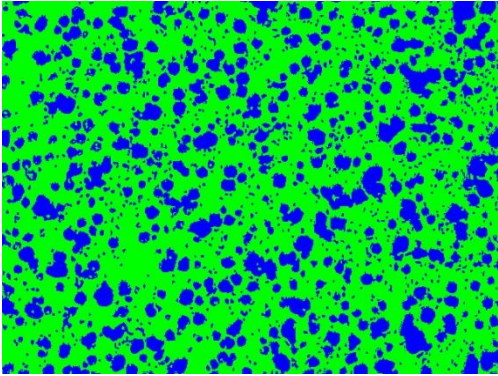
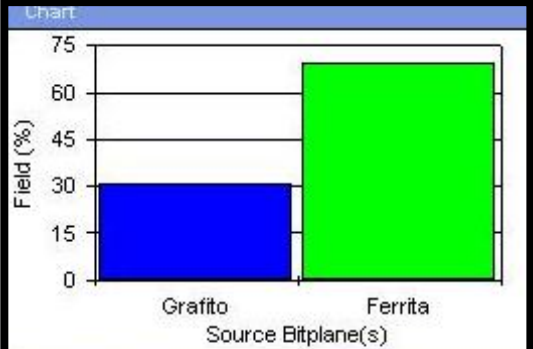




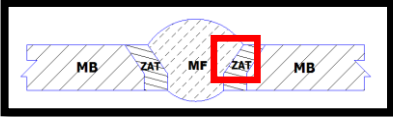
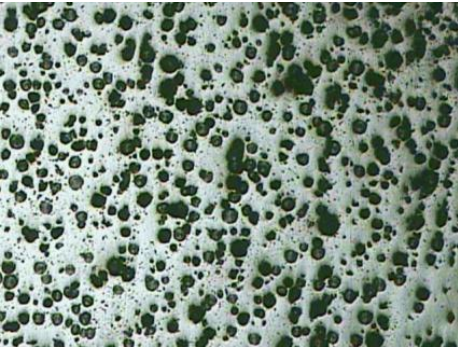
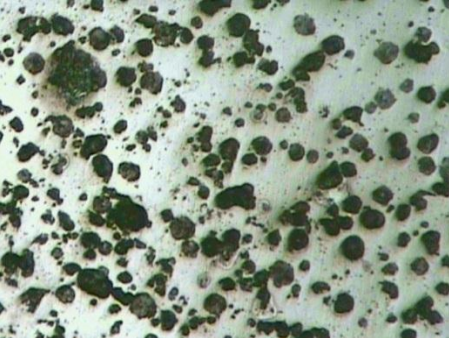
**4.1.53 Ensayo metalográfico de la junta soldada de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con precalentamiento a 350°C, y electrodo ENiFe – CI.**

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO</b>		<b>E.M .Nº127</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPÉCIMEN.</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Precalentamiento</b>	350°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	09/04/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de Materiales FICM, “UTA”		
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Tiempo de ataque:</b>	- - -	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	Lijado y pulido		
<b>Ataque químico:</b>	Nital 2, Reactivo Níquel.		
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
	MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido		
 MF	 MB   ZAT  Junta soldada con precalentamiento a 350°C, 100X.		



	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO, METAL BASE.</b>		<b>E.M .N°128</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Pre calentamiento</b>	350°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	09/04/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>		Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"	
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Tiempo de ataque:</b>	2Seg.	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>Ataque químico:</b>	Nital 2	<b>Acondicionamiento:</b>	Lijado y pulido
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
	MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido		
			
METAL BASE 100X, Nital 2, 2Seg.			
			
METAL BASE 200X, Nital 2, 2Seg.			

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>																											
<b>EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA DEL METAL BASE.</b>		<b>E.M .N°129</b>																										
<b>ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE GRANO DEL GRAFITO.</b>	<b>MICROESTRUCTURA A 100X.</b>																											
<b>RESULTADOS DEL SOFTWARE.</b>																												
<p style="text-align: center;">Estadística del tamaño de grano.</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Estadística</td> <td style="width: 30%;">Tamaño de grano</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td>Máximo</td> <td>68.22</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Mínimo</td> <td>12.43</td> <td>µm</td> </tr> <tr> <td>Promedio</td> <td>39.31</td> <td>µm</td> </tr> </table> <p style="text-align: center; color: red;">Según la ASTM A 247</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Fundición nodular</td> <td style="width: 30%;">Tipo VI</td> <td style="width: 40%;"></td> </tr> <tr> <td>Forma del grafito</td> <td>Nodular</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tamaño</td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Matriz</td> <td>Ferrítica</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Distribución</td> <td>Spiky graphite</td> <td></td> </tr> </table>	Estadística	Tamaño de grano		Máximo	68.22	µm	Mínimo	12.43	µm	Promedio	39.31	µm	Fundición nodular	Tipo VI		Forma del grafito	Nodular		Tamaño	5		Matriz	Ferrítica		Distribución	Spiky graphite		 <p style="text-align: center;">Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldada con precalentamiento a 350°C, material base, nital 2, 2Seg.</p>
Estadística	Tamaño de grano																											
Máximo	68.22	µm																										
Mínimo	12.43	µm																										
Promedio	39.31	µm																										
Fundición nodular	Tipo VI																											
Forma del grafito	Nodular																											
Tamaño	5																											
Matriz	Ferrítica																											
Distribución	Spiky graphite																											
<b>Componentes:</b>	<b>Grafito esferoidal en matriz de ferrita.</b>																											
<b>Componentes microestructurales:</b>	<b>Porcentajes:</b>																											
 <p style="text-align: center;">Imagen Magnificada 100X</p>	 <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>S. Bitplane(s)</th> <th>Field (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Grafito</td> <td>30,4</td> </tr> <tr> <td>Ferrita</td> <td>69,6</td> </tr> </tbody> </table>		S. Bitplane(s)	Field (%)	Grafito	30,4	Ferrita	69,6																				
S. Bitplane(s)	Field (%)																											
Grafito	30,4																											
Ferrita	69,6																											
<b>INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b>																												
<p>En la micrografía analizada presenta los siguientes resultados el porcentaje de grafito esferoidal es del 30.4% con una matriz Ferrítica del 69.6%, según la NORMA ASTM A247 la evaluación del grafito es del tipo VI con una forma nodular y una distribución aleatoria Spiky graphite, el tamaño del grafito es de tipo 5 (6 – 12mm).</p>																												

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>ENSAYO METALOGRAFICO DE LA ZAT.</b>		<b>E.M .N°130</b>	
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>			
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b>	60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b>	Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Pre calentamiento</b>	350°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b>	09/04/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>		Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"	
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>			
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b>	A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b>	18.6°C
<b>Tiempo de ataque:</b>	2Seg.	<b>Instrumento de observación:</b>	microscopio
<b>Ataque químico</b>	Nital 2	<b>Acondicionamiento:</b>	Lijado y pulido
<b>RESULTADOS</b>			
Zonas metalúrgicas de la soldadura.			
	MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido		
 <p>ZAT, 100X, Nital 2, 2Seg.</p>  <p>ZAT, 200X, Nital 2, 2Seg.</p>			





**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ZAT.**

**E.M. N°131**

ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE GRANO DEL GRAFITO.

MICROESTRUCTURA A 100X.

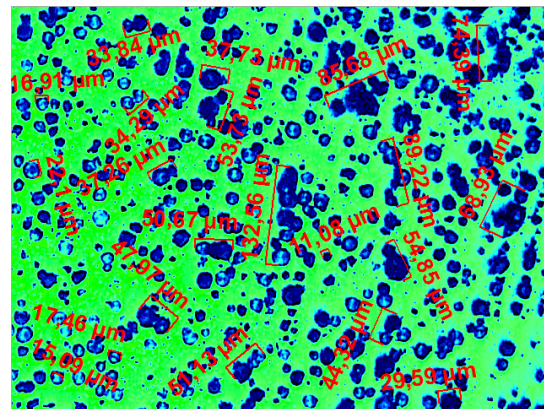
**RESULTADOS DEL SOFTWARE.**

Estadística del tamaño de grano.

Estadística	Tamaño de grano	
Máximo	132.36	µm
Mínimo	11.08	µm
Promedio	50.45	µm

Según la ASTM A 247

Fundición nodular	Tipo VI
Forma del grafito	Nodular
Tamaño	4
Matriz	Ferrítica
Distribución	Spiky graphite



Hierro fundido nodular grado 60-42-10, soldada con precalentamiento a 350°C, ZAT, nital 2, 2Seg.

Componentes:

Grafito esferoidal en matriz de ferrita.

Componentes microestructurales:

Porcentajes:

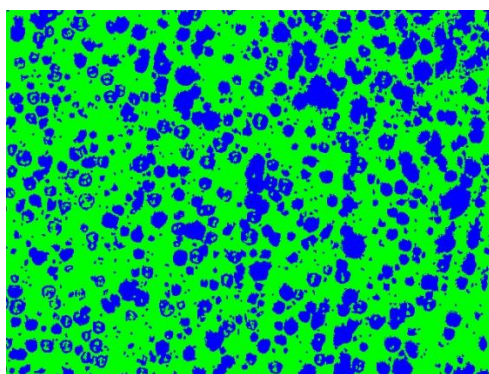
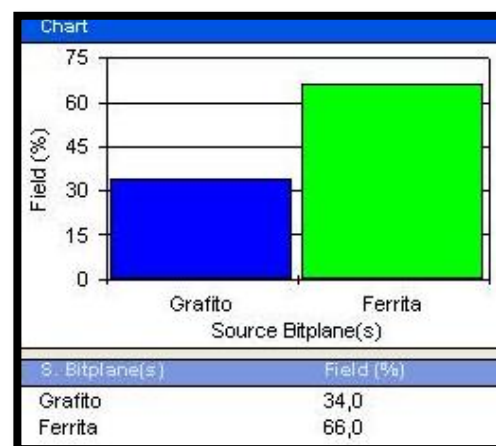


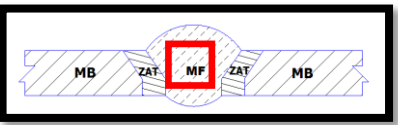
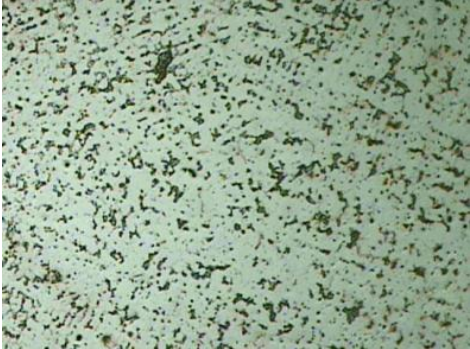
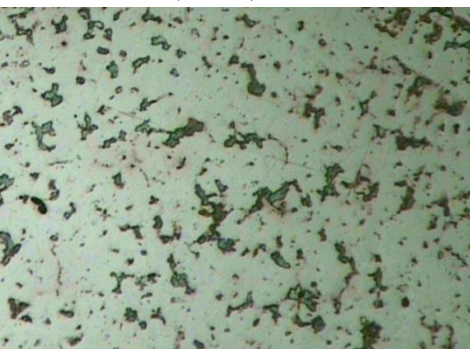


Imagen Magnificada 100X



**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

En la micrografía analizada presenta los siguientes resultados el porcentaje de grafito es de 34% con una matriz Ferrítica del 66%, según la NORMA ASTM A247 la evaluación del grafito es del tipo VI con una forma de nódulos distorsionados (Spiky graphite) y una aparición mayoritaria en la intercara de la soldadura, el tamaño del grafito es de tipo 4 (12 – 25 mm).

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>	
<b>ENSAYO METALOGRAFICO DEL METAL FUNDIDO</b>		<b>E.M .N°132</b>
<b>DATOS INFORMATIVOS DEL ESPECIMEN</b>		
<b>Material base:</b>	Hierro nodular	<b>Grado:</b> 60-42-10
<b>Material de aporte:</b>	ENiFe-CI	<b>Calentamiento en:</b> Fragua
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>T. Precalentamiento</b> 350°C
<b>Tipo de estudio:</b>	De laboratorio	<b>Fecha:</b> 09/04/14
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Tutor:</b> Ing. Mg. Henry Vaca
<b>Centro de estudios y análisis:</b>	Laboratorio de Materiales FICM, "UTA"	
<b>PARÁMETROS DEL ENSAYO DE METALOGRAFICO</b>		
<b>Norma de referencia:</b>	ASTM	<b>Designación:</b> A247, E3
<b>Superficie optima en:</b>	90 min.	<b>Temperatura:</b> 18.6°C
<b>Tiempo de ataque:</b>	10 Seg.	<b>Instrumento de observación:</b> microscopio
<b>Acondicionamiento del bisel:</b>	Lijado y pulido	
<b>Ataque químico:</b>	Aleaciones de Niquel	
<b>RESULTADOS</b>		
Zonas metalúrgicas de la soldadura.		
	MB = Material base ZAT = Zona afectada térmicamente MF = Metal fundido	
 MF, AWS A5.15 ENiFe-CI, 100X, Aleaciones de Niquel, 10 Seg.  MF, AWS A5.15 ENiFe-CI, 200X, Aleaciones de Niquel, 10 Seg.		



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**EVALUACIÓN DE LA MICROESTRUCTURA DE LA ZAT.**

**E.M .N°133**

**RESULTADOS DEL SOFTWARE.**

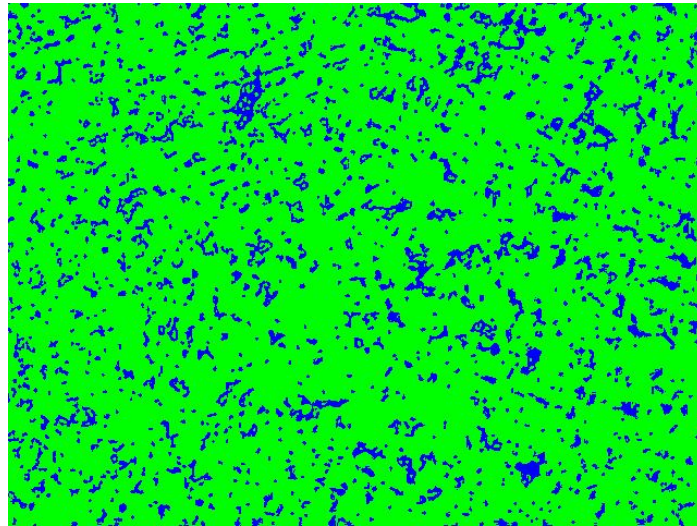
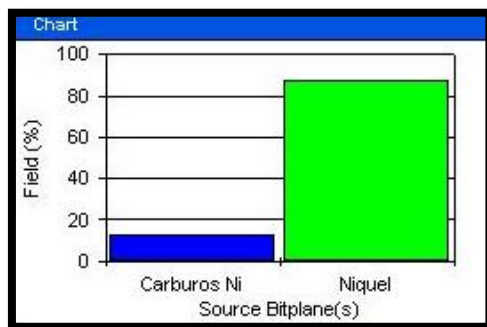


Imagen magnificada 100X  
Soldadura con precalentamiento 350°C, Metal fundido  
(Cordón de soldadura)

Componentes microestructurales:

Porcentajes:



S. Bitplane(s)	Field (%)
Carburos Ni	12,8
Niquel	87,2

**INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

En la micrografía analizada presenta los siguientes resultados el porcentaje de carburos de Ni es de 12.8% en una matriz de níquel de 87.2% y pequeñas inclusiones de carbono las mismas que se encuentran en forma de pequeños nódulos de grafito.

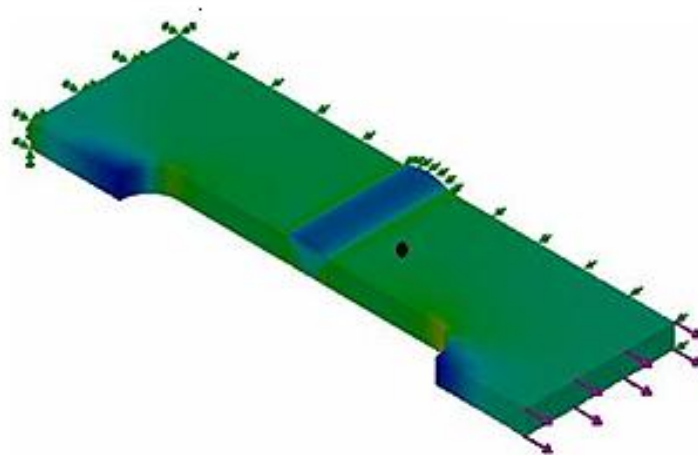
## 4.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Con los datos recolectados de los ensayos realizados se cuenta con la información necesaria para realizar la presentación de resultados de la investigación en cuadros estadísticos, se analizó los resultados con el fin de obtener conclusiones que permitan demostrar la hipótesis de la presente investigación.

### 4.2.1 Interpretación de resultados del ensayo de tracción.

Mediante el ensayo de tracción se puede obtener resultados sobre el comportamiento de las propiedades mecánicas de los materiales, estos ensayos se realizan en la máquina de ensayos de tracción (Máquina Universal REF. UH 50-A Shimatzu con capacidad de 30Tn.) La misma que aplica fuerza uniaxial hasta la ruptura del material. Con la utilización de esta máquina se recolectaron datos necesarios para la investigación, para este ensayo se utilizó probetas de sección plana basadas en la norma ASTM E8-01 y AWS B4.0, (Anexo C6) las probetas fueron soldadas con diferentes temperaturas de precalentamiento y dos tipos de juntas.

Según la AWS D1.1, 2002, Part C, p. 128 para soldadura dice que; “El esfuerzo de tensión o carga máxima de ruptura de la junta soldada no puede ser menor que la tensión mínima del material de aporte utilizado para realizar dicha unión”.



**Figura 4.3** Análisis de esfuerzos en una junta soldada.

Fuente: Universidad de Holguín, 2012, p. 7.

Los resultados de esfuerzos de tracción de los ensayos realizados se presentan a continuación en las tablas siguientes, (Anexo A2):

**Tabla 4.2** Resultados del ensayo de tracción realizado en las probetas de material base del tubo hierro nodular grado 60-42-10.

Datos del material base.							
# probeta	Ancho promedio	Espesor promedio	Área	Carga máxima registrada		Resistencia a la tracción (Sut)	
	mm	mm	mm <sup>2</sup>	Lbf	N	ksi	MPa
MB - 01	6,45	3,96	25,54	2480	11032	62,6	413,9
MB - 02	6,13	3,97	24,34	2430	10809	64,5	444,7
MB - 03	6,49	3,93	25,51	2490	11076	63,1	434,8
MB - 04	6,53	3,94	25,73	2480	11476	64,8	446,6
MB - 05	6,45	3,94	25,41	2420	10765	61,5	424,1

Fuente: Aldás Milton

#### 4.2.2 Ensayos de tracción en probetas soldadas en juntas en V de 60° con precalentamiento.

##### Observación para probetas soldadas.

Las siguientes abreviaciones indican las zonas donde se produjo la falla de las juntas soldadas:

**FJS:** Falla en la junta soldada.

**FMB:** Falla en el material base.

**Tabla 4.3** Resultados del ensayo de tracción realizado en las probetas soldadas junta en V de 60° con precalentamiento a 200°C en el tubo de hierro nodular grado 60-42-10.

Ensayo de tracción probetas soldadas junta en V de 60° con precalentamiento a 200°C.								
# probeta	Ancho promedio	Espesor promedio	Área	Carga máxima registrada		Resistencia a la tracción (Sut)		Obs.*
	mm	mm	mm <sup>2</sup>	Lbf	N	ksi	MPa	
1,1,1	6,02	3,98	23,96	1303	5796	35,2	242,4	FJS
1,1,2	5,71	4	22,84	1420	6316	40,2	276,9	FJS
1,1,3	5,99	3,42	20,49	840	3737	26,5	182,8	FJS
1,1,4	5,59	4,04	22,58	1164	5178	33,3	229,6	FJS
1,1,5	5,55	4,02	22,31	1533	6819	44,3	305,6	FJS

Fuente: Aldás Milton



**Tabla 4.4** Resultados del ensayo de tracción realizado en las probetas soldadas junta en V de 60° con precalentamiento a 250°C en el tubo de hierro nodular grado 60-42-10.

Ensayo de tracción probetas soldadas junta en V de 60° con precalentamiento a 250°C.								
# probeta	Ancho promedio	Espesor promedio	Área	Carga máxima registrada		Resistencia a la tracción (Sut)		Obs.*
	mm	mm		Lbf	N	ksi	MPa	
1,2,1	4,66	3,92	18,27	581	2584	-----	141,7	FMB
1,2,2	6,04	4,00	24,16	2490	11076	66,6	459	FMB
1,2,3	5,73	4,02	23,03	12900	5778	36,44	251,1	FJS
1,2,4	5,69	3,92	22,30	1342	5970	-----	268	FJS
1,2,5	5,64	4,09	23,07	2210	9831	61,9	427,1	FMB

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.5** Resultados del ensayo de tracción realizado en las probetas soldadas junta en V de 60° con precalentamiento a 300°C en el tubo de hierro nodular grado 60-42-10.

Ensayo de tracción probetas soldadas junta en V de 60° con precalentamiento a 300°C.								
# probeta	Ancho promedio	Espesor promedio	Área	Carga máxima registrada		Resistencia a la tracción (Sut)		Obs.*
	mm	mm		Lbf	N	ksi	MPa	
1,3,1	5,09	4,02	20,46	1962	8727	61,9	426,9	FMB
1,3,2	5,57	3,74	20,83	1670	7429	51,8	357,1	FJS
1,3,3	5,17	4,00	20,68	1110	4938	34,7	239,3	FJS
1,3,4	5,47	4,12	22,54	2030	9030	58,2	401,0	FMB
1,3,5	5,46	3,57	19,49	1761	7833	58,4	402,4	FMB

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.6** Resultados del ensayo de tracción realizado en las probetas soldadas junta en V de 60° con precalentamiento a 350°C en el tubo de hierro nodular grado 60-42-10.

Ensayo de tracción probetas soldadas junta en V de 60° con precalentamiento a 350°C.								
# probeta	Ancho promedio	Espesor promedio	Área	Carga máxima registrada		Resistencia a la tracción (Sut)		Obs.*
	mm	mm		Lbf	N	ksi	MPa	
1,4,1	5,86	3,93	23,03	1646	7322	46,2	318,3	FMB
1,4,2	5,73	4,23	24,24	947	4212	25,2	174,0	FJS
1,4,3	5,96	4,07	24,26	2340	10409	62,3	429,6	FMB
1,4,4	5,96	3,90	23,24	2240	9964	62,2	429,0	FMB
1,4,5	6,09	3,92	23,87	1889	8403	51,1	352,4	FMB

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.7** Resultados promedio del ensayo de tracción en comparación con el material base y juntas en V de 60° soldadas con precalentamiento, en el tubo de hierro nodular grado 60-42-10.

Resultados promedio de los ensayos de tracción					
Temperaturas de Precalentamiento	Área	Carga máxima promedio		Resistencia a la tracción promedio (Sut)	
	mm <sup>2</sup>	Lbf	N	ksi	Mpa
MB N/A	25,31	2460,00	11031,60	63,30	432,82
200°C	22,44	1252,00	5569,20	35,90	247,46
250°C	22,17	3904,60	7047,80	44,87	309,38
300°C	20,80	1706,60	7591,40	53,00	365,34
350°C	23,73	1812,40	8062,00	49,40	340,66

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.8** Porcentajes de reducción de resistencia en juntas en V de 60°.

Porcentaje de reducción de resistencia de las juntas soldadas respecto del material base					
Temperaturas de Precalentamiento	Resistencia a la tracción promedio (Sut)		Reducción de resistencia		
	ksi	Mpa	ksi	Mpa	%
MB N/A	63,30	432,82	63,30	432,82	100,00
200°C	35,90	247,46	27,40	185,36	43,29
250°C	44,87	309,38	18,43	123,44	29,12
300°C	53	365,34	10,3	67,48	16,27
350°C	49,40	340,66	13,90	92,16	21,96

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.9** Datos de resistencia a la tracción material base y juntas soldadas en V de 60° con precalentamiento.

Datos de ensayo a tracción para material base y juntas soldadas					
# de probeta	MB(Ksi)	200°C(Ksi)	250°C(Ksi)	300°C(Ksi)	350°C(Ksi)
1	62,6	35,2	20,5	61,9	46,2
2	64,5	40,2	66,6	51,8	25,2
3	63,1	26,5	36,44	34,7	62,3
4	64,8	33,3	38,9	58,2	62,2
5	61,5	44,3	61,9	58,4	51,1
Promedios	63,3	35,9	44,868	53,0	49,4

Fuente: Aldás Milton

#### 4.2.3 Ensayos de tracción en probetas soldadas junta en V de 30° con precalentamiento.

**Tabla 4.10** Resultados del ensayo de tracción realizado en las probetas soldadas junta en V de 30° con precalentamiento a 200°C en el tubo de hierro nodular grado 60-42-10.

Ensayo de tracción probetas soldadas junta en V de 30° con precalentamiento a 200°C.								
# probeta	Ancho promedio	Espesor promedio	Área	Carga máxima registrada		Resistencia a la tracción		Obs.*
	mm	mm	mm <sup>2</sup>	Lbf	N	ksi	MPa	
2,1,1	6,14	4,04	24,81	2220	9875	57,8	398,6	FJS
2,1,2	6,07	4,08	24,77	1095	4871	28,6	197,1	FJS
2,1,3	6,04	4,00	24,16	1251	5565	33,5	230,8	FJS
2,1,4	6,28	4,00	25,12	839	3732	21,6	148,8	FJS
2,1,5	6,27	4,03	25,27	1962	8727	50,2	346,1	FJS

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.11** Resultados del ensayo de tracción realizado en las probetas soldadas junta en V de 30° con precalentamiento a 250°C en el tubo de hierro nodular grado 60-42-10.

Ensayo de tracción probetas soldadas junta en V de 30° con precalentamiento a 250°C.								
# probeta	Ancho promedio	Espesor promedio	Área	Carga máxima registrada		Resistencia a la tracción		Obs.*
	mm	mm	mm <sup>2</sup>	Lbf	N	ksi	MPa	
2,2,1	5,72	3,97	22,71	2130	9475	60,6	417,8	FJS
2,2,2	5,94	3,92	23,28	1956	8701	54,2	373,7	FJS
2,2,3	6,05	3,93	23,78	1154	5133	31,4	216,2	FJS
2,2,4	5,76	3,93	22,64	2120	9430	60,6	417,5	FJS

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.12** Resultados del ensayo de tracción realizado en las probetas soldadas junta en V de 30° con precalentamiento a 300°C en el tubo de hierro nodular grado 60-42-10.

Ensayo de tracción probetas soldadas junta en V de 30° con precalentamiento a 300°C.								
# probeta	Ancho promedio	Espesor promedio	Área	Carga máxima registrada		Resistencia a la tracción		Obs.*
	mm	mm	mm <sup>2</sup>	Lbf	N	ksi	MPa	
2,3,1	6	3,95	23,70	2090	9297	57,00	393,1	FJS
2,3,2	6,05	3,91	23,66	1361	6054	37,20	256,3	FJS
2,3,3	5,91	3,83	22,64	1924	8558	54,80	378,1	FJS
2,3,4	6,1	3,90	23,79	2470	10987	67,00	462,2	FMB
2,3,5	5,9	3,90	23,01	2220	9875	62,30	429,7	FJS

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.13** Resultados del ensayo de tracción realizado en las probetas soldadas junta en V de 30° con precalentamiento a 350°C en el tubo de hierro nodular grado 60-42-10.

Ensayo de tracción probetas soldadas junta en V de 30° con precalentamiento a 350°C.								
# probeta	Ancho promedio	Espesor promedio	Área	Carga máxima registrada		Resistencia a la tracción		Obs.*
	mm	mm	mm <sup>2</sup>	Lbf	N	ksi	MPa	
2,3,1	6,16	3,79	23,35	881	3919	24,40	168,1	FJS
2,3,2	5,82	3,86	22,47	2200	9786	63,20	436,0	FMB
2,3,3	5,62	3,91	21,97	373	1659	11,00	75,6	FJS
2,3,4	5,74	3,91	22,44	648	2882	18,70	128,6	FJS
2,3,5	5,62	3,80	21,36	805	3581	24,40	168,0	FJS

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.14** Resultados promedio del ensayo de tracción en comparación con el material base y juntas en V de 30° soldadas con precalentamiento, en el tubo de hierro nodular grado 60-42-10.

Resultados promedio de los ensayos de tracción					
Temperaturas de Precalentamiento	Área	Carga máxima promedio		Resistencia a la tracción promedio	
	mm <sup>2</sup>	Lbf	N	ksi	Mpa
MB N/A	25,31	2460,00	11031,60	63,30	432,82
200°C	24,83	1473,40	6554,00	38,34	264,28
250°C	23,10	1840,00	8184,75	51,70	356,30
300°C	23,36	2013,00	8954,20	55,66	383,88
350°C	22,32	981,40	4365,40	28,34	195,26

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.15** Porcentajes de reducción de resistencia en juntas en V de 30°.

Porcentaje de reducción de resistencia de las juntas soldadas respecto del material base					
Temperaturas de Precalentamiento	Resistencia a la tracción promedio		Reducción de resistencia		
	ksi	Mpa	ksi	Mpa	%
MB N/A	63,30	432,82	63,30	432,82	100
200°C	38,34	264,28	24,96	168,54	39,43
250°C	51,70	356,30	11,60	76,52	18,33
300°C	55,66	383,88	7,64	48,94	12,06
350°C	28,34	195,26	34,96	237,56	52,23

Fuente: Aldás Milton

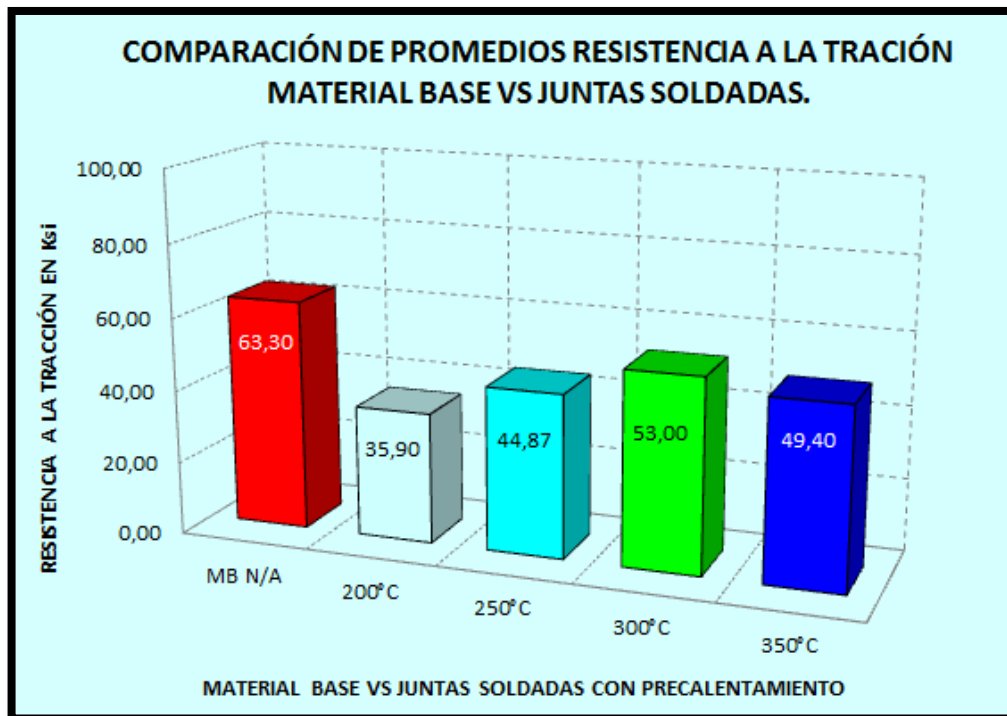
**Tabla 4.16** Datos de resistencia a la tracción material base y juntas soldadas en V de 30° con precalentamiento.

Datos de ensayo a tracción para material base y juntas soldadas					
# de probeta	MB(Ksi)	200°C(Ksi)	250°C(Ksi)	300°C(Ksi)	350°C(Ksi)
1	62,6	57,8	60,6	57,00	24,40
2	64,5	28,6	54,2	37,20	63,20
3	63,1	33,5	31,4	54,80	11,00
4	64,8	21,6	60,6	67,00	18,70
5	61,5	50,2	----	62,30	24,40
<b>Promedio</b>	<b>63,30</b>	<b>38,34</b>	<b>51,70</b>	<b>55,66</b>	<b>28,34</b>

Fuente: Aldás Milton

#### 4.2.4 Comparación de resultados de ensayo de tracción material base vs juntas soldadas en V de 60° con precalentamiento.

Los resultados obtenidos de las probetas del material base de hierro fundido nodular grado 60-42-10 sin soldadura, se compara con los resultados de las probetas soldadas con precalentamiento y tipo de junta en V de 60°, este será la referencia de comparación de resultados obtenidos del ensayo de tracción.



**Figura 4.4** Valores promedio comparativos de resistencia a la tracción Sut. Entre juntas en V de 60° y material base.

Fuente: Aldás Milton

La figura 4.4 indica valores de resistencia a la tracción del material base como de las juntas soldadas, la resistencia promedio del material base es de 63.30Ksi, la junta soldada con precalentamiento a 200°C tiene un promedio de resistencia de 35.9Ksi lo que indica que se ha reducido en un 43.29% respecto del material base, la junta soldada con precalentamiento a 250°C tiene un promedio de resistencia de 44.87 [Ksi] lo que indica que se ha reducido en un 29.12% respecto del material base, la junta soldada con precalentamiento a 300°C tiene un promedio de resistencia de 53Ksi lo que indica que se ha reducido en un 16.27% respecto del material base y es la más aceptable, la junta soldada con precalentamiento a 350°C tiene un promedio de resistencia de 49.4Ksi lo que indica que se ha reducido en un 21.96% respecto del material base.

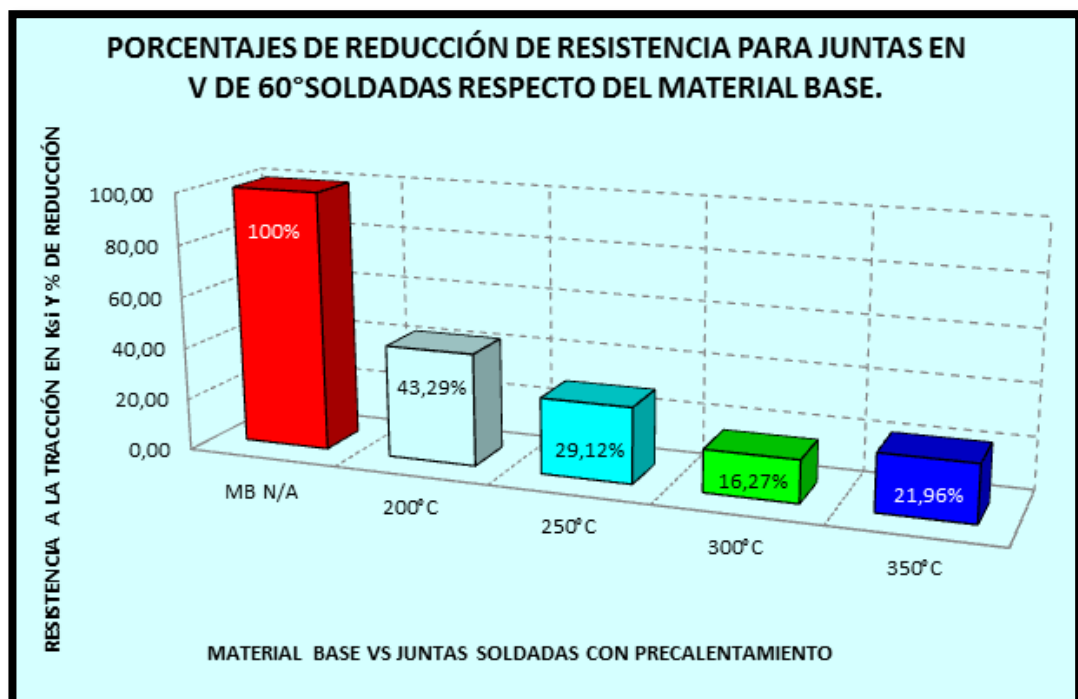


Figura 4.5 Comparación de porcentajes de reducción a la tracción Sut. En juntas soldadas en V de 60°.

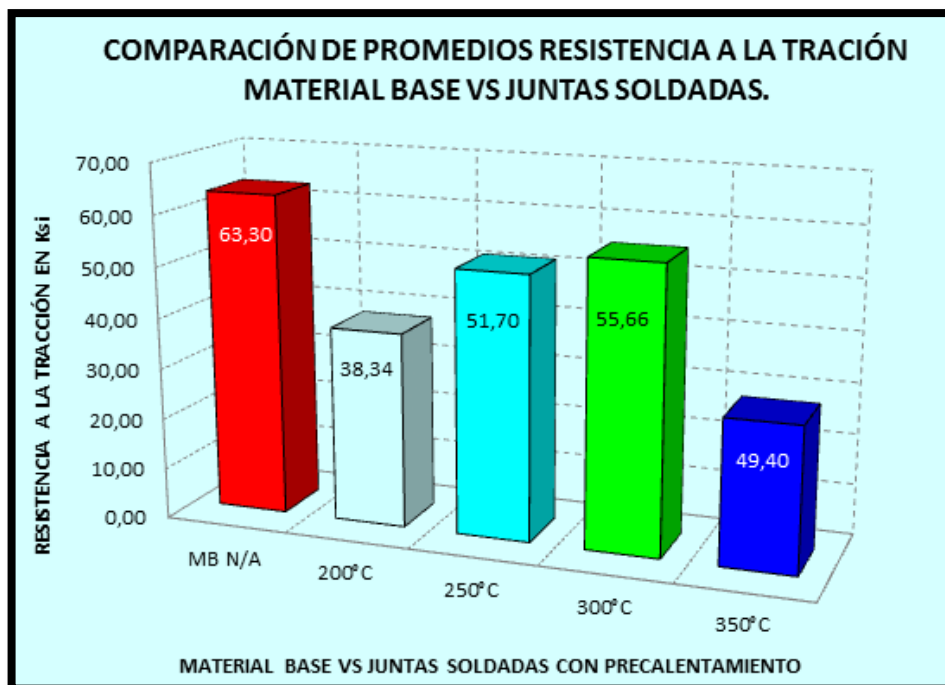
Fuente: Aldás Milton

La figura 4.5 indica la comparación del porcentaje de reducción de resistencia respecto del material base. La junta soldada que registró el menor porcentaje de reducción de resistencia de tracción respecto del material base es la junta en V de

60° soldada con precalentamiento de 300°C, la misma registra una reducción de resistencia del 16.27% que sería un promedio de carga de tracción del 53.0 [Ksi] tomada del ensayo de 5 muestras, esta resistencia supera la resistencia del material de aporte que es de 32.2 [Ksi], la junta soldada con precalentamiento de 200°C es la que registra un significativo porcentaje de reducción de 43.29% igual a 35.9 [Ksi] respecto del material base, y apenas supera al material de aporte con un 11.5%.

#### 4.2.5 Comparación de resultados de ensayo de tracción material base vs juntas soldadas en V de 30° con precalentamiento.

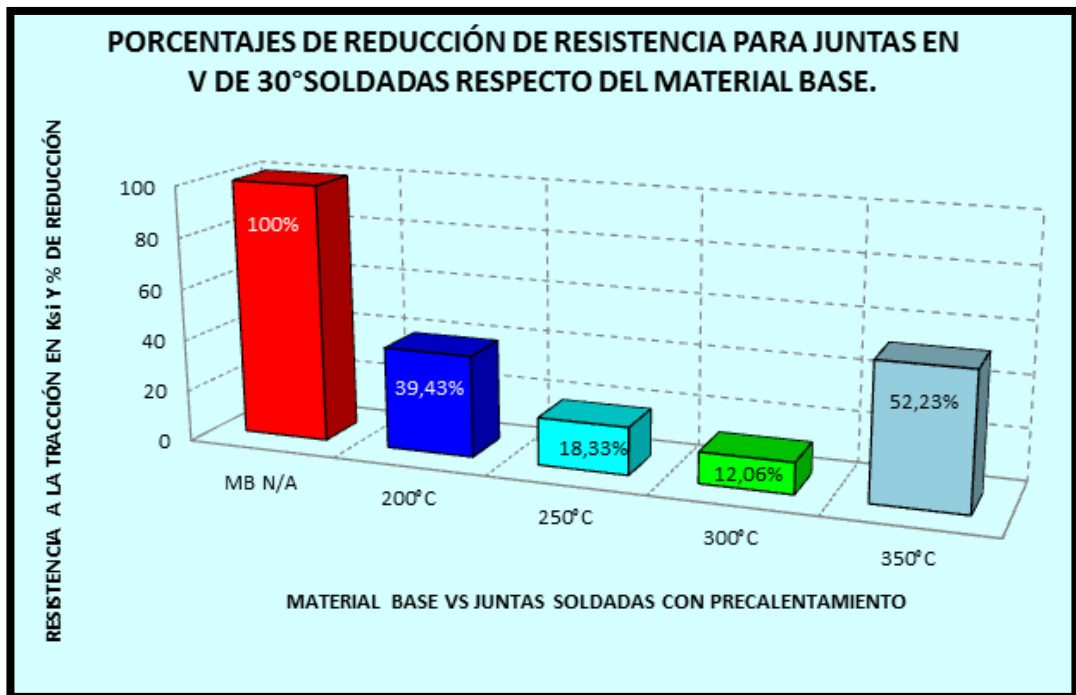
Los resultados obtenidos de las probetas del material base de hierro fundido nodular grado 60-42-10, se compara con los resultados de las probetas soldadas con precalentamiento y tipo de junta en V de 60°, este será la referencia de comparación de resultados obtenidos del ensayo de tracción.



**Figura 4.6** Valores promedio comparativos de resistencia a la tracción Sut. Entre juntas en V de 30° y material base.  
Fuente: Aldás Milton

La figura 4.6 indica valores de resistencia a la tracción del material base como de las juntas soldadas, la resistencia promedio del material base es de 63.30 [Ksi], la

junta soldada con precalentamiento a 200°C tiene un promedio de resistencia de 38.34 [Ksi] lo que indica que se ha reducido en un 39.43% respecto del material base, la junta soldada con precalentamiento a 250°C tiene un promedio de resistencia de 51.70 [Ksi] indicando una reducción del 18.33% respecto del material base, la junta soldada con precalentamiento a 300°C tiene un promedio de resistencia de 55.66 [Ksi] lo que indica que se ha reducido en un 12.06% respecto del material base y es la más aceptable, la junta soldada con precalentamiento a 350°C tiene un promedio de resistencia de 28.34 [Ksi] lo que indica que se ha reducido en un 52.23% respecto del material base.



**Figura 4.7** Comparación de porcentajes de reducción a la tracción Sut. Entre juntas en V de 30° y material base.

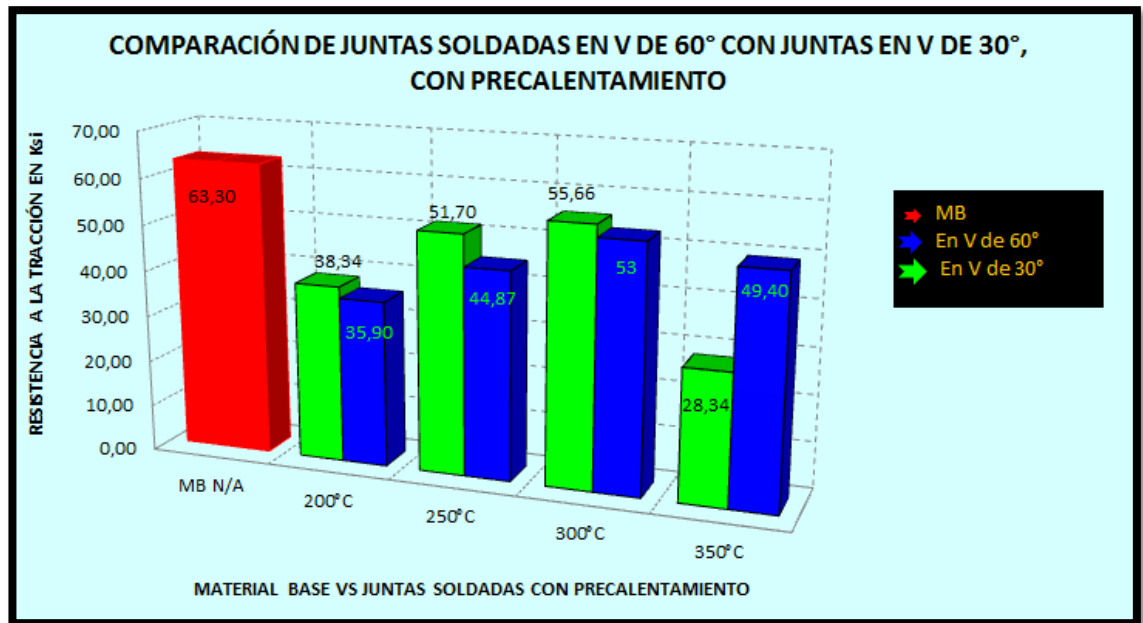
Fuente: Aldás Milton

La junta soldada que registró el menor porcentaje de reducción de resistencia de tracción respecto del material base es la junta en V de 30° soldada con precalentamiento de 300°C, la misma registra una reducción de resistencia del 12.06% que sería un promedio de carga de tracción del 55.66 [Ksi] tomada del ensayo de 5 muestras, esta resistencia supera la resistencia del material de aporte que es de 32.2 [Ksi], la junta soldada con precalentamiento de 350°C es la que registra un significativo porcentaje de reducción de 52.23% igual a 28.34 [Ksi]



respecto del material base, y no supera la resistencia del material de aporte esta registra un porcentaje de reducción del 11.99%.

#### 4.2.6 Comparación de resultados del ensayo a tracción para los dos tipos de juntas de soldadura utilizadas vs el material base.



**Figura 4.8** Comparación de resistencia a tracción entre juntas soldadas en V de 60° y juntas en V de 30° con precalentamiento, respecto del material base.

Fuente: Aldás Milton

En la figura 4.8 se puede deducir que en las juntas soldadas en V de 60° la resistencia se incrementa hasta la junta precalentada a 300°C y a la temperatura de 350°C empieza a decaer la resistencia, algo similar se ocurre en las juntas soldadas en V de 30° con la diferencia que al llegar a la temperatura de precalentamiento de 350°C existe una significativa reducción de resistencia a la tracción.

La junta en V de 30° soldada con precalentamiento tiene una ligera superioridad de resistencia a la tracción hasta que llega a la temperatura de 350°C donde decae significativamente respecto de la junta soldada en V de 60°.

Al analizar y comparar las juntas que mayor resistencia mecánica ofrecen tenemos que la junta de soldadura en V de 60° y la junta en V de 30° coinciden en la temperatura de precalentamiento de 300°C los dos tipos de juntas tienen una

resistencia superior a los 50 [Ksi] con una diferencia mínima de 2.66% entre sí, al comparar con la resistencia del material base que es de 63.30 [Ksi] tenemos un porcentaje de reducción del 16.27% que vendría a ser 53.0 [Ksi] para la junta en V de 60° y para la junta en V de 30° una reducción del 12.06% que vendría a ser 55.66 [Ksi].

De aquí podemos decir que la junta de soldadura tipo en V de 30° con precalentamiento de 300°C es la mejor en cuanto a resistencia a tracción sin dejar a un lado la junta en V de 60° que al igual que la antes mencionada tiene una excelente resistencia.

#### 4.2.7 Interpretación de resultados del ensayo de dureza.

La dureza de un material es la resistencia que opone a la penetración de un cuerpo más duro. La resistencia se determina introduciendo un cuerpo de forma esférica, cónica o piramidal, por el efecto que produce una fuerza determinada durante cierto tiempo en el cuerpo a ensayar.

El ensayo de dureza se lo realizo para la dureza Rockwell y transformar a Brinell de acuerdo a la norma ASTM E10 – 01 y ASTM E18 – 03, (Anexo C7) respectivamente.

Se efectuó en probetas rectangulares la toma de datos de dureza se realizó desde el centro del cordón de soldadura hacia el material base con separaciones de 2 mm entre cada indentación. Los resultados obtenidos se muestran en tablas y gráficos de dureza HB VS la separación de cada dentición desde el centro de cordón de soldadura, la dureza Brinell se obtuvo interpolando los resultados obtenidos. (Anexo C8).

**Tabla 4.17** Resultados del ensayo de dureza realizado en las probetas de material base y juntas en V de 60° soldadas con precalentamiento del tubo hierro nodular grado 60-42-10.

Datos de ensayo de dureza Brinell para probetas soldadas con filete en V de 60°.						
D entre huella.	Zonas	MB	200°C	250°C	300°C	350°C
0	MF	174,7	209	163,4	238	222,9
0,2	MF	183,2	203,3	214,8	235,1	230,8

0,4	MF	172,5	217,8	197,9	227,3	206,2
<b>0,6</b>	<b>ZAT</b>	174,1	<b>305,7</b>	<b>380,8</b>	<b>247</b>	<b>264,4</b>
0,8	MB	170,6	183,2	178,9	178,9	187,2
1	MB	178,9	174,7	180,1	178,9	187,2
1,2	MB	181	170,6	183,2	162	176,8
1,4	MB	174,7	176,8	170,6	183,2	174,7
1,6	MB	180,5	176,8	181	178,9	183,2
1,8	MB	170,6	178,9	170,6	174,7	178,9
Dureza Promedio		<b>176,08</b>	<b>199,68</b>	<b>202,13</b>	<b>200,4</b>	<b>201,23</b>

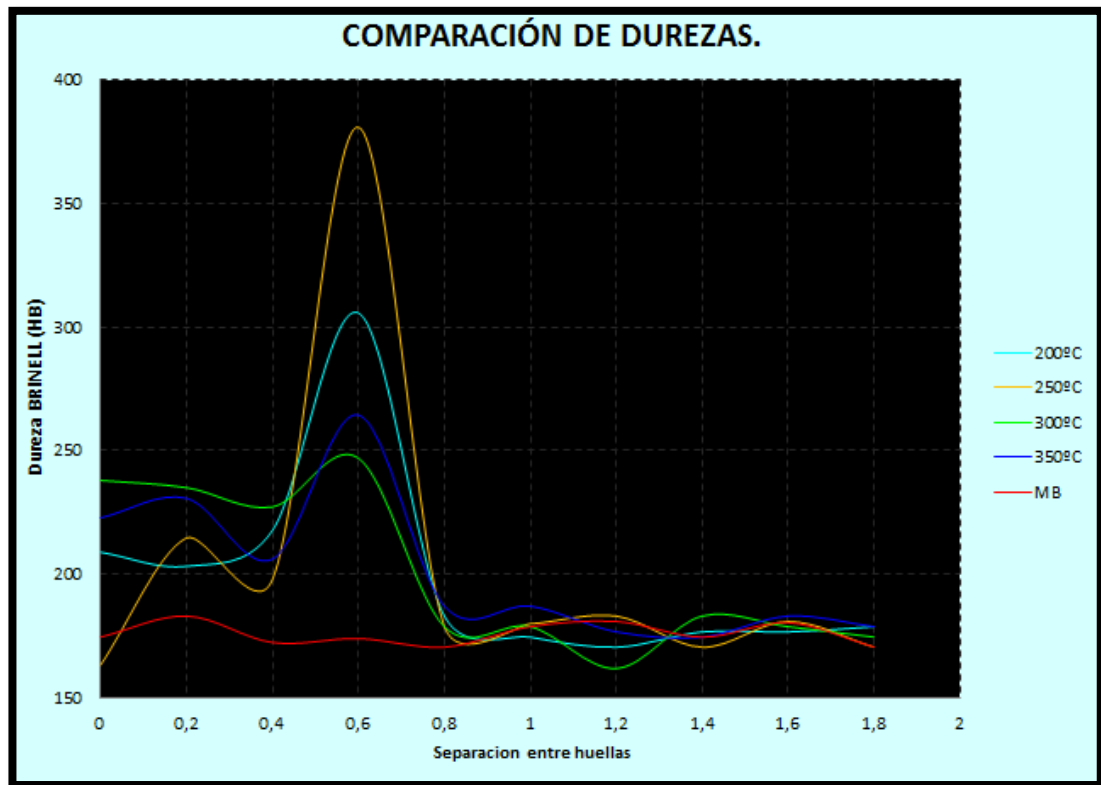
Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.18** Resultados del ensayo de dureza realizado en las probetas de material base y juntas en V de 30° soldadas con precalentamiento del tubo hierro nodular grado 60-42-10.

Datos de ensayo de dureza Brinell para probetas soldadas con filete en V de 30°.						
D entre huella.	Zonas	MB	200°C	250°C	300°C	350°C
0	MF	174,7	141,1	149,9	178,9	183,2
0,2	MF	183,2	135,6	152	170,6	174,7
0,4	MF	172,5	143,9	174,7	174,7	178,9
<b>0,6</b>	<b>ZAT</b>	174,1	<b>303</b>	<b>278,6</b>	<b>190</b>	<b>251,5</b>
0,8	MB	170,6	183,2	176,8	178,9	197,9
1	MB	178,9	183,2	174,7	176,8	181,5
1,2	MB	181	178,9	181	181	175,9
1,4	MB	174,7	176,8	184,5	178,9	175,9
1,6	MB	180,5	181,1	182,8	178,9	179
1,8	MB	170,6	172,5	174,7	183,2	174,7
Dureza Promedio		<b>176,08</b>	<b>179,93</b>	<b>182,97</b>	<b>179,19</b>	<b>187,32</b>

Fuente: Aldás Milton

En las tablas 4.19 y 4.20 se puede observar los valores del ensayo de dureza se tomó 10 datos en cada probeta ensayada, el cuarto valor de dureza corresponde a la zona afectada térmicamente, esto para las probetas con soldadura y precalentamiento, no aplica para el material base que no se ha realizado ningún tipo de tratamiento térmico ni soldadura alguna.



**Figura 4.9** Comparación de durezas entre juntas en V de 60° soldadas con precalentamiento y material base.

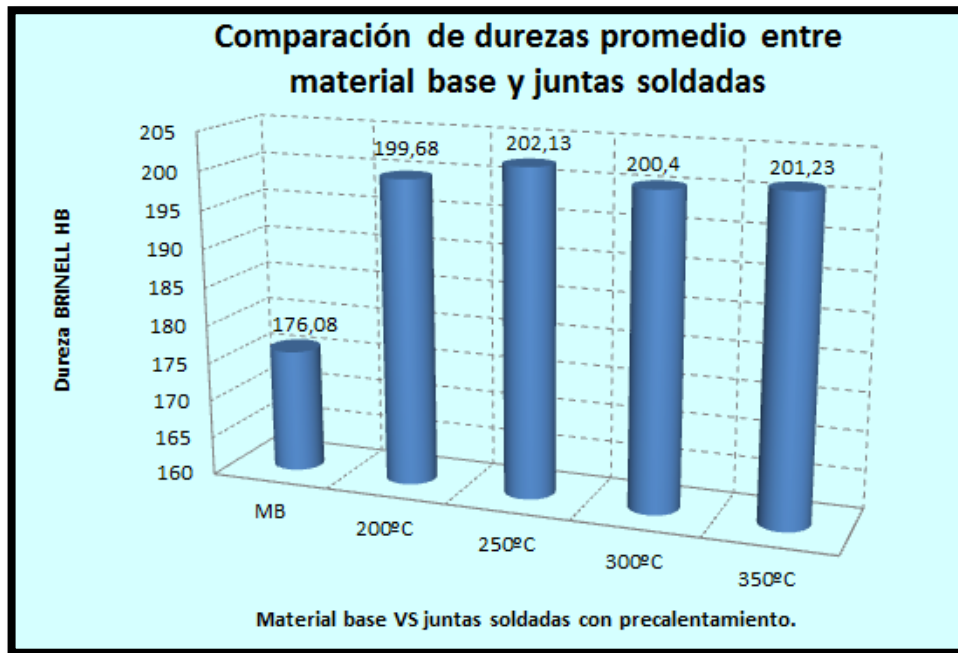
Fuente: Aldás Milton

En la figura 4.9 se puede observar que la dureza del material base no sobrepasa los 200 [HB] y es constante a lo largo de toda la medición de dureza de la probeta dando un promedio de 176.73 [HB].

Para el caso de las juntas soldadas tenemos que la dureza es un poco más elevada pero no en toda la superficie de la probeta la zona en donde más alta es la dureza es la zona afectada térmicamente donde se tiene un máximo de 380.8 [HB] y un mínimo de 247.0 [HB] esta dureza se encuentra a una distancia de 0.8 mm del centro del cordón de soldadura. Seguida por el metal fundido (metal de aporte) donde se tiene un rango de 163.4 – 235.1 [HB] y por último el material base que no ha sufrido un incremento significativo respecto de la probeta sin soldadura.

La curva que más se ajusta y de menor variación de dureza se tiene es la de color verde que identifica la junta en V de 60° soldada con una temperatura de

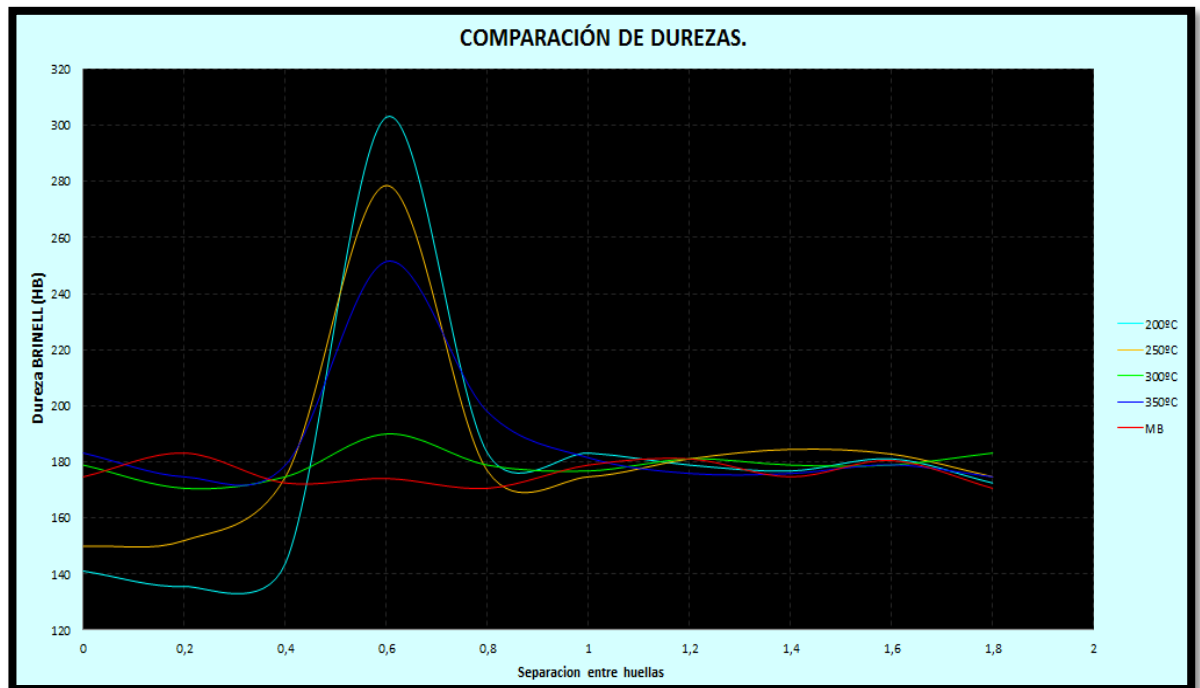
precalentamiento de 300°C con un promedio de dureza de 200.4 [HB] este promedio de dureza supera la dureza del material base en un 13.4%.



**Figura 4.10** Comparación de durezas entre material base y juntas en V de 60° soldadas con precalentamiento.

Fuente: Aldás Milton

De la figura 4.10 se tiene la comparación de durezas promedio para cada junta soldada con precalentamiento respecto del material base, en la probeta soldada con precalentamiento de 250°C se observa una dureza promedio de 202.13 [HB] es la dureza más elevada de todas las juntas de soldadura la junta con el mínimo promedio es la probeta soldada con precalentamiento de 200°C donde se observa una dureza promedio de 199.68 [HB]. La dureza del material base es de 176.73 [HB] si comparamos con las durezas promedio éstas tienen un valor significativamente elevado con respecto a esta.



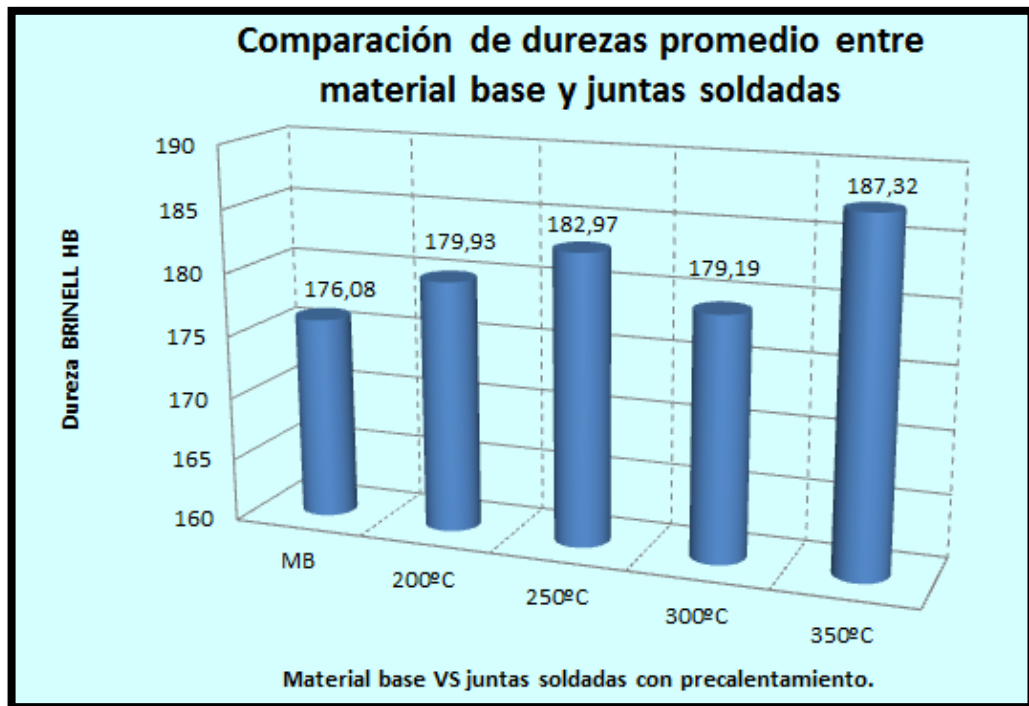
**Figura 4.11** Comparación de durezas entre juntas en V de 30° soldadas con precalentamiento y material base.

Fuente: Aldás Milton

En la figura 4. 11 se puede observar que la dureza del material base no sobrepasa los 200 [HB] y es constante a lo largo de toda la medición de dureza de la probeta dando un promedio de 176.73 [HB].

Para el caso de las juntas soldadas tenemos que la dureza es un poco más elevada pero no en toda la superficie de la probeta la zona en donde más alta es la dureza es la zona afectada térmicamente donde se tiene un máximo de 380.8 [HB] y un mínimo de 247.0 [HB] esta dureza se encuentra a una distancia de 0.8 mm del centro del cordón de soldadura. Seguida por el metal fundido (metal de aporte) donde se tiene un rango de 135.6 – 183.2 [HB] y por último el material base que no ha sufrido un incremento significativo respecto de la probeta sin soldadura.

La curva que más se ajusta y de menor variación de dureza se tiene es la de color verde que identifica la junta en V de 30° soldada con una temperatura de precalentamiento de 300°C con un promedio de dureza de 179.2 [HB] este promedio de dureza se encuentra en el rango de durezas del material base y tan solo supera el promedio del material base en 1.4%.

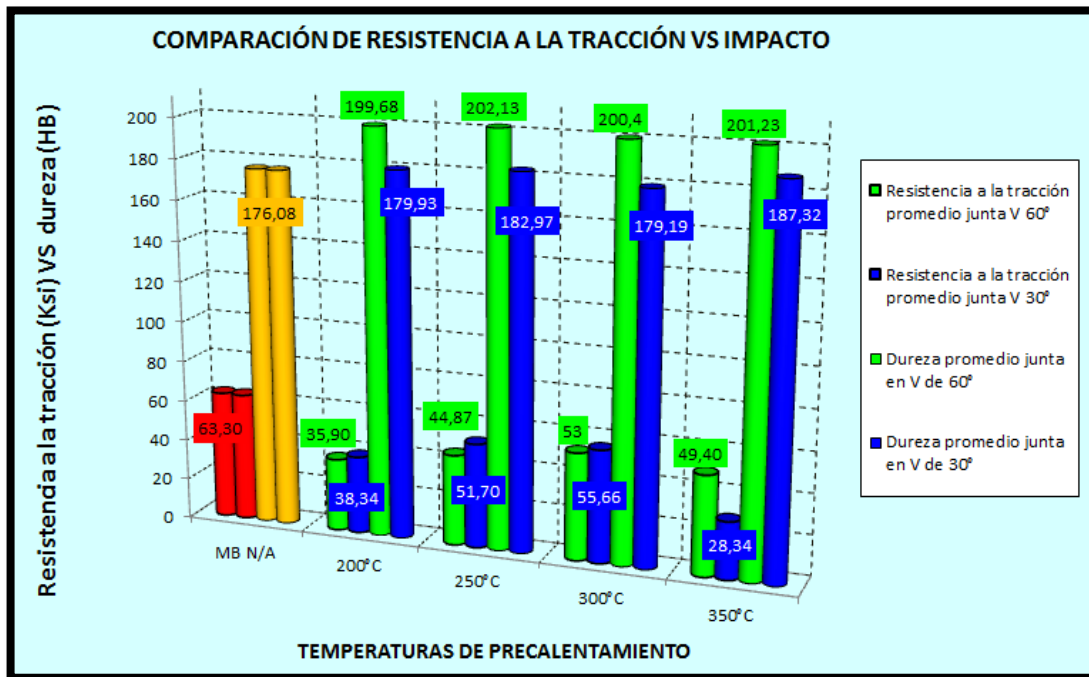


**Figura 4.12** Comparación de durezas entre material base y juntas en V de 30° soldadas con precalentamiento.

Fuente: Aldás Milton

De la figura 4.12 se tiene la comparación de durezas promedio para cada junta soldada con precalentamiento respecto del material base, en la probeta soldada con precalentamiento de 350°C se observa una dureza promedio de 187.32 [HB] es la dureza más elevada de todas las juntas de soldadura la junta con el mínimo promedio es la probeta soldada con precalentamiento de 300°C donde se observa una dureza promedio de 179.19 [HB]. La dureza del material base es de 176.73 [HB] si comparamos con las durezas promedio la diferencia no es demasiada y se puede decir que se encuentran en el rango de durezas del material base.

#### 4.2.8 Comparación de dureza con resistencia a la tracción para los dos tipos de juntas utilizadas.



**Figura 4.13** Comparación de resistencia a la tracción con la dureza para los dos tipos de juntas soldadas.

Fuente: Aldás Milton

En la figura 4.13 se puede observar la relación entre la dureza y la resistencia a la tracción que existe en las juntas soldadas como en el material base, la dureza promedio del material base es de 176.08 [HB], el promedio máximo de dureza para la junta en V de 60° es de 202.13 [HB] soldada con una temperatura de precalentamiento de 250°C, para la junta en V de 30° el promedio máximo de dureza es de 187.32 [HB] con una temperatura de precalentamiento de 350°C, el promedio máximo de resistencia a la tracción para la junta en V de 60° es de 53 [Ksi] soldada con una temperatura de precalentamiento de 300°C, para la junta en V de 30° es de 55.66 [Ksi] con una temperatura de precalentamiento de 300°C.

Relacionando la dureza con la resistencia a la tracción se tiene que a una temperatura de precalentamiento de 300°C las propiedades son mucho mejores en los dos tipos de juntas soldadas teniendo en esta una similitud en relación a los valores del material base, por consiguiente se dice que esta es la mejor temperatura de precalentamiento.



#### 4.2.9 Interpretación de resultados para el ensayo de impacto Charpy.

Con la realización del ensayo de impacto se determinara la tenacidad capacidad de un material de absorber energía producto de un golpe instantáneo, la probeta es inducida a la fractura en un solo golpe el mismo que es producido por el péndulo Charpy para así obtener la energía de impacto del material.

Los resultados del ensayo realizado se presentaran en tablas y gráficos de las probetas de material base y juntas soldadas con precalentamiento, para este ensayo se tomó en cuenta la norma ASTM E-23. (Anexo C9).

El ensayo fue realizado a temperatura ambiente de 19.6°C, antes de realizar el ensayo se tomó datos de dimensiones de las probetas.

**Tabla 4.19** Resultados del ensayo de impacto Charpy realizado en las probetas de material base del tubo hierro nodular grado 60-42-10.

Datos del ensayo de impacto Charpy probetas del material base.				
Probeta N°	dimensiones de probetas			energía de impacto(J)
	altura (mm)	base (mm)	área(mm <sup>2</sup> )	
0,0,1	11,00	4,60	50,60	20,10
0,0,2	10,80	4,64	50,11	15,80
0,0,3	10,70	4,80	51,36	15,00
0,0,4	11,00	4,70	51,70	14,50
0,0,5	10,90	4,70	51,23	15,50
<b>promedios</b>	<b>10,88</b>	<b>4,69</b>	<b>51,00</b>	<b>16,18</b>

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.20** Resultados del ensayo de impacto Charpy realizado en las probetas de junta en V de 60° soldadas con precalentamiento de 200°C en el tubo hierro nodular grado 60-42-10.

Datos del ensayo de impacto Charpy probetas soldadas con junta en V de 60 con precalentamiento de 200°C.					
Probeta N°	dimensiones de probetas			energía de impacto(J)	* Obs.
	altura (mm)	base (mm)	área(mm <sup>2</sup> )		
1,1,1	10,80	4,80	51,84	6,00	FJS
1,1,2	10,42	4,80	50,02	6,50	FJS
1,1,3	11,00	5,00	55,00	10,00	FMB
1,1,4	10,60	4,72	50,03	7,00	FJS
1,1,5	10,66	4,94	52,66	9,00	FMB
<b>promedio</b>	<b>10,70</b>	<b>4,85</b>	<b>51,91</b>	<b>7,70</b>	<b>N/A</b>

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.21** Resultados del ensayo de impacto Charpy realizado en las probetas de junta en V de 60° soldadas con precalentamiento de 250°C en el tubo hierro nodular grado 60-42-10.

Datos del ensayo de impacto Charpy probetas soldadas con junta en V de 60 con precalentamiento de 250°C.					
Probeta N°	dimensiones de probetas			energía de impacto(J)	* Obs.
	altura (mm)	base (mm)	área(mm <sup>2</sup> )		
1,2,1	10,70	4,80	51,36	5,00	FJS
1,2,2	10,88	5,00	54,40	5,00	FJS
1,2,3	10,90	4,92	53,63	6,00	FJS
1,2,4	10,86	5,20	56,47	10,00	FJS
1,2,5	10,70	5,10	54,57	6,00	FMB
<b>promedio</b>	<b>10,81</b>	<b>5,00</b>	<b>54,09</b>	<b>6,40</b>	<b>N/A</b>

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.22** Resultados del ensayo de impacto Charpy realizado en las probetas de junta en V de 60° soldadas con precalentamiento de 300°C en el tubo hierro nodular grado 60-42-10.

Datos del ensayo de impacto Charpy probetas soldadas con junta en V de 60 con precalentamiento de 300°C.					
Probeta N°	dimensiones de probetas			energía de impacto(J)	* Obs.
	altura (mm)	base (mm)	área(mm <sup>2</sup> )		
1,3,1	10,70	4,80	51,36	6,00	FJS
1,3,2	10,80	4,60	49,68	8,00	FJS
1,3,3	10,90	4,77	51,99	5,00	FJS
1,3,4	10,50	4,50	47,25	7,00	FJS
1,3,5	10,92	4,65	50,78	8,00	FJS
<b>promedio</b>	<b>10,76</b>	<b>4,66</b>	<b>50,21</b>	<b>6,80</b>	<b>N/A</b>

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.23** Resultados del ensayo de impacto Charpy realizado en las probetas de junta en V de 60° soldadas con precalentamiento de 350°C en el tubo hierro nodular grado 60-42-10.

Datos del ensayo de impacto Charpy probetas soldadas con junta en V de 60 con precalentamiento de 350°C.					
Probeta N°	dimensiones de probetas			energía de impacto(J)	* Obs.
	altura (mm)	base (mm)	área(mm <sup>2</sup> )		
1,4,1	10,70	4,71	50,40	5,00	FJS
1,4,2	10,70	4,80	51,36	4,00	FJS
1,4,3	10,60	4,95	52,47	4,00	FJS
1,4,4	11,00	4,74	52,14	5,00	FJS
1,4,5	10,90	4,70	51,23	7,00	FJS
<b>promedio</b>	<b>10,78</b>	<b>4,78</b>	<b>51,52</b>	<b>5,00</b>	<b>N/A</b>

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.24** Resultados del ensayo de impacto Charpy realizado en las probetas de junta en V de 30° soldadas con precalentamiento de 200°C en el tubo hierro nodular grado 60-42-10.

Datos del ensayo de impacto Charpy probetas soldadas con junta en V de 30 con precalentamiento de 200°C.					
Probeta N°	dimensiones de probetas			energía de impacto(J)	* Obs.
	altura (mm)	base (mm)	área(mm²)		
2,1,1	11,00	4,90	53,90	5,00	FJS
2,1,2	10,50	4,50	47,25	4,00	FJS
2,1,3	10,44	5,00	52,20	7,00	FJS
2,1,4	10,80	4,96	53,57	5,00	FJS
2,1,5	10,55	4,94	52,12	5,00	FJS
<b>promedio</b>	<b>10,66</b>	<b>4,86</b>	<b>51,81</b>	<b>5,20</b>	<b>N/A</b>

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.25** Resultados del ensayo de impacto Charpy realizado en las probetas de junta en V de 30° soldadas con precalentamiento de 250°C en el tubo hierro nodular grado 60-42-10.

Datos del ensayo de impacto Charpy probetas soldadas con junta en V de 30 con precalentamiento de 250°C.					
Probeta N°	dimensiones de probetas			energía de impacto(J)	* Obs.
	altura (mm)	base (mm)	área(mm²)		
2,2,1	10,60	4,50	47,70	4,00	FJS
2,2,2	10,80	4,60	49,68	8,00	FMB
2,2,3	10,58	4,64	49,09	5,00	FJS
2,2,4	10,44	4,81	50,22	6,00	FJS
2,2,5	10,60	4,75	50,35	5,00	FJS
<b>promedio</b>	<b>10,60</b>	<b>4,66</b>	<b>49,41</b>	<b>5,60</b>	<b>N/A</b>

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.26** Resultados del ensayo de impacto Charpy realizado en las probetas de junta en V de 30° soldadas con precalentamiento de 300°C en el tubo hierro nodular grado 60-42-10.

Datos del ensayo de impacto Charpy probetas soldadas con junta en V de 30 con precalentamiento de 300°C.					
Probeta N°	dimensiones de probetas			energía de impacto(J)	* Obs.
	altura (mm)	base (mm)	área(mm²)		
2,3,1	10,45	4,40	45,98	5,00	FJS
2,3,2	10,70	4,80	51,36	8,00	FJS
2,3,3	10,85	4,62	50,13	6,00	FJS
2,3,4	10,80	4,50	48,60	7,00	FJS
2,3,5	10,82	4,45	48,15	6,00	FJS
<b>promedio</b>	<b>10,72</b>	<b>4,55</b>	<b>48,84</b>	<b>6,40</b>	<b>N/A</b>

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.27** Resultados del ensayo de impacto Charpy realizado en las probetas de junta en V de 30° soldadas con precalentamiento de 350°C en el tubo hierro nodular grado 60-42-10.

Datos del ensayo de impacto Charpy probetas soldadas con junta en V de 30 con precalentamiento de 350°C.					
Probeta N°	dimensiones de probetas			energía de impacto(J)	* Obs.
	altura (mm)	base (mm)	área(mm <sup>2</sup> )		
2,4,1	10,77	4,41	47,50	2,00	FJS
2,4,2	10,22	4,35	44,46	10,00	FMB
2,4,3	10,60	4,55	48,23	5,00	FJS
2,4,4	10,90	4,70	51,23	5,00	FJS
2,4,5	10,88	4,88	53,09	9,00	FJS
<b>promedio</b>	<b>10,67</b>	<b>4,58</b>	<b>48,90</b>	<b>6,20</b>	<b>N/A</b>

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.28** Datos comparativos de energía de impacto en juntas en V de 60° y material base.

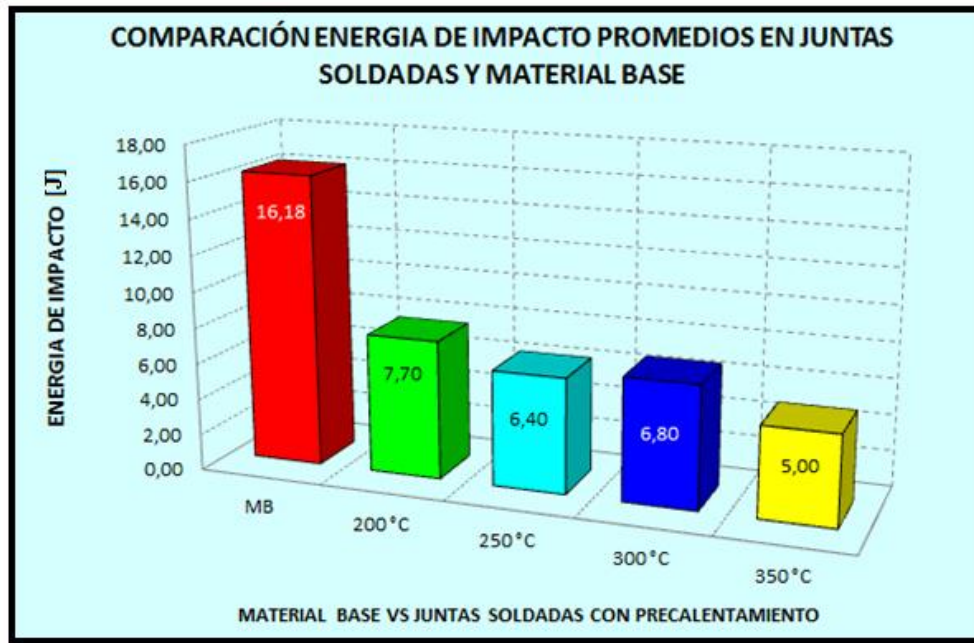
Comparación energía de impacto promedios juntas en V de 60° y material base.				
Temperatura Precalentamiento	dimensiones de promedios			energía de impacto(J)
	altura (mm)	base (mm)	área(mm <sup>2</sup> )	
MB	10,88	4,69	51,01	16,18
200 °C	10,70	4,85	51,90	7,70
250 °C	10,81	5,00	54,08	6,40
300 °C	10,76	4,66	50,20	6,80
350 °C	10,78	4,78	51,53	5,00
<b>promedio</b>	<b>10,79</b>	<b>4,80</b>	<b>51,74</b>	<b>8,42</b>

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.29** Datos comparativos de energía de impacto en juntas en V de 30° y material base.

Comparación energía de impacto promedios juntas en V de 30° y material base.				
Temperatura Precalentamiento	dimensiones de promedios			energía de impacto(J)
	altura (mm)	base (mm)	área(mm <sup>2</sup> )	
MB	10,88	4,69	51,01	16,18
200 °C	10,66	4,86	51,80	5,20
250 °C	10,60	4,66	49,41	5,60
300 °C	10,72	4,55	48,84	6,40
350 °C	10,67	4,58	48,87	6,20
<b>promedio</b>	<b>10,71</b>	<b>4,67</b>	<b>49,98</b>	<b>7,92</b>

Fuente: Aldás Milton

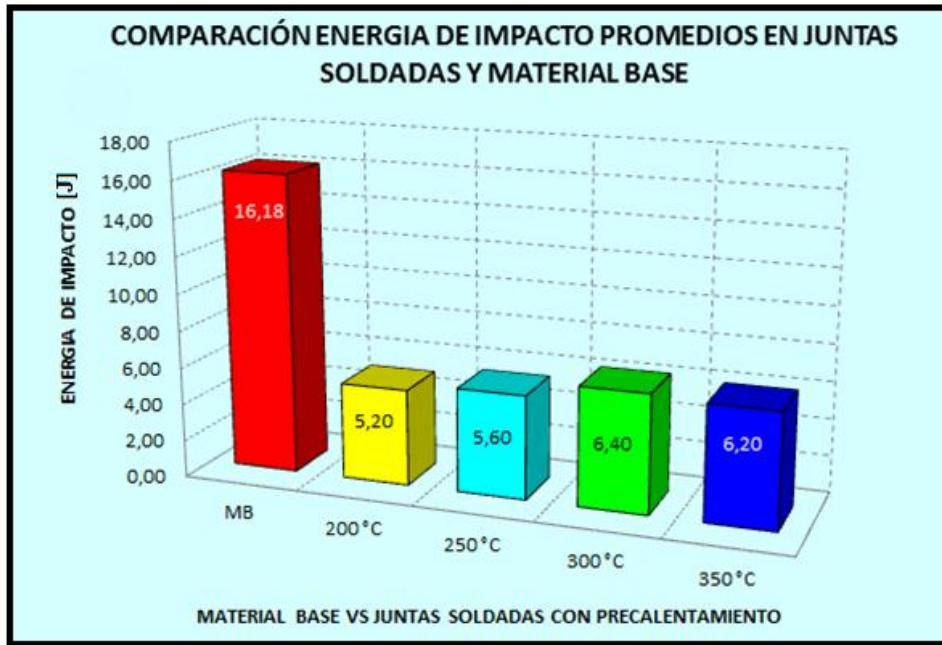


**Figura 4.14** Comparación de energía de impacto promedios para juntas soldadas en V de 60° con precalentamiento y material base.

Fuente: Aldás Milton

En la figura 4.14 se indica los promedios de energía de impacto que absorbieron las diferentes probetas comparadas con las de material base, el promedio más elevado de energía de impacto absorbido corresponde a las probetas de material base con un máximo de 16.18 [J], si comparamos con las probetas soldadas con precalentamiento esta es mucho más elevada.

La máxima energía de impacto que se ha registrado en las probetas soldadas son las que se ha realizado con una temperatura de precalentamiento de 200 y 300°C, donde se tiene 7.70 y 6.80 [J] respectivamente. La mínima energía de impacto registrada corresponde a la junta soldada con precalentamiento de 350°C siendo de 5 [J].

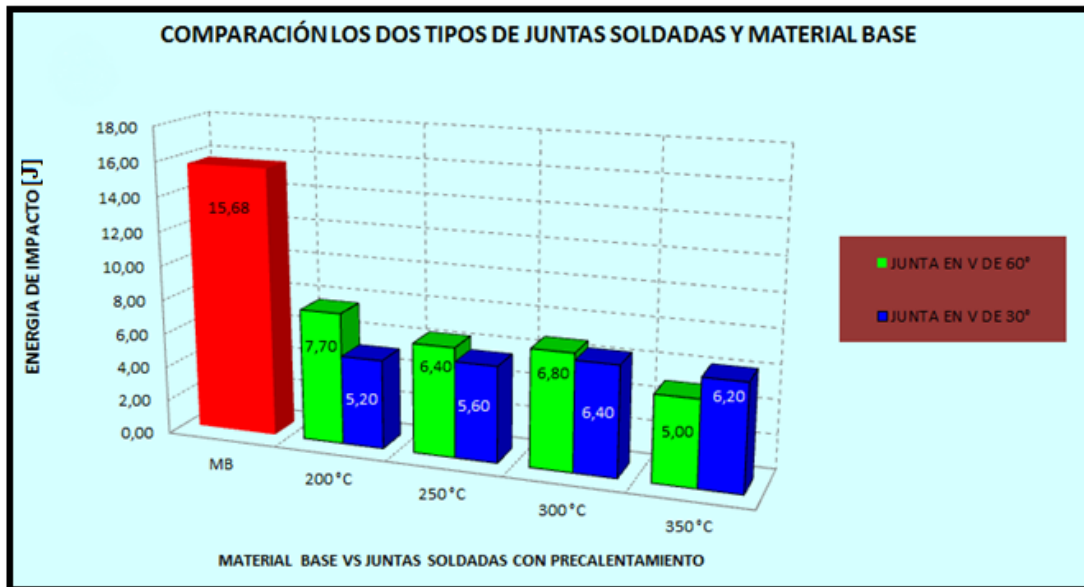


**Figura 4.15** Comparación de energía de impacto promedios para juntas soldadas en V de 30° con precalentamiento y material base.

Fuente: Aldás Milton

En la figura 4.15 indica los promedios de energía de impacto que absorbieron las diferentes probetas entre estas las probetas de material base, el promedio más elevado de energía de impacto absorbido corresponde a las probetas de material base con un máximo de 16.18 [J], si comparamos con las probetas soldadas con precalentamiento esta es mucho más elevada, supera en un 63.84%.

La máxima energía de impacto que se ha registrado en las probetas soldadas son las que se ha realizado con una temperatura de precalentamiento de 300 y 350°C, donde se tiene 6.40 y 6.20 [J] respectivamente. La mínima energía de impacto registrada corresponde a la junta soldada con precalentamiento de 200°C siendo de 5.20 [J].



**Figura 4.16** Comparación de energía de impacto de los dos tipos de juntas (en V de 60° y en V de 30°) con el material base.

Fuente: Aldás Milton

En la figura 4.16 se puede observar la relación de energía absorbida de los dos tipos de juntas de soldadura utilizados en este estudio, si observamos cuidadosamente tenemos que la máxima energía absorbida en la junta soldada en V de 60° a 200°C tenemos 7.70 [J], para la misma temperatura de precalentamiento en la junta en V de 30° tenemos que es de 5.20 [J], una diferencia muy notable.

A la temperatura de precalentamiento de 300°C para los dos tipos de juntas de soldadura (V de 60° y V de 30°) se tiene valores similares de absorción de energía de impacto estos son 6.80 y 6.40 [J], estos dos valores indican que a esa temperatura de precalentamiento la absorción de energía es la más adecuada ya que entre los dos tipos de juntas no existe mucha diferencia.

#### **4.2.10 Interpretación de resultados para el ensayo de doblado guiado.**

Para el ensayo de doblado guiado las muestras deben tener aproximadamente 8in (203 mm) de largo y 1-1/4in (32 mm) de ancho como mínimo, existen dos tipos de ensayos uno de cara y otro de raíz, el de cara se coloca la cara de la soldadura

hacia el punzón, mientras que el ensayo de raíz se coloca la raíz de la soldadura hacia el punzón.

Una vez que el troquel empieza aplicar carga sobre la probeta, está debe ser controlada hasta que la probeta soldada alcance aproximadamente la forma de una “U”, para este material no se lograra alcanzar dicha forma por ser un material frágil.

Los resultados se presentan a continuación en tablas y gráficos, de los ensayos realizados en las probetas de soldadura como del material base, para la realización de este ensayo se tomó como referencia las normas ASTM E190 – 92 y API 1104 (Anexo C10), en el análisis de los resultados se tomó en valores promedios de cada ensayo realizado.

**Tabla 4.30** Resultados del ensayo flexión guiado de raíz realizado en las probetas de junta en V de 60° soldadas con precalentamiento de 350°C y material base en el tubo hierro nodular grado 60-42-10.

Datos de ensayo de flexión para probetas soldadas con filete en V de 60° carga en Kgf.					
# De probeta	MB	200°C	250°C	300°C	350°C
<b>1</b>	150,5	152,5	81,5	130,7	76,6
<b>2</b>	188,2	123,2	102,7	144,6	78,9
<b>3</b>	172,5	140	94,5	167,9	86,3
<b>4</b>	150,7	207	103,3	152,4	110,7
<b>5</b>	165,1	122,9	90,1	148,9	91,4
<b>promedio</b>	<b>165,4</b>	<b>149,12</b>	<b>94,42</b>	<b>148,9</b>	<b>88,72</b>

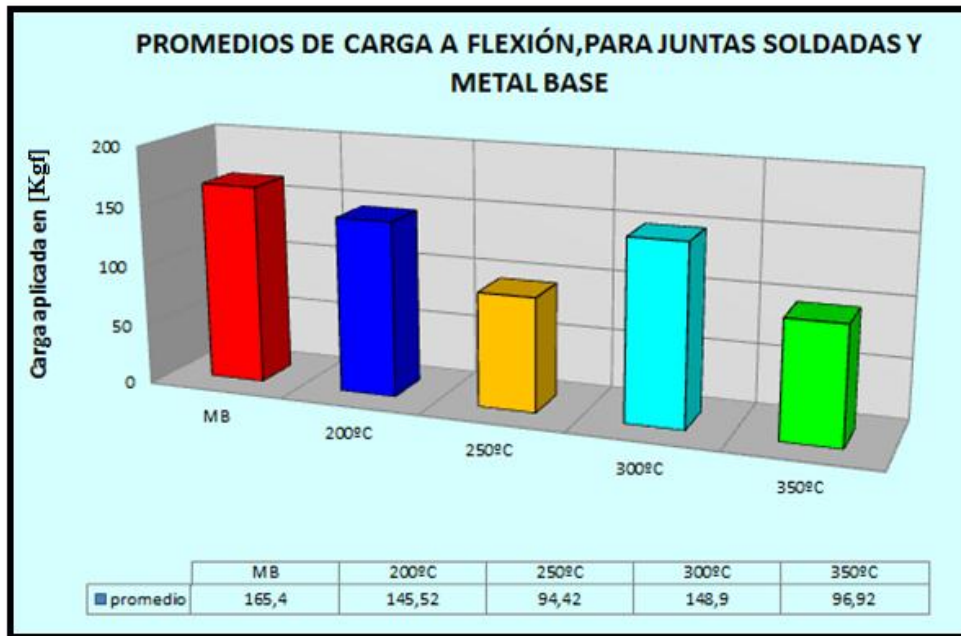
Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.31** Resultados del ensayo flexión guiado de raíz realizado en las probetas de junta en V de 30° soldadas con precalentamiento de 350°C y material base en el tubo hierro nodular grado 60-42-10.

Datos de ensayo de flexión para probetas soldadas con filete en V de 30° carga en Kgf.					
# de probetas	MB	200°C	250°C	300°C	350°C
<b>1</b>	150,5	39,3	15,8	73,3	85,8
<b>2</b>	188,2	50,2	39,1	51,7	82,8
<b>3</b>	172,5	87,3	70	26,7	52,5
<b>4</b>	150,7	43,9	23,5	70,3	33
<b>5</b>	165,1	63,4	20	55,1	45,7
<b>promedio</b>	<b>165,4</b>	<b>56,82</b>	<b>33,68</b>	<b>55,42</b>	<b>59,96</b>

Fuente: Aldás Milton



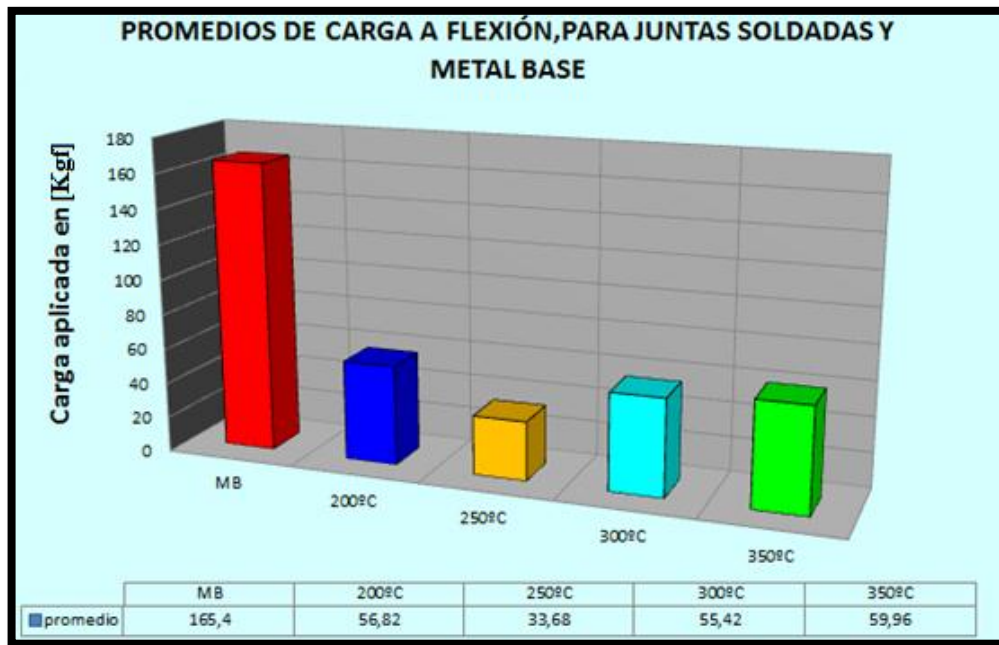


**Figura 4.17** Comparación de carga a flexión para juntas soldadas en V de 60° con el material base.

Fuente: Aldás Milton

La figura 4.17 indica los promedios de carga a flexión para el material base así como para las juntas soldadas con precalentamiento, aquí se puede observar que el material base tiene un valor máximo de 165.4 [Kgf] es el valor promedio de soporte de carga, para la junta en V de 60° soldada con precalentamiento de 300°C se tiene una carga máxima de 148.9 [Kgf] con esta temperatura de precalentamiento se tiene el valor más alto entre todas las juntas soldadas este valor tiene una reducción del 9.96% respecto del material base, para la junta soldada con precalentamiento de 250°C registra el mínimo promedio de carga de flexión de 94.42 [Kgf] este valor tiene una reducción del 42.91% respecto al material base.

De aquí se puede decir que la junta soldada con precalentamiento de 300°C es la mejor en cuanto a soporte de carga flexión.



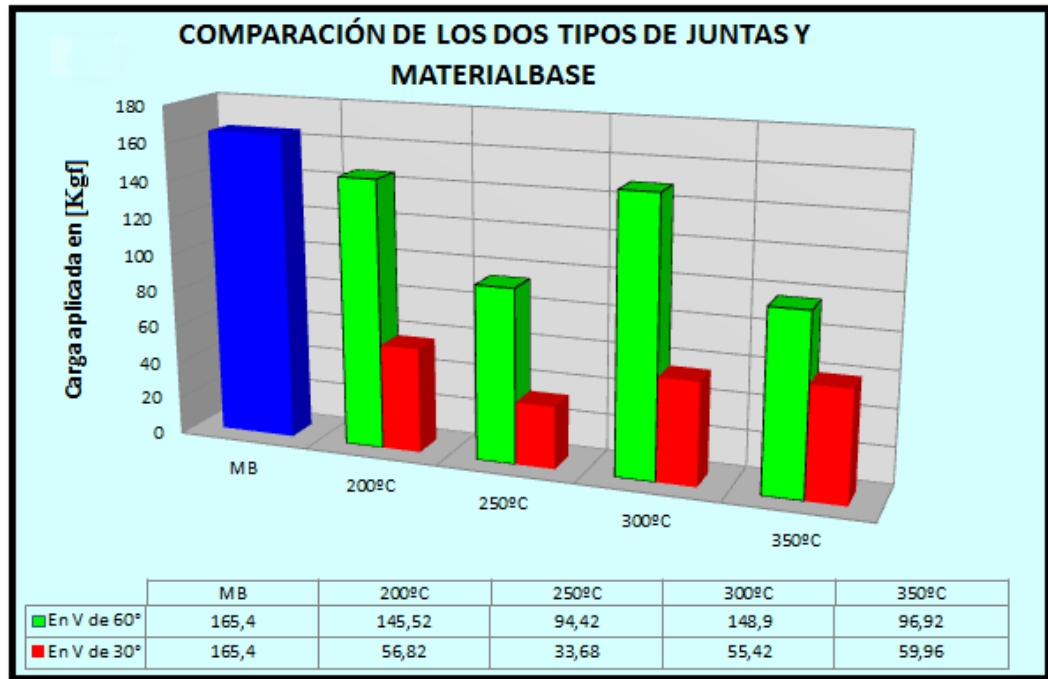
**Figura 4.18** Comparación de carga a flexión para juntas soldadas en V de 60° con el material base.

Fuente: Aldás Milton

En la figura 4.18 se ve claramente el soporte de carga a flexión para las juntas en V de 30° soldadas con precalentamiento son relativamente mínimas en relación con el material base.

El promedio de carga a flexión máximo que se registra es para la junta soldada con precalentamiento de 350°C esta es de 59.96 [Kgf] este promedio es relativamente minio en relación con el material base.

La mínima carga a flexión registrada es para la junta soldada con precalentamiento de 250°C esta es 33.68 [Kgf] este promedio es relativamente pequeño en relación con el material base.



**Figura 4.19** Comparación de carga a flexión para de los dos tipos de juntas (en V de 60° y en V de 30°) con el material base.

Fuente: Aldás Milton

En la figura 4.19 se puede observar la relación de carga a flexión de los dos tipos de juntas de soldadura utilizados en este estudio, si observamos cuidadosamente tenemos dos valores de carga máxima en las juntas soldadas en V de 60° a 200°C y a 300°C los mismos son 145.52 [Kgf] y 148.9 [Kgf] estos dos valores están cercanos a la carga del material base con una diferencia mínima.

Para las probetas soldadas con junta en V de 30° los valores son muy distintos existe una variación de carga en relación con el material base muy significativa, el promedio total de este tipo de junta es de 51.47 [Kgf] lo que indica que este tipo de junta no soporta cargas elevadas a flexión.

#### **4.2.11 Interpretación de resultados para el ensayo de metalografía.**

Con el ensayo metalográfico se analizó las características estructurales del cordón de soldadura, zona afectada térmicamente y material de aporte, mediante la utilización de un software (CLEMEX) se realizó el análisis de cada una de las micrografías tomadas con el microscopio y así identificar sus principales componentes micro-estructurales.

La preparación de probetas para la observación micro-estructural se las realizo tomando en cuenta las normas ASTM E3 – 01, ASTM E112 – 96 y ASTM A247 – 98 (Anexo C11; C1), se siguió cuatro pasos principales, obtención de la muestra, desbaste, pulido y ataque químico.

Con el análisis realizado en las micrografías se llegó a determinar las probetas con mayor acumulación de grafito en la ZAT y a que temperaturas se tiene esta acumulación llegando a ser más frágiles las mismas.

Con este ensayo se avaluaron aspectos de mucho interés como son: el tamaño de grano, las zonas presentes en la soldadura y los porcentajes de cada componente, a continuación se presentan las tablas y gráficos de los resultados de los ensayos metalográficos realizados.

**Tabla 4.32** Resultados de las propiedades del Grafito para juntas soldadas en V de 60° con precalentamiento, ensayo metalográfico, según la norma ASTM A247 – 98, para el material base a 100X.

Temperatura de precalentamiento (°C)	Forma del Grafito		Distribución del Grafito	Tamaño del Grafito
	Forma	tipo		
<b>MB – NA</b>	<b>Nodular</b>	<b>VI</b>	<b>Spiky graphite</b>	<b>5</b>
<b>200</b>	<b>Nodular</b>	<b>VI</b>	<b>Spiky graphite</b>	<b>5</b>
<b>250</b>	<b>Nodular</b>	<b>VI</b>	<b>Spiky graphite</b>	<b>6</b>
<b>300</b>	<b>Nodular</b>	<b>VI</b>	<b>Spiky graphite</b>	<b>5</b>
<b>350</b>	<b>Nodular</b>	<b>VI</b>	<b>Spiky graphite</b>	<b>5</b>

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.33** Resultados de las propiedades del Grafito para juntas soldadas en V de 30° con precalentamiento, ensayo metalográfico, según la norma ASTM A247 – 98, para el material base a 100X.

Temperatura de precalentamiento (°C)	Forma del Grafito		Distribución del Grafito	Tamaño del Grafito
	Forma	tipo		
<b>MB – NA</b>	<b>Nodular</b>	<b>VI</b>	<b>Spiky graphite</b>	<b>5</b>
<b>200</b>	<b>Nodular</b>	<b>VI</b>	<b>Spiky graphite</b>	<b>6</b>
<b>250</b>	<b>Nodular</b>	<b>VI</b>	<b>Spiky graphite</b>	<b>6</b>
<b>300</b>	<b>Nodular</b>	<b>VI</b>	<b>Spiky graphite</b>	<b>5</b>
<b>350</b>	<b>Nodular</b>	<b>VI</b>	<b>Spiky graphite</b>	<b>5</b>

Fuente: Aldás Milton

De las tablas 4.34 y 4.35 se realizó una interpretación de resultados tomando en cuenta las propiedades obtenidas en la zona del material base con precalentamiento en las juntas soldadas y solo material base sin soldadura para este análisis se basó en la norma ASTM A247 – 98 con la interpretación de esta norma se pudo describir varios parámetros del Grafito presente como son la forma, el tipo, distribución, y tamaño de grano.

Como se describe en las tablas antes mencionadas se tiene que la forma del grafito es nodular en todas las probetas el tipo es VI, la distribución es aleatorio Spiky Graphite, el tamaño de grano no es el mismo para todas las probetas este varía en función de la temperatura a la que se precalentó antes de realizar la soldadura, estas características se describen según la norma ASTM A247 – 98 de hierro fundido nodular.

**Tabla 4.34** Resultados de las propiedades del Grafito para juntas soldadas en V de 60° con precalentamiento, ensayo metalográfico, según la norma ASTM A247 – 98, para zona afectada térmicamente a 100X.

Temperatura de precalentamiento (°C)	Forma del Grafito		Distribución del Grafito	Tamaño del Grafito
	Forma	tipo		
200	Nodular	VI	Spiky graphite	3
250	Nodular	VI	Spiky graphite	4
300	Nodular	VI	Spiky graphite	4
350	Nodular	VI	Spiky graphite	4

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.35** Resultados de las propiedades del Grafito para juntas soldadas en V de 30° con precalentamiento, ensayo metalográfico, según la norma ASTM A247 – 98, para zona afectada térmicamente a 100X.

Temperatura de precalentamiento (°C)	Forma del Grafito		Distribución del Grafito	Tamaño del Grafito
	Forma	tipo		
200	Nodular	VI	Spiky graphite	5
250	Nodular	VI	Spiky graphite	5
300	Nodular	VI	Spiky graphite	4
350	Nodular	VI	Spiky graphite	4

Fuente: Aldás Milton

De las tablas 4.36 y 4.37 se realizó un análisis de resultados en las probetas soldadas con precalentamiento de aquí se tiene que la forma del grafito es nodular

del tipo VI con una distribución spiky graphite para todas las probetas esta distribución no tuvo una excesiva variación con la temperatura de precalentamiento aplicada pero si una variación en el tamaño de grano, también se tiene una agrupación mayoritaria de grafito en esta zona esto debido a la forma de enfriamiento que recibió cambios bruscos de temperatura esto después de realizada la soldadura, la forma en que se utilizó para enfriar las probetas fue en cal con una temperatura ambiente de 22°C.

El tamaño promedio de grafito que se tiene es de 3 esto para las probetas soldadas con junta en V de 60° y de 4 para las juntas en V de 30 lo que significa que el tamaño de grano del grafito es mucho más grande en comparación con el tamaño del material base esto origina discontinuidad de la matriz y el material se vuelve más frágil.

Con la utilización de un software (CLEMEX) se determinó los porcentajes de componentes presentes en las micro-estructuras del material base como de las juntas soldadas los cuales se muestran a continuación.

**Tabla 4.36** Comparación de porcentajes de ferrita y grafito en las juntas en V de 60° soldadas con precalentamiento y material base sin soldadura, punto de análisis material base.

Porcentajes de ferrita y grafito para el material base			
%ferrita	%grafito	Temperatura de Prec. °C	Zonas
75	25	0	MB
73,8	26,2	200	MB
82,7	17,3	250	MB
76,3	23,7	300	MB
80	20	350	MB

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.37** Comparación de porcentajes de ferrita y grafito en las juntas en V de 60° soldadas con precalentamiento y material base sin soldadura, punto de análisis zona afectada térmicamente.

Porcentajes de ferrita y grafito			
%ferrita	%grafito	Temperatura de Prec. °C	Zonas
75	25	0	MB
38,7	61,3	200	ZAT

71,9	28,1	250	ZAT
73,3	26,7	300	ZAT
78,5	21,5	350	ZAT

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.38** Comparación de porcentajes de carburos y matriz de Níquel en las juntas en V de 60° soldadas con precalentamiento, punto de análisis material de aporte.

Porcentajes de carburos y matriz de níquel.			
% Carburos	% Matriz Ni	Temperatura de Prec. °C	Zonas
10,4	89,6	200	MA
9	91	250	MA
21,7	78,3	300	MA
16	84	350	MA

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.39** Comparación de porcentajes de ferrita y grafito en las juntas en V de 30° soldadas con precalentamiento y material base sin soldadura, punto de análisis material base.

Porcentajes de ferrita y grafito para el material base			
% ferrita	% grafito	Temperatura de Prec. °C	Zonas
75	25	0	MB
81	19	200	MB
83,1	16,9	250	MB
73,2	26,8	300	MB
69,6	30,4	350	MB

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.40** Comparación de porcentajes de ferrita y grafito en las juntas en V de 30° soldadas con precalentamiento y material base sin soldadura, punto de análisis zona afectada térmicamente.

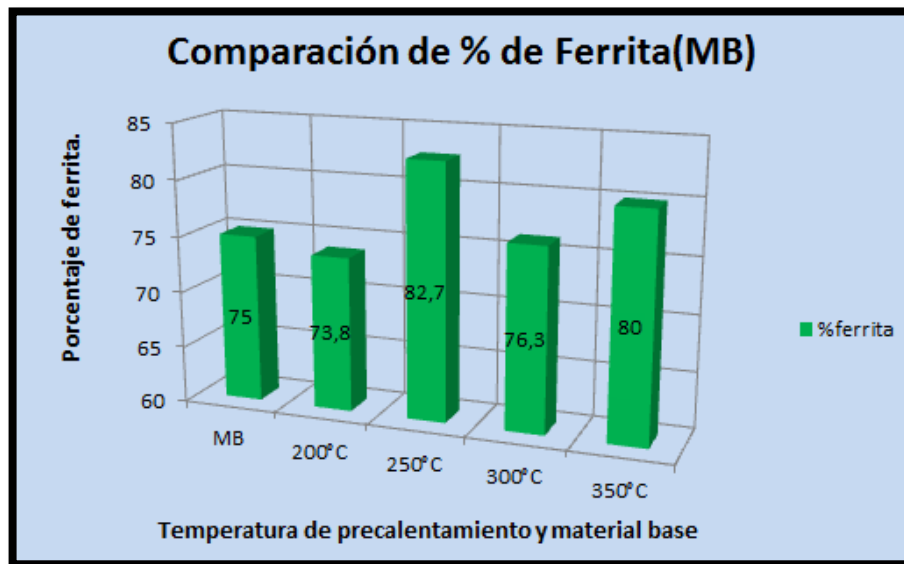
Porcentajes de ferrita y grafito			
% ferrita	% grafito	Temperatura de Prec. °C	Zonas
75	25	0	MB
79,6	20,4	200	ZAT
73	27	250	ZAT
67,8	32,2	300	ZAT
66	34	350	ZAT

Fuente: Aldás Milton

**Tabla 4.41** Comparación de porcentajes de carburos y matriz de Níquel en las juntas en V de 30° soldadas con precalentamiento, punto de análisis material de aporte.

Porcentajes de carburos de Ni y Matriz Ni			
% Carburos de Ni	% Matriz Ni	Temperatura de Prec. °C	Zonas
25,5	74,5	200	MA
7,3	92,7	250	MA
16,4	83,6	300	MA
12,8	87,2	350	MA

Fuente: Aldás Milton



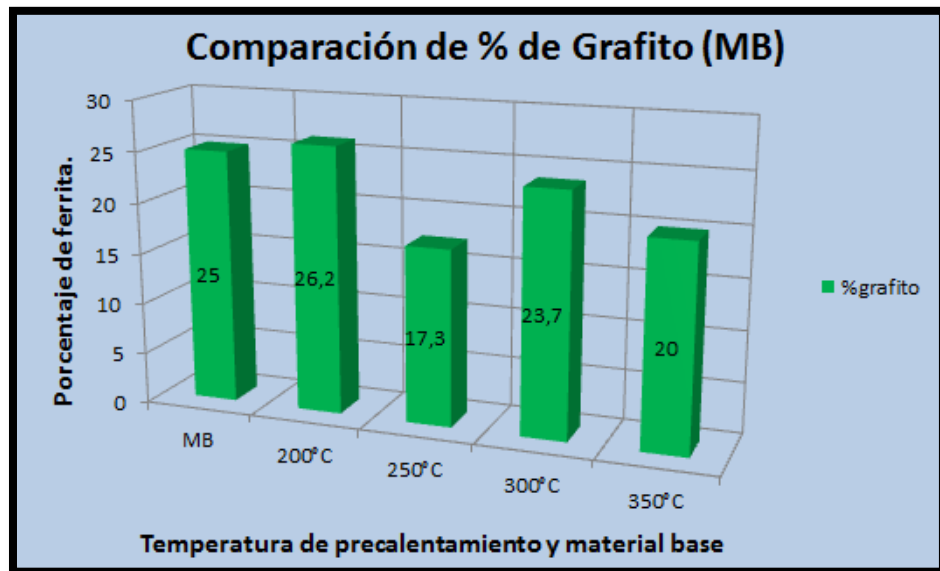
**Figura 4.20** Comparación de porcentajes de Matriz Ferrítica para juntas soldadas en V de 60° con precalentamiento y material base sin soldadura, punto de análisis material base.

Fuente: Aldás Milton

En la figura 4.20 se observa la comparación de porcentajes matriz Ferrítica de las juntas soldadas como del material base sin soldadura, de aquí se tiene que el máximo porcentaje de ferrita se encuentra en la probeta soldada con precalentamiento de 250°C con un porcentaje de 82.7% está en relación con el porcentaje del material base tiene un aumento del 7.7%.

Según los porcentajes observados en la figura se interpreta que con el aumento de la temperatura de precalentamiento en las probetas de soldadura existe también un aumento en la matriz de ferrita.



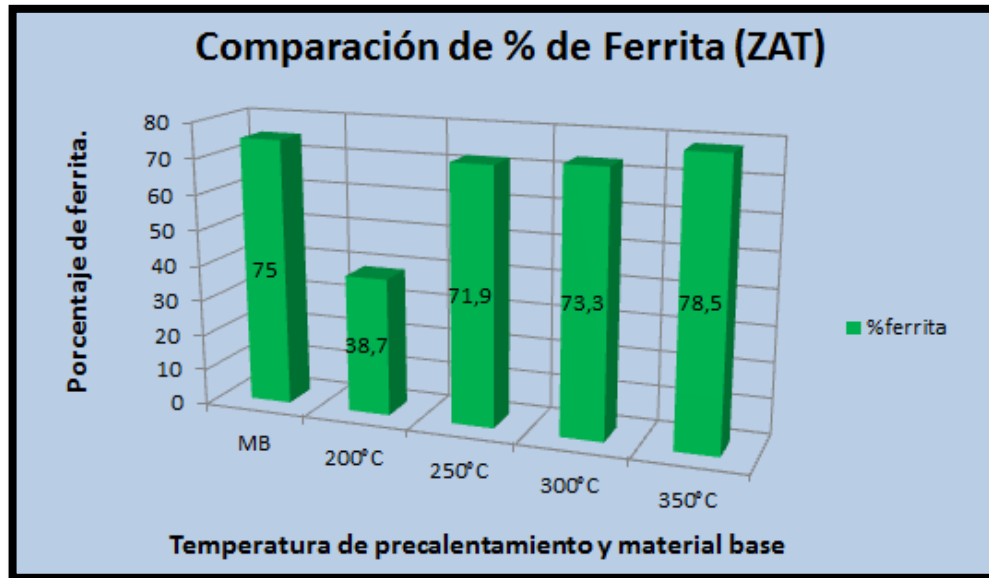


**Figura 4.21** Comparación de porcentajes de Grafito para juntas soldadas en V de 60° con precalentamiento y material base sin soldadura, punto de análisis material base.

Fuente: Aldás Milton

En la figura 4.21 se puede observar la comparación de grafito esferoidal de las juntas soldadas como del material base, donde se tiene que el porcentaje más elevado corresponde a las probetas de material base sin soldadura siendo esta de un 25% y de la junta soldada con precalentamiento de 200°C con un 26% con una diferencia de 1.2% respecto a las probetas sin soldadura.

El porcentaje de grafito depende mucho del tamaño de grano que este tenga y también de su distribución las probetas con los porcentajes más altos son las probetas con precalentamiento de 200°C, 300°C y 350°C, estos porcentajes dependen mucho de la forma en que fueron enfriadas las probetas soldadas.

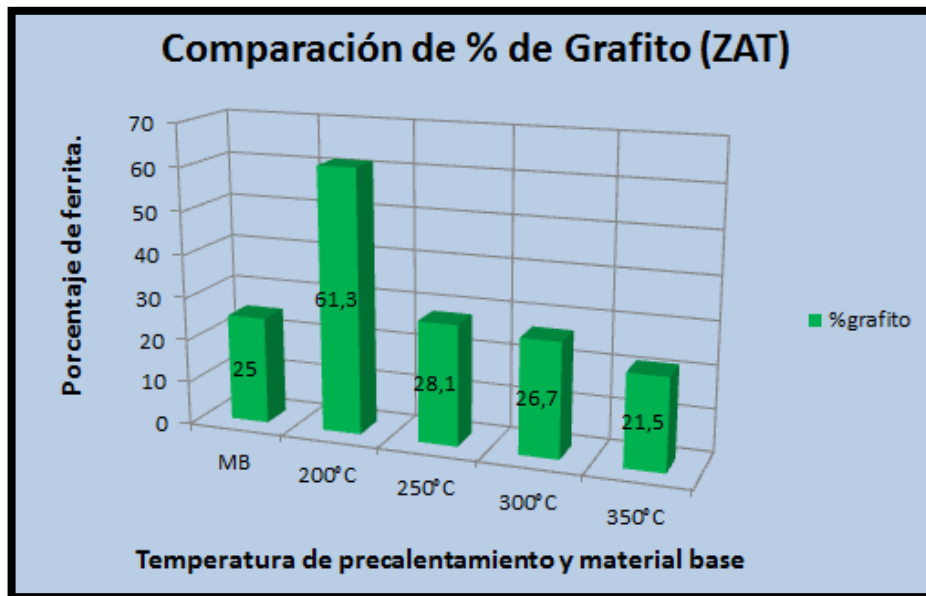


**Figura 4.22** Comparación de porcentajes de Matriz Ferrítica para juntas soldadas en V de 60° con precalentamiento y material base sin soldadura, punto de análisis zona afectada térmicamente.

Fuente: Aldás Milton

En la figura 4.22 se observa la comparación de porcentajes matriz Ferrítica de las juntas soldadas como del material base sin soldadura, de aquí se tiene que el máximo porcentaje de ferrita se encuentra en la probeta soldada con precalentamiento de 350°C con un porcentaje de 78.5% está en relación con el porcentaje del material base tiene un aumento del 3.5% esto en la ZAT, lo que indica que el porcentaje de grafito es mucho más elevado para las probetas con precalentamiento de 250°C y 300°C, pero aún más elevado se encuentra en las probetas con precalentamiento de 200°C.

Según los porcentajes observados en la figura se interpreta que con el aumento de la temperatura de precalentamiento en las probetas de soldadura existe también un aumento en la matriz de ferrita.

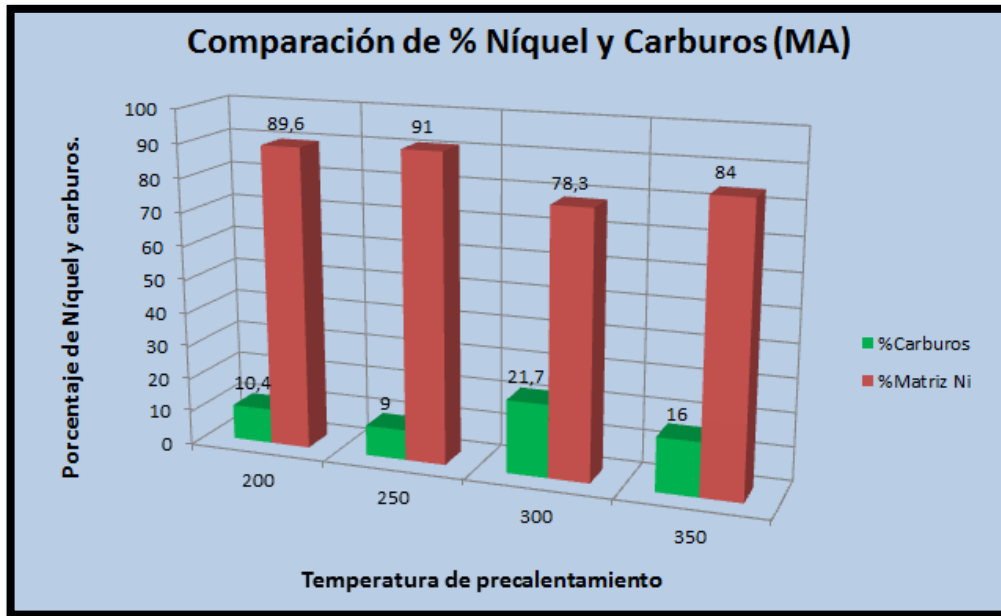


**Figura 4.23** Comparación de porcentajes de Grafito para juntas soldadas en V de 60° con precalentamiento y material base sin soldadura, punto de análisis zona afectada térmicamente.

Fuente: Aldás Milton

En la figura 4.23 se puede observar la comparación de grafito esferoidal de las juntas soldadas como del material base, donde se tiene que el porcentaje más elevado corresponde a las probetas soldadas con precalentamiento de 200°C con un 61.3% este valor es significativamente más elevado respecto al resto de probetas y a las probetas de material base que supera con promedio de un 25.3%.

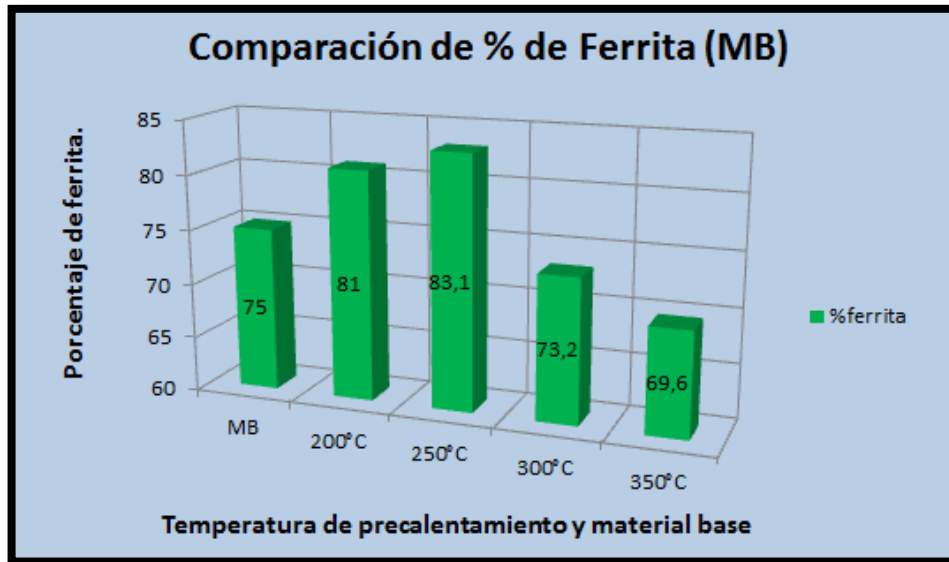
El porcentaje de grafito depende mucho del tamaño de grano que este tenga y también de su distribución, a medida que la temperatura de precalentamiento antes de la soldadura aumenta los porcentajes de Grafito disminuyen estos porcentajes dependen también mucho de la forma en que fueron enfriadas las probetas soldadas.



**Figura 4.24** Comparación de porcentajes de Níquel y Carburos para juntas soldadas en V de 60° con precalentamiento, punto de análisis material de aporte.

Fuente: Aldás Milton

Como se observa en la figura 4.24 la matriz de níquel muestra los valores más elevados la junta soldada con el valor más alto de matriz nique es de 91% y un 9% de carburo con una temperatura de precalentamiento de 200°C después de esta temperatura de precalentamiento el porcentaje de níquel disminuye y el porcentaje de carburo aumenta, el porcentaje mínimo de níquel es de 78.3% y un 21.7% de carburo para las probetas soldadas con precalentamiento de 300°C esto en las juntas soldadas en V de 60°.

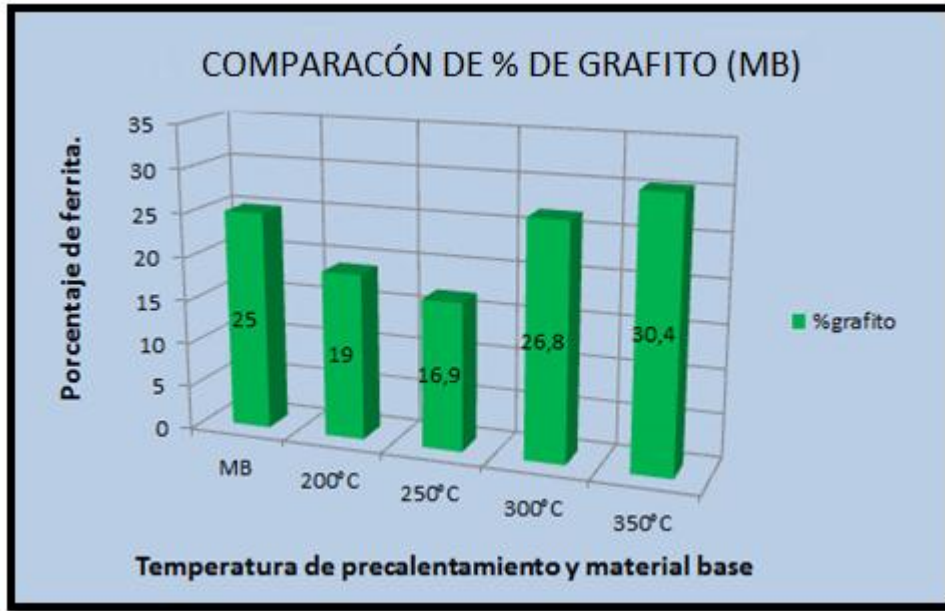


**Figura 4.25** Comparación de porcentajes de Matriz Ferrítica para juntas soldadas en V de 30° con precalentamiento y material base sin soldadura, punto de análisis material base.

Fuente: Aldás Milton

En la figura 4.25 se observa la comparación de porcentajes matriz Ferrítica de las juntas soldadas como del material base sin soldadura, de aquí se tiene que el máximo porcentaje de ferrita se encuentra en la probeta soldada con precalentamiento de 250°C con un porcentaje de 83.1% está en relación con el porcentaje del material base tiene un aumento del 8.1%, hasta esta temperatura la matriz de ferrita aumento, para las temperatura de precalentamiento de 300°C y 350°C la matriz de ferrita disminuye.

El porcentaje de matriz Ferrítica para el material base es de 75% este valor corresponde a probetas sin soldadura y sin precalentamiento, el mínimo porcentaje de matriz Ferrítica para las juntas soldadas es de 69.6% con una temperatura de precalentamiento de 350°C este valor tiene una reducción de 5.4% en relación al material base.

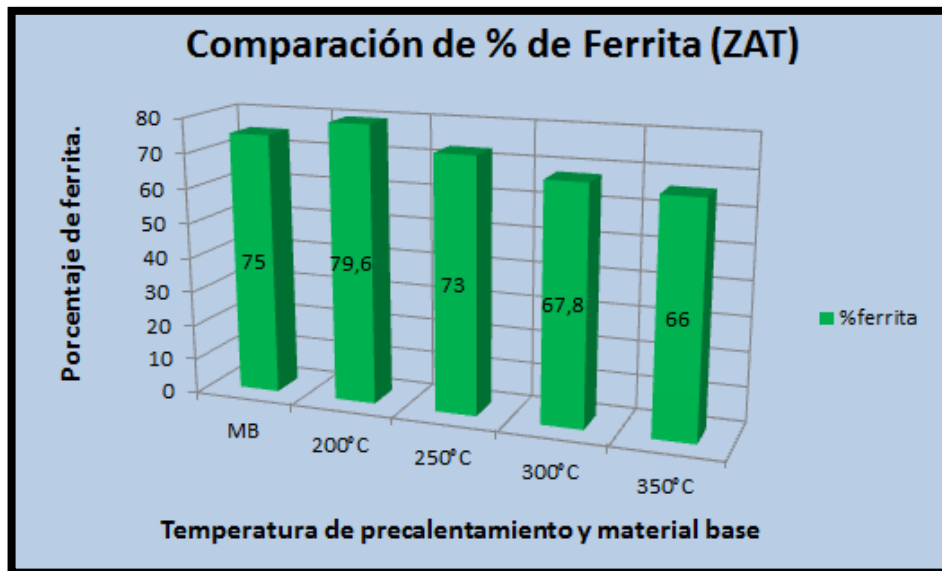


**Figura 4.26** Comparación de porcentajes de Grafito para juntas soldadas en V de 30° con precalentamiento y material base sin soldadura, punto de análisis material base.

Fuente: Aldás Milton

En la figura 4.26 se puede observar la comparación de grafito esferoidal de las juntas soldadas como del material base, donde se tiene que el porcentaje más elevado corresponde a la junta soldada con precalentamiento de 350°C con un 30.4% una diferencia de 5.4% respecto a las probetas de material base sin soldadura.

El porcentaje de grafito depende mucho del tamaño de grano que este tenga y también de su distribución las probetas con los porcentajes más altos son las probetas con precalentamiento de 300°C y 350°C, estos porcentajes dependen mucho de la forma en que fueron enfriadas las probetas soldadas.

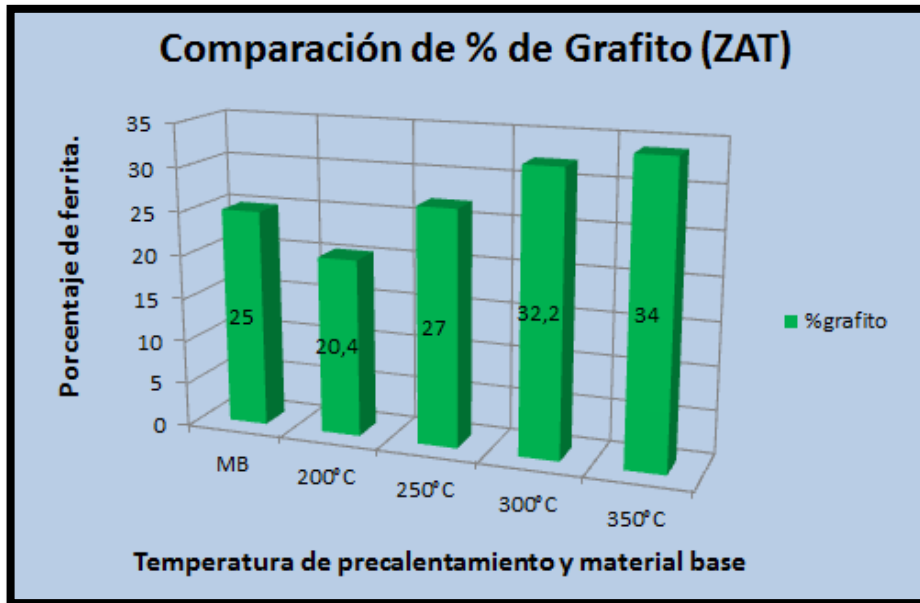


**Figura 4.27** Comparación de porcentajes de Matriz Ferritica para juntas soldadas en V de 30° con precalentamiento y material base sin soldadura, punto de análisis zona afectada térmicamente.

Fuente: Aldás Milton

En la figura 4.27 se observa la comparación de porcentajes matriz Ferritica de las juntas soldadas como del material base sin soldadura, de aquí se tiene que el máximo porcentaje de matriz de ferrita se encuentra en las probetas soldadas con precalentamiento de 200°C con un porcentaje de 79.6% está en relación con el porcentaje del material base tiene un aumento del 4.6% esto en la ZAT, después de esta temperatura de precalentamiento los porcentajes disminuyen en comparación con el porcentaje del material base, el mínimo porcentaje de matriz de ferrita es de 66% para las probetas con precalentamiento de 350°C esta tiene una reducción de 9% respecto al material base.

Según los porcentajes observados en la figura se interpreta que con el aumento de la temperatura de precalentamiento en las probetas de soldadura existe una disminución en la matriz de ferrita.



**Figura 4.28** Comparación de porcentajes de Grafito para juntas soldadas en V de 30° con precalentamiento y material base sin soldadura, punto de análisis zona afectada térmicamente.

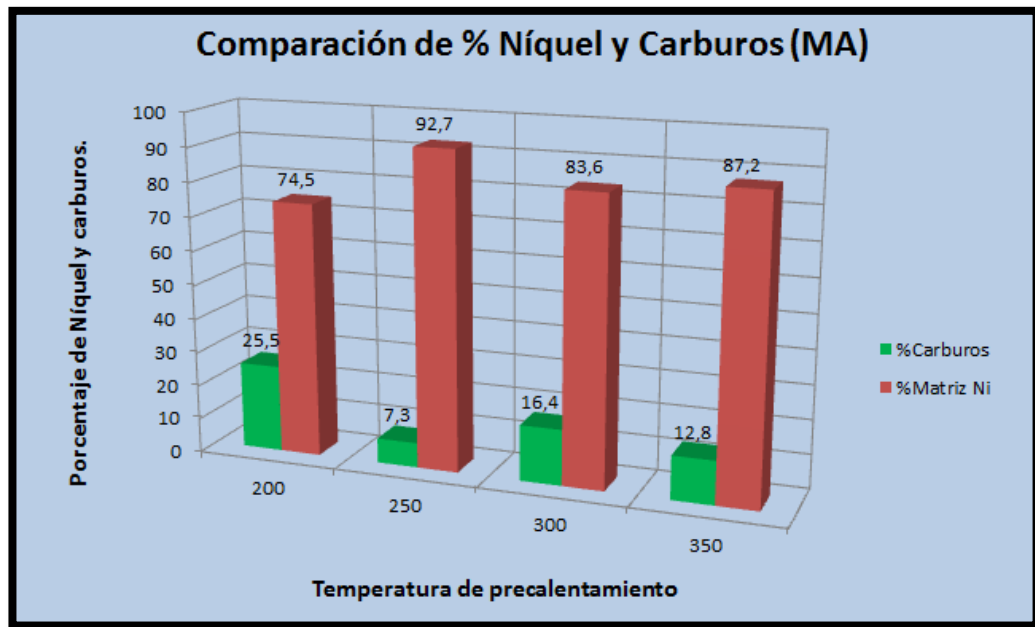
Fuente: Aldás Milton

En la figura 4.28 se puede observar la comparación de grafito esferoidal de las juntas soldadas como del material base, donde se tiene que el porcentaje más elevado corresponde a las probetas soldadas con precalentamiento de 350°C con un 34% en relación con el material base tiene un aumento de 9%. Si observamos cuidadosamente la gráfica tenemos que a medida que la temperatura de precalentamiento aumenta el porcentaje de grafito también aumenta.

El porcentaje mínimo de grafito se encuentra en las probetas soldadas con precalentamiento de 200°C siendo este de 20.4% menos que el porcentaje del material base sin soldadura.

El porcentaje de grafito depende mucho del tamaño de grano que este tenga y también de su distribución, a medida que la temperatura de precalentamiento antes de la soldadura aumenta los porcentajes de Grafito también aumentan estos porcentajes dependen también mucho de la forma en que fueron enfriadas las probetas soldadas.





**Figura 4.29** Comparación de porcentajes de Níquel y Carburos para juntas soldadas en V de 30° con precalentamiento, punto de análisis material de aporte.

Fuente: Aldás Milton

Como se observa en la figura 4.29 la matriz de níquel muestra los valores más elevados la junta soldada con el valor más alto de matriz nique es de 92.7% y un 7.3% de carburo con una temperatura de precalentamiento de 250°C después de esta temperatura de precalentamiento el porcentaje de níquel disminuye y el porcentaje de carburo aumenta, el porcentaje mínimo de níquel es de 74.5% y un 25.5% de carburo para las probetas soldadas con precalentamiento de 200°C esto en las juntas soldadas en V de 30°.

### **4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS.**

**Hipótesis:** Al realizar un precalentamiento en la tubería de agua de hierro nodular se podrá conseguir la unión mediante soldadura SMAW con electrodo revestido AWS ENiFe – CI con buenas propiedades mecánicas en la junta soldada.

#### **Comprobación**

Con el estudio realizado enfocado en las propiedades mecánicas de las juntas soldadas con diferentes temperaturas de precalentamiento, se llegó a determinar la influencia de la temperatura de precalentamiento en las propiedades mecánicas de la junta soldada en comparación con las propiedades del material base sin soldadura.

#### **4.3.1 Influencia de la temperatura en las propiedades mecánicas de la junta soldada.**

- Del ensayo a tracción realizado en 40 probetas soldadas con 4 temperaturas de precalentamiento (200, 250, 300, 350°C), y dos tipos de juntas (en V de 60° y en V de 30°), los resultados obtenidos para cada tipo de junta son para la junta en V de 60° soldada con precalentamiento de 300°C 53Ksi, y para la junta en V de 30° 55.66Ksi respectivamente, el material base tiene una resistencia promedio de 63Ksi, los resultados de estos ensayos se encuentran detallados en las tablas 4.4 (datos de MB.), 4.9 (datos comparativos de la junta en V de 60° VS material base), 4.10 (comparación en % de reducción respecto del material base), 4.16 (datos comparativos de la junta en V de 30° VS material base), 4.17 (comparación en % de reducción respecto del material base), estos datos para una mejor comprensión se los puede observar en las siguientes figuras (4.4, 4.6, 4.7), aquí se puede apreciar claramente los datos de cada una de las juntas en comparación con el material base y entre sí, determinando de esta manera que a la temperatura de 300°C se consiguieron los mejores resultados de resistencia a la tracción.

- Para los ensayos de dureza se consideró una probeta por cada temperatura de precalentamiento en total 8 probetas soldadas 4 de cada tipo de junta y se tomó 10 datos de cada una, y una de material base sin soldadura con los ensayos realizados se consiguió datos de interés para esta investigación de donde se analizó que la temperatura de precalentamiento de 300°C se obtuvieron los mejores resultados ver tablas 4.19 y 4.20 figuras (4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13), en donde se encuentran los datos más detallados esto para las dos juntas utilizadas en relación con el material base.
- Para el ensayo de Impacto Charpy se tomó en cuenta 20 probetas para cada tipo de junta utilizando en total 40 probetas para los dos tipos de juntas y 5 probetas para el material base de donde se registró un dato por cada probeta ensayada, consiguiendo así la información necesaria para este estudio, en las tablas 4.21 – 4.31 se encuentran detallados los datos obtenidos de este ensayo y en las figuras (4.14, 4.15, 4.16) se ha realizado una comparación de las propiedades obtenidas con el fin de analizar cuál es la temperatura de precalentamiento que mejores propiedades nos ha entregado en la junta soldada, con el análisis realizado se tiene que a 300°C las probetas soldadas a esta temperatura mostraron las mejores resistencias al Impacto.
- Para el ensayo de **flexión guiado de raíz** se tomó en cuenta 20 probetas para cada tipo de junta utilizando en total 40 probetas para los dos tipos de juntas y 5 probetas para el material base, con los datos de este ensayo se determinó cual es el soporte de carga a flexión que las juntas soldadas pueden soportar también con el análisis de este ensayo se determinó cual es la junta que más soporta carga a flexión, si observamos las figuras 4.17 y 4.18 y comparamos se tiene que en la figura 4.17 los valores son mucho más elevados, esta comparación también se observa más claramente en la figura 4.19 en donde se realiza un gráfico comparativo de los dos tipos de juntas utilizados de este análisis se dice que la mejor junta es la de tipo en V de 60° y la temperatura de precalentamiento adecuada y que nos ha entregado los mejores datos es de 300°C.

- En el ensayo metalográfico se consideró una probeta de cada temperatura de precalentamiento que se realizó esto para los dos tipos de juntas y una de material base, de donde se determinó los porcentajes de grafito, ferrita, níquel, y carburos en las distintas zonas (MB, ZAT, MA), en donde se observó que en la ZAT existe una mayor acumulación de grafito esto a temperatura de precalentamiento inferiores a los 300°C, lo que no ocurre después de esta ya que no se acumula demasiado el grafito, en las tablas 34 y 35 se observa el tipo de grafito y tamaño del mismo para el MB, en las tablas 36 y 37 se observa el tipo de grafito y tamaño del mismo para la ZAT, en las tablas 38 a la 43 se indican los porcentajes de grafito, ferrita, níquel y carburos de níquel, en las figuras siguientes se observa más detalladamente los porcentajes para cada junta soldada y las temperaturas de precalentamiento que se les dio antes de su soldadura, de este análisis se llega a decir que las probetas soldadas con precalentamiento entre 300 y 350 °C tienen los mejores resultados.

#### **4.3.2 Verificación de la hipótesis estadísticamente.**

Para la demostración estadística se empleara la prueba de T – Student para las dos muestras de datos como son la junta soldada en V de 60° y la junta en V de 30° en comparación con los datos de material base sin soldadura que es nuestro interés verificar con la variación de la temperatura de precalentamiento antes de realizar la soldadura.

##### **4.3.2.1 Modelo de T – Student para las dos muestras en relación al material base.**

- Nivel de medidas de variable.
- Distribución normal.
- Observaciones realizadas.
- Tipo de diseño: equilibrado.
- Varianza de diferencia de medidas.
- Hipótesis que se pone a prueba

**Tabla 4.42** Formulación de dos clases de hipótesis.

$H_0$	<b>Hipótesis nula:</b> se le considera nula ya que hace referencia al valor del parámetro que se requiere probar como verdadero.
$H_1$	<b>Hipótesis alternativa:</b> se le considera alternativa o falsa cuando se establece que un parámetro puede ser, mayor menor o igual, de acuerdo con la propuesta hecha por la hipótesis nula.

Fuente: Schaum.

#### 4.3.2.2 Tipos de error.

Existen dos tipos de error: Si se rechaza una hipótesis que debería ser aceptada se dice que se comete un *erro tipo I*. si por otro lado se acepta una hipótesis que debería rechazarse, se comete un *error tipo II*. En cualquiera de los dos casos ha habido una decisión errónea. Schaum, 2009, p246.

**Tabla 4.43** Cuadro de aceptación de hipótesis.

Tipo de error			
Decisión		Verdad	Falso
	Acepta	<i>Decisión correcta.</i>	<i>error tipo II</i>
	Rechaza	<i>erro tipo I</i>	<i>Decisión correcta.</i>

Fuente: Martinez

#### 4.3.2.3 Nivel de significancia (Alfa, $\alpha$ ).

Es el nivel de significación utilizado para calcular el nivel de confianza. El nivel de confianza es igual a 100% ( $1 - \alpha$ ), es decir, un alfa ( $\alpha$ ) de 0,05 indica un nivel de confianza de 95%.

En la práctica, se acostumbran los niveles de significancia 0.05 a 0.01, aunque se pueden usar otros valores (Schaum, 2009, p246).

Para este estudio se considerara una significancia de 0.05 lo que indica que la hipótesis tiene una probabilidad de 0.05 de ser errónea y un 95% de que se ha tomado una decisión correcta.

#### 4.3.2.4 Cálculo estadístico.

Fórmulas de cálculo de T de Student para muestras pequeñas  $\leq 30$ .

FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO ESTADÍSTICO DEL T DE STUDENT		
$t = \frac{\bar{X} - 0}{e}$	T – Student	Ecuación 4-1
$\bar{D} = \bar{Y}_1 - \bar{Y}_2 = \sum \frac{D_j}{n}$	Diferencia entre datos inicial y final.	Ecuación 4-2
$\bar{X} = \frac{\sum \bar{D}}{n}$	Media aritmética	Ecuación 4-3
$D_j = \bar{D} - \bar{X}$	Diferencia	Ecuación 4-4
$\widehat{S}_D = \sqrt{\frac{\sum (D_j - \bar{D})^2}{n - 1}}$	Desviación estándar	Ecuación 4-5
$e = \frac{\widehat{S}_D}{\sqrt{n}}$	Error típico	Ecuación 4-6
$v = (n - 1)$	Grados de libertad	Ecuación 4-7

Fuente: Learning.

La t de student crítico calculado de la tabla (anexo C12), para 4 grados de libertad y una confianza del 95% ó  $\alpha = 0.05$  se tiene que es de:

$$\left\{ \begin{array}{l} v = n - 1 = 5 - 1 = 4 \\ \alpha = 0.05 \end{array} \right\} t = \pm 2.13$$

**4.3.2.5 Verificación de la hipótesis ensayo de tracción de las probetas soldadas con junta en V de 60° con precalentamiento de 200°C, y el material base.**

**Tabla 4.44** Datos del ensayo de tracción, material base y juntas soldadas.

Observaciones	Resistencia a la tracción para el material base [Ksi]	Resistencia a la tracción para las juntas soldadas [Ksi]	$\bar{D}$	$D_j$
1	62.6	35.2	27.4	0
2	64.5	40.2	24.3	3.1
3	63.1	26.5	36.6	9.2
4	64.8	33.3	31.5	4.1
5	61.5	44.3	17.2	10.2
<b>Sumatoria</b>	<b>316.5</b>	<b>179.5</b>	<b>137.0</b>	<b>26.6</b>
<b>Promedios</b>	<b>63.3</b>	<b>35.9</b>	<b>27.4</b>	<b>5.32</b>
Cálculos				
Media aritmética		$\bar{X}$	<b>27.4</b>	
Desviación estándar		$\widehat{S}_D$	<b>7.33</b>	
Error típico		$e$	<b>3.2794</b>	
T – Student		t	<b>8.355187</b>	

Fuente: Milton Aldás

**Calculo estadístico con Excel.**

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	63,300000	35,900000
Varianza	1,865000	46,165000
Observaciones	5,000000	5,000000
Coeficiente de correlación de Pearson	-0.30957	
Diferencia hipotética de las medias	0,000000	
Grados de libertad	4,000000	
Estadístico t	8,354979	
P(T<=t) una cola	0,000561	
Valor crítico de t (una cola)	2,131847	
P(T<=t) dos colas	0,001122	
Valor crítico de t (dos colas)	2,776445	

Fuente: Milton Aldás

De la tabla de t de student con el nivel de significancia y los grados de libertad obtenemos el “t” crítico.

$$\left\{ \begin{array}{l} v = n - 1 = 5 - 1 = 4 \\ \alpha = 0.05 \end{array} \right\} t = \pm 2.13$$

Para la aceptación o rechazo de la hipótesis se aplica el siguiente criterio.

$$\left[ \begin{array}{l} H_0 \text{ si } T < -t = -2.13 \\ H_0 \text{ si } T > t = +2.13 \end{array} \right]$$

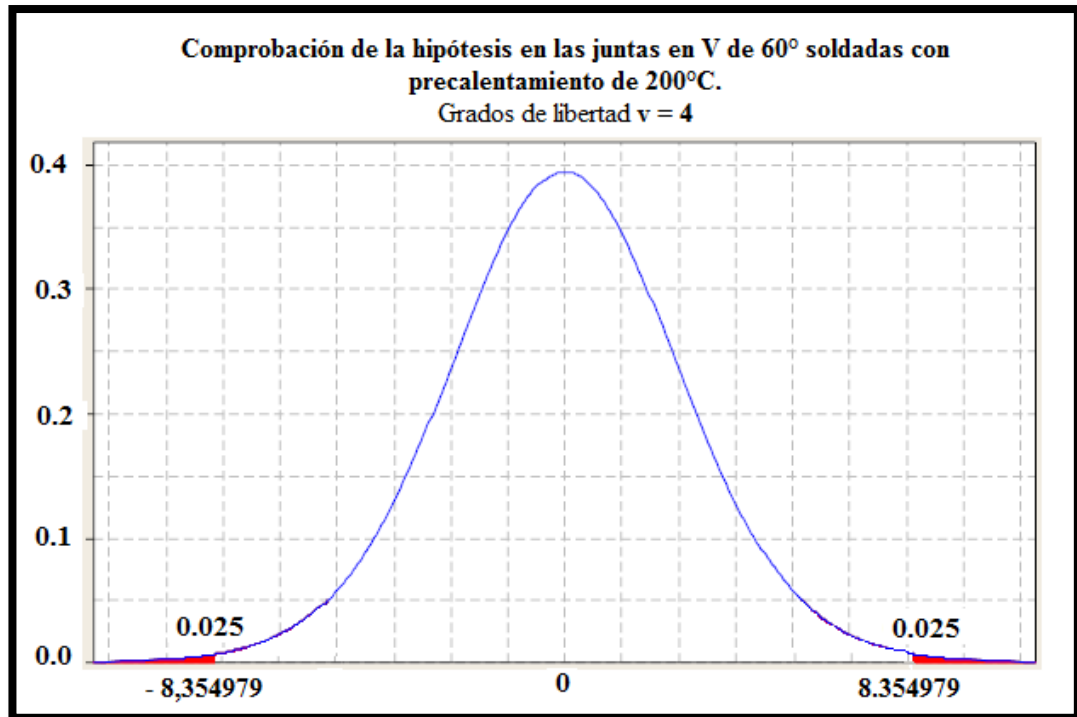


Figura 4.30 Campana de demostración y aceptación de la hipótesis.

Fuente: Milton Aldás

La t de student calculado es: **t = 8,354979**

Con el valor encontrado de **t = 8,354979** el mismo que se encuentra muy lejano del rango de aceptación, se toma la decisión de rechazar la hipótesis nula en donde la junta de soldadura en V de 60° con precalentamiento de 200°C no alcanza una resistencia suficiente como para indicar que estos datos puedan ser utilizados como referencia para la realización de la unión de tuberías de agua de hierro fundido nodular mediante soldadura SMAW.



**4.3.2.6 Verificación de la hipótesis ensayo de tracción de las probetas soldadas con junta en V de 60° con precalentamiento de 250°C, y el material base.**

**Tabla 4.45** Datos del ensayo de tracción, material base y juntas soldadas.

Observaciones	Resistencia a la tracción para el material base [Ksi]	Resistencia a la tracción para las juntas soldadas [Ksi]	$\bar{D}$	$D_j$
1	62.6	20.5	42.1	23.668
2	64.5	66.6	-2.1	-20.532
3	63.1	36.5	26.6	8.228
4	64.8	38.9	25.9	7.468
5	61.5	61.9	-0.4	-18.832
<b>Sumatoria</b>	<b>316.5</b>	<b>224.4</b>	<b>92.16</b>	<b>0</b>
<b>Promedios</b>	<b>63.3</b>	<b>44.88</b>	<b>18.43</b>	<b>0</b>
Cálculos				
Media aritmética			$\bar{X}$	18.43
Desviación estándar			$\widehat{S}_D$	19.0976
Error típico			$e$	8.5407
T – Student			t	2.1579

Fuente: Milton Aldás

**Calculo estadístico con Excel.**

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	Variable 1	Variable 2
Media	63,30000	44,86800
Varianza	1,86500	365,70412
Observaciones	5,00000	5,00000
Coefficiente de correlación de Pearson	0,04989	
Diferencia hipotética de las medias	0,00000	
Grados de libertad	4,00000	
Estadístico t	2,15741	
P(T<=t) una cola	0,04859	
Valor crítico de t (una cola)	2,13185	
P(T<=t) dos colas	0,09717	
Valor crítico de t (dos colas)	2,77645	

Fuente: Milton Aldás

De la tabla de t de student con el nivel de significancia y los grados de libertad obtenemos el “t” critico.

$$\left\{ \begin{array}{l} v = n - 1 = 5 - 1 = 4 \\ \alpha = 0.05 \end{array} \right\} t = \pm 2.13$$

Para la aceptación o rechazo de la hipótesis se aplica el siguiente criterio.

$$\left[ \begin{array}{l} H_0 \text{ si } T < -t = -2.13 \\ H_0 \text{ si } T > t = +2.13 \end{array} \right]$$

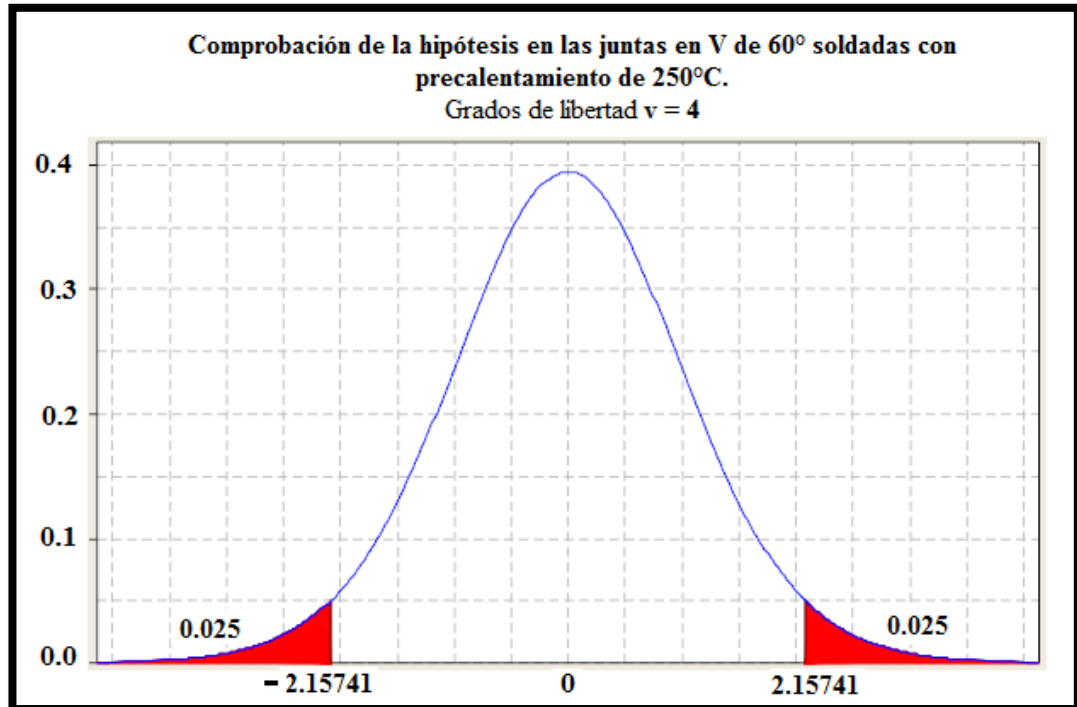


Figura 4.31 Campana de demostración y aceptación de la hipótesis.

Fuente: Milton Aldás

La  $t$  de student calculado es:  **$t = 2,15741$**

Con el valor encontrado de  **$t = 2,15741$**  el mismo que se encuentra fuera del rango de aceptación, se toma la decisión de rechazar la hipótesis nula en donde la junta de soldadura en V de 60° con precalentamiento de 250°C no alcanza una resistencia suficiente como para indicar que estos datos puedan ser utilizados como referencia para la realización de la unión de tuberías de agua de hierro fundido nodular mediante soldadura SMAW.

**4.3.2.7 Verificación de la hipótesis ensayo de tracción de las probetas soldadas con junta en V de 60° con precalentamiento de 300°C, y el material base.**

**Tabla 4.46** Datos del ensayo de tracción, material base y juntas soldadas.

Observaciones	Resistencia a la tracción para el material base [Ksi]	Resistencia a la tracción para las juntas soldadas [Ksi]	$\bar{D}$	$D_j$
1	62.6	61.9	0.7	-9.6
2	64.5	51.8	12.7	2.4
3	63.1	34.7	28.4	18.1
4	64.8	58.2	6.6	-3.7
5	61.5	58.4	3.1	-7.2
<b>Sumatoria</b>	<b>316.5</b>	<b>265.0</b>	<b>51.5</b>	<b>0</b>
<b>Promedios</b>	<b>63.3</b>	<b>58.4</b>	<b>10.3</b>	<b>0</b>
Cálculos				
Media aritmética		$\bar{X}$	10.3	
Desviación estándar		$\widehat{S}_D$	11.07994	
Error típico		$e$	4.9551	
T – Student		t	2.07867	

Fuente: Milton Aldás

**Calculo estadístico con Excel.**

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	63,30000	53,00000
Varianza	1,86500	117,93500
Observaciones	5,00000	5,00000
Coeficiente de correlación de Pearson	-0,09996	
Diferencia hipotética de las medias	0,00000	
Grados de libertad	4,00000	
Estadístico t	2,07867	
P(T<=t) una cola	0,05309	
Valor crítico de t (una cola)	2,13185	
P(T<=t) dos colas	0,10618	
Valor crítico de t (dos colas)	2,77645	

Fuente: Milton Aldás

De la tabla de t de student con el nivel de significancia y los grados de libertad obtenemos el “t” crítico.

$$\left\{ \begin{array}{l} v = n - 1 = 5 - 1 = 4 \\ \alpha = 0.05 \end{array} \right\} t = \pm 2.13$$

Para la aceptación o rechazo de la hipótesis se aplica el siguiente criterio.

$$\left[ \begin{array}{l} H_0 \text{ si } T < -t = -2.13 \\ H_0 \text{ si } T > t = +2.13 \end{array} \right]$$

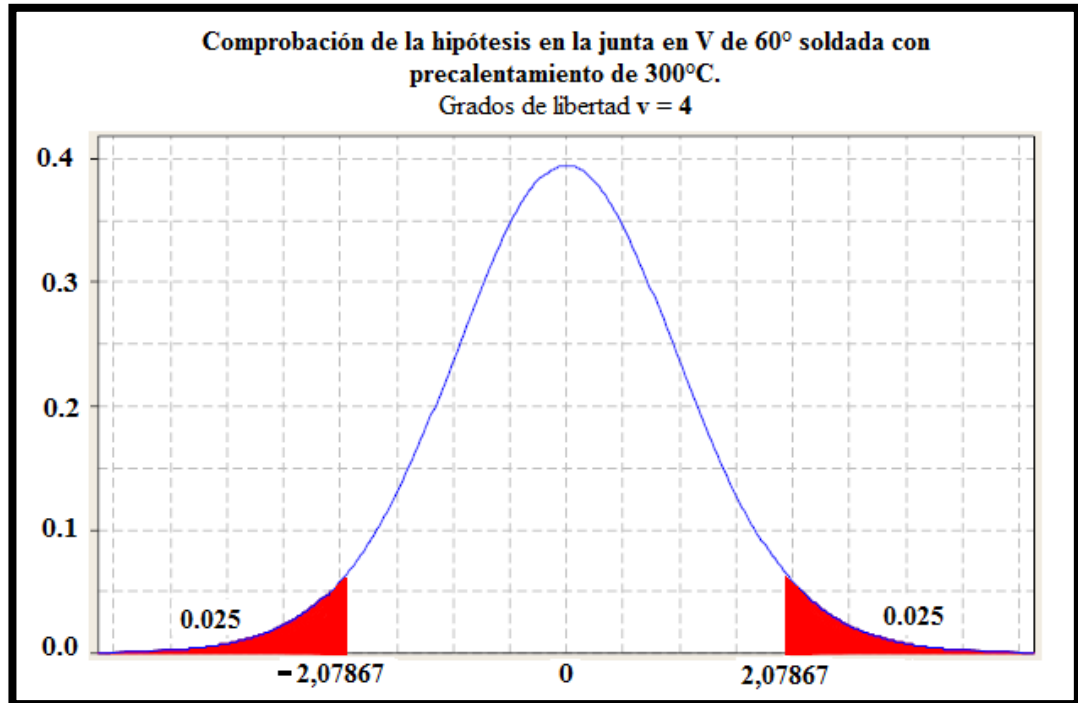


Figura 4.32 Campana de demostración y aceptación de la hipótesis.

Fuente: Milton Aldás

La  $t$  de student calculado es:  **$t = 2,07867$**

Con el valor encontrado de  **$t = 2,07867$**  el mismo que se allá dentro del rango de aceptación, se toma la decisión de aceptación de la hipótesis nula y se considera aprobada la hipótesis en donde la junta de soldadura en V de 60° con precalentamiento de 300°C alcanza una resistencia suficiente como para indicar que estos datos puedan ser utilizados como referencia para la realización de la unión de tuberías de agua de hierro fundido nodular mediante soldadura SMAW.

**4.3.2.8 Verificación de la hipótesis ensayo de tracción de las probetas soldadas con junta en V de 60° con precalentamiento de 350°C, y el material base.**

**Tabla 4.47** Datos del ensayo de tracción, material base y juntas soldadas.

Observaciones	Resistencia a la tracción para el material base [Ksi]	Resistencia a la tracción para las juntas soldadas [Ksi]	$\bar{D}$	$D_j$
1	62.6	46.2	16.4	2.5
2	64.5	25.2	39.3	25.4
3	63.1	62.3	0.8	-13.1
4	64.8	62.2	2.6	-11.3
5	61.5	51.1	10.4	-3.5
<b>Sumatoria</b>	<b>316.5</b>	<b>247</b>	<b>69.5</b>	<b>0</b>
<b>Promedios</b>	<b>63.3</b>	<b>49.4</b>	<b>13.9</b>	<b>0</b>
Cálculos				
Media aritmética		$\bar{X}$		13.9
Desviación estándar		$\widehat{S}_D$		15.5158
Error típico		$e$		6.9389
T – Student		t		2.0032

Fuente: Milton Aldás

**Calculo estadístico con Excel.**

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	Variable 1	Variable 2
Media	63,30000	49,40000
Varianza	1,86500	232,25500
Observaciones	5,00000	5,00000
Coefficiente de correlación de Pearson	-0,15904	
Diferencia hipotética de las medias	0,00000	
Grados de libertad	4,00000	
Estadístico t	2,00321	
P(T<=t) una cola	0,05785	
Valor crítico de t (una cola)	2,13185	
P(T<=t) dos colas	0,11569	
Valor crítico de t (dos colas)	2,77645	

Fuente: Milton Aldás

De la tabla de t de student con el nivel de significancia y los grados de libertad obtenemos el “t” critico.

$$\left\{ \begin{array}{l} v = n - 1 = 5 - 1 = 4 \\ \alpha = 0.05 \end{array} \right\} t = \pm 2.13$$

Para la aceptación o rechazo de la hipótesis se aplica el siguiente criterio.

$$\left[ \begin{array}{l} H_0 \text{ si } T < -t = -2.13 \\ H_0 \text{ si } T > t = +2.13 \end{array} \right]$$

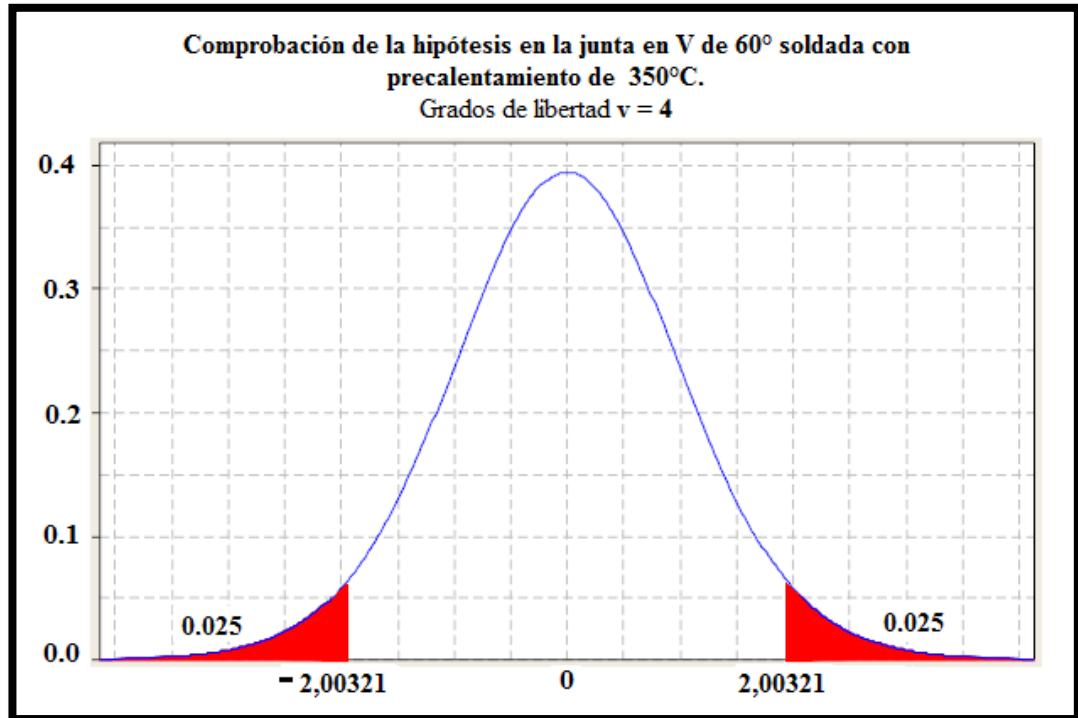


Figura 4.33 Campana de demostración y aceptación de la hipótesis.

Fuente: Milton Aldás

La  $t$  de student calculado es:  $t = 2,00321$

Con el valor encontrado de  $t = 2,00321$  el mismo que se alló dentro del rango de aceptación, se toma la decisión de aceptación de la hipótesis nula y se considera aprobada la hipótesis en donde la junta de soldadura en V de 60° con precalentamiento de 350°C alcanza una resistencia suficiente como para indicar que estos datos puedan ser utilizados como referencia para la realización de la unión de tuberías de agua de hierro fundido nodular mediante soldadura SMAW.

**4.3.2.9 Verificación de la hipótesis ensayo de tracción de las probetas soldadas con junta en V de 30° con precalentamiento de 200°C, y el material base.**

**Tabla 4.48** Datos del ensayo de tracción, material base y juntas soldadas.

Observaciones	Resistencia a la tracción para el material base [Ksi]	Resistencia a la tracción para las juntas soldadas [Ksi]	$\bar{D}$	$D_j$
1	62.6	57.8	4.8	-20.16
2	64.5	28.6	35.9	10.94
3	63.1	33.5	29.6	4.64
4	64.8	21.6	43.2	18.24
5	61.5	50.2	11.3	-13.66
<b>Sumatoria</b>	<b>316.5</b>	<b>191.70</b>	<b>124.8</b>	<b>0</b>
<b>Promedios</b>	<b>63.3</b>	<b>38.34</b>	<b>24.96</b>	<b>0</b>
Cálculos				
Media aritmética	$\bar{X}$		24.96	
Desviación estándar	$\widehat{S}_D$		16.3319	
Error típico	$e$		7.3039	
T – Student	$t$		3.4174	

Fuente: Milton Aldás

**Calculo estadístico con Excel.**

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	63,30000	38,34000
Varianza	1,86500	229,46800
Observaciones	5,00000	5,00000
Coefficiente de correlación de Pearson	-0,85560	
Diferencia hipotética de las medias	0,00000	
Grados de libertad	4,00000	
Estadístico t	3,41736	
P(T<=t) una cola	0,01342	
Valor crítico de t (una cola)	2,13185	
P(T<=t) dos colas	0,02685	
Valor crítico de t (dos colas)	2,77645	

Fuente: Milton Aldás

De la tabla de t de student con el nivel de significancia y los grados de libertad obtenemos el “t” critico.

$$\left\{ \begin{array}{l} v = n - 1 = 5 - 1 = 4 \\ \alpha = 0.05 \end{array} \right\} t = \pm 2.13$$

Para la aceptación o rechazo de la hipótesis se aplica el siguiente criterio.

$$\left[ \begin{array}{l} H_0 \text{ si } T < -t = -2.13 \\ H_0 \text{ si } T > t = +2.13 \end{array} \right]$$

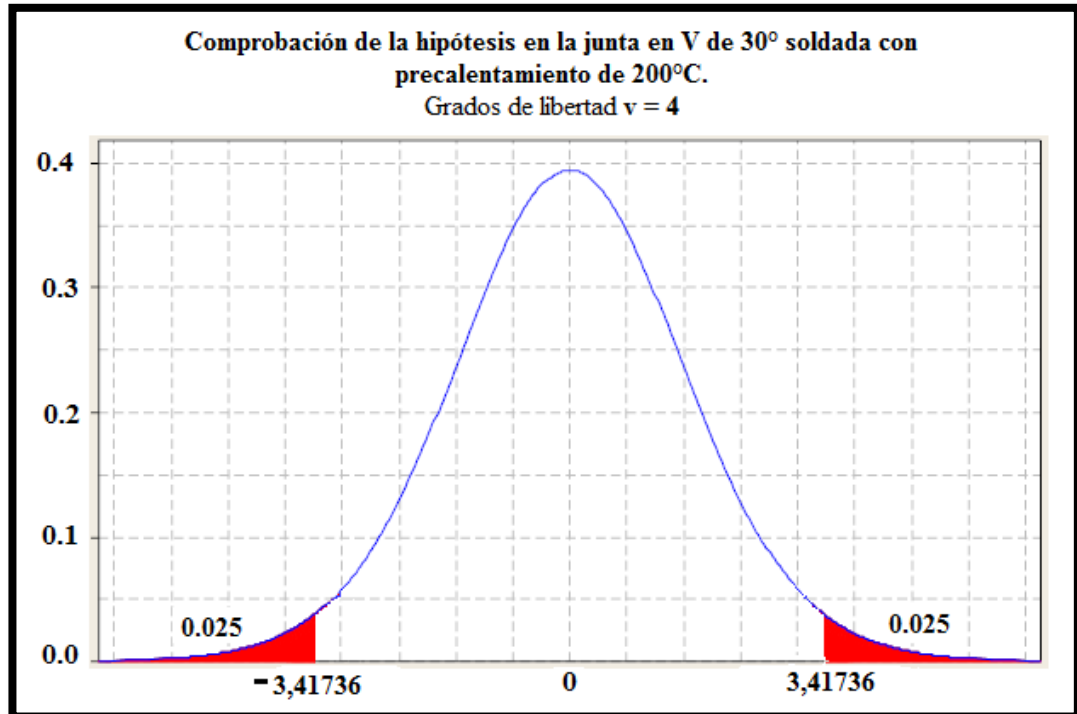


Figura 4.34 Campana de demostración y aceptación de la hipótesis.

Fuente: Milton Aldás

La  $t$  de student calculado es:  **$t = 3,41736$**

Con el valor encontrado de  **$t = 3,41736$**  el mismo que se encuentra fuera del rango de aceptación, se toma la decisión de rechazar la hipótesis nula en donde la junta de soldadura en V de 30° con precalentamiento de 200°C no alcanza una resistencia suficiente como para indicar que estos datos puedan ser utilizados como referencia para la realización de la unión de tuberías de agua de hierro fundido nodular mediante soldadura SMAW.



**4.3.2.10 Verificación de la hipótesis ensayo de tracción de las probetas soldadas con junta en V de 30° con precalentamiento de 250°C, y el material base.**

**Tabla 4.49** Datos del ensayo de tracción, material base y juntas soldadas.

Observaciones	Resistencia a la tracción para el material base [Ksi]	Resistencia a la tracción para las juntas soldadas [Ksi]	$\bar{D}$	$D_j$
1	62.6	60.6	2	-10.88
2	64.5	54.2	10.3	-2.58
3	63.1	31.4	31.7	18.82
4	64.8	60.6	4.2	-8.68
5	61.5	45.3	16.2	3.32
<b>Sumatoria</b>	<b>316.5</b>	<b>252.1</b>	<b>64.4</b>	<b>0</b>
<b>Promedios</b>	<b>63.3</b>	<b>50.42</b>	<b>12.88</b>	<b>0</b>
Cálculos				
Media aritmética		$\bar{X}$		12.88
Desviación estándar		$\widehat{S}_D$		11.8910
Error típico		$e$		5.3178
T – Student		t		2.42204

Fuente: Milton Aldás

**Calculo estadístico con Excel.**

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	Variable 1	Variable 2
Media	63,30000	50,42000
Varianza	1,86500	152,38200
Observaciones	5,00000	5,00000
Coeficiente de correlación de Pearson	0,38112	
Diferencia hipotética de las medias	0,00000	
Grados de libertad	4,00000	
Estadístico t	2,42204	
P(T<=t) una cola	0,03630	
Valor crítico de t (una cola)	2,13185	
P(T<=t) dos colas	0,07260	
Valor crítico de t (dos colas)	2,77645	

Fuente: Milton Aldás

De la tabla de t de student con el nivel de significancia y los grados de libertad obtenemos el “t” crítico.

$$\left\{ \begin{array}{l} v = n - 1 = 5 - 1 = 4 \\ \alpha = 0.05 \end{array} \right\} t = \pm 2.13$$

Para la aceptación o rechazo de la hipótesis se aplica el siguiente criterio.

$$\left[ \begin{array}{l} H_0 \text{ si } T < -t = -2.13 \\ H_0 \text{ si } T > t = +2.13 \end{array} \right]$$

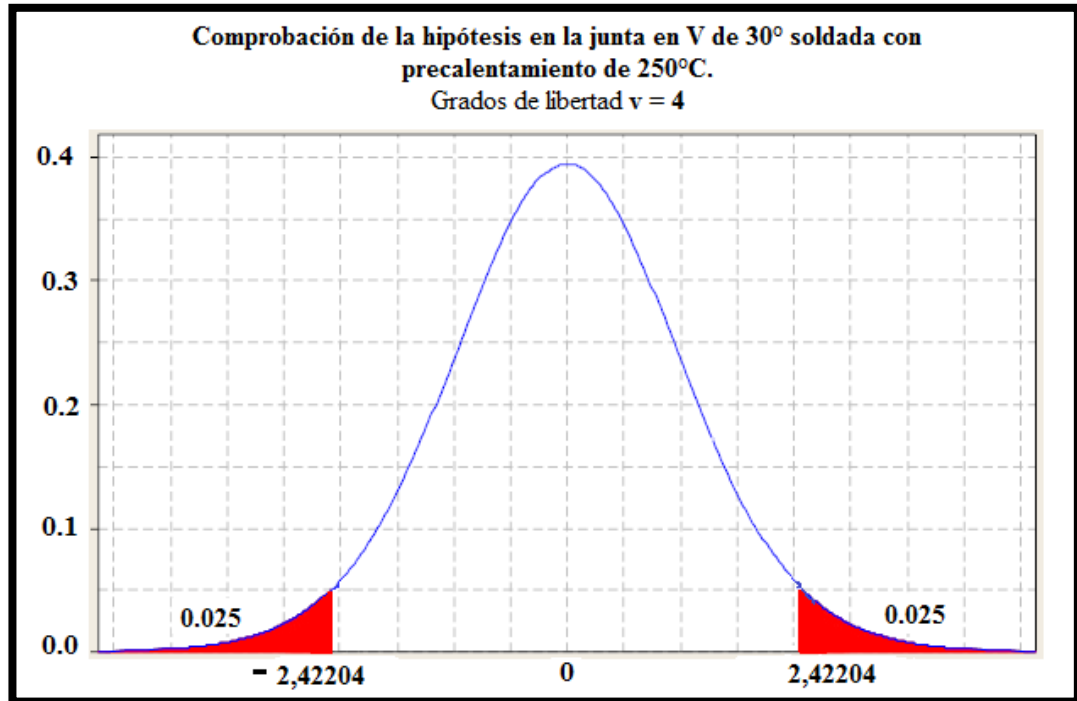


Figura 4.35 Campana de demostración y aceptación de la hipótesis.

Fuente: Milton Aldás

La  $t$  de student calculado es:  **$t = 2,42204$**

Con el valor encontrado de  **$t = 2,42204$**  el mismo que se encuentra fuera del rango de aceptación, se toma la decisión de rechazar la hipótesis nula en donde la junta de soldadura en V de 30° con precalentamiento de 250°C no alcanza una resistencia suficiente como para indicar que estos datos puedan ser utilizados como referencia para la realización de la unión de tuberías de agua de hierro fundido nodular mediante soldadura SMAW.

**4.3.2.11 Verificación de la hipótesis ensayo de tracción de las probetas soldadas con junta en V de 30° con precalentamiento de 300°C, y el material base.**

**Tabla 4.50** Datos del ensayo de tracción, material base y juntas soldadas.

Observaciones	Resistencia a la tracción para el material base [Ksi]	Resistencia a la tracción para las juntas soldadas [Ksi]	$\bar{D}$	$D_j$
1	62.6	57.0	5.60	-2.04
2	64.5	37.2	27.30	19.66
3	63.1	54.8	8.30	0.66
4	64.8	67.0	-2.2	-9.84
5	61.5	62.3	-0.8	8.44
<b>Sumatoria</b>	<b>316.5</b>	<b>278.3</b>	<b>38.2</b>	<b>0</b>
<b>Promedios</b>	<b>63.3</b>	<b>55.66</b>	<b>7.64</b>	<b>0</b>
<b>Cálculos</b>				
Media aritmética	$\bar{X}$		7.64	
Desviación estándar	$\widehat{S}_D$		11.8234	
Error típico	$e$		5.2876	
T – Student	t		1.4449	

Fuente: Milton Aldás

**Calculo estadístico con Excel.**

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	63,30000	55,66000
Varianza	1,86500	128,99800
Observaciones	5,00000	5,00000
Coeficiente de correlación de Pearson	-0,28787	
Diferencia hipotética de las medias	0,00000	
Grados de libertad	4,00000	
Estadístico t	1,44489	
P(T<=t) una cola	0,11100	
Valor crítico de t (una cola)	2,13185	
P(T<=t) dos colas	0,22200	
Valor crítico de t (dos colas)	2,77645	

Fuente: Milton Aldás

De la tabla de t de student con el nivel de significancia y los grados de libertad obtenemos el “t” crítico.

$$\left\{ \begin{array}{l} v = n - 1 = 5 - 1 = 4 \\ \alpha = 0.05 \end{array} \right\} t = \pm 2.13$$

Para la aceptación o rechazo de la hipótesis se aplica el siguiente criterio.

$$\left[ \begin{array}{l} H_0 \text{ si } T < -t = -2.13 \\ H_0 \text{ si } T > t = +2.13 \end{array} \right]$$

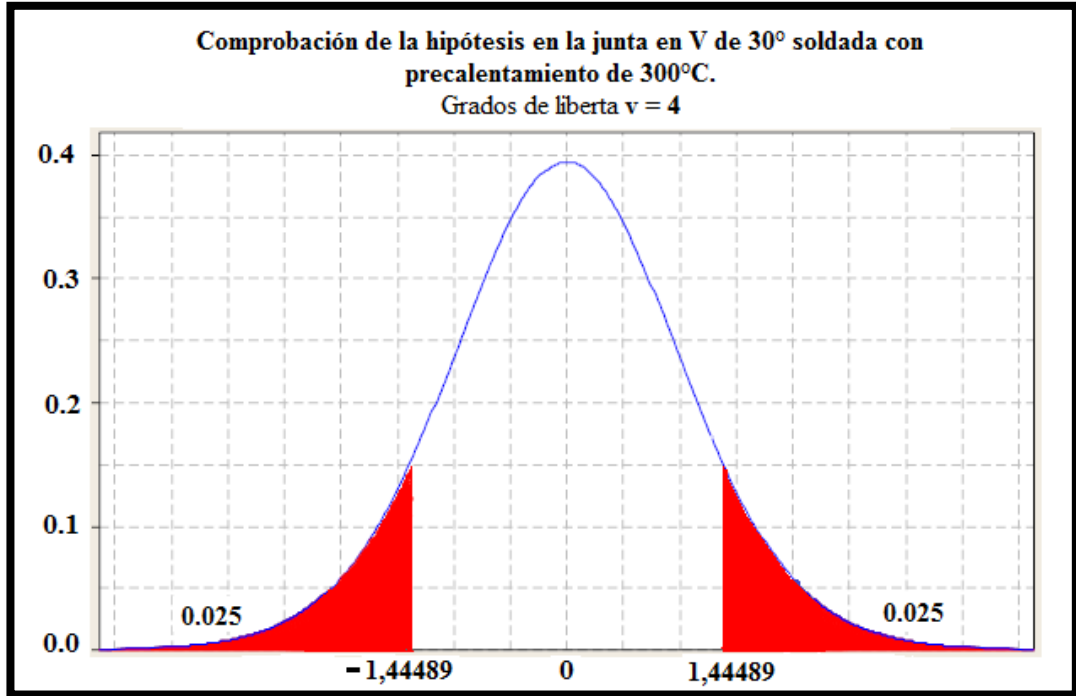


Figura 4.36 Campana de demostración y aceptación de la hipótesis.

Fuente: Milton Aldás

La  $t$  de student calculado es:  **$t = 1,44489$**

Con el valor encontrado de  **$t = 1,44489$**  el mismo que se allá dentro del rango de aceptación, se toma la decisión de aceptación de la hipótesis nula y se considera aprobada la hipótesis en donde la junta de soldadura en V de 30° con precalentamiento de 300°C alcanza una resistencia suficiente como para indicar que estos datos puedan ser utilizados como referencia para la realización de la unión de tuberías de agua de hierro fundido nodular mediante soldadura SMAW.

**4.3.2.12 Verificación de la hipótesis ensayo de tracción de las probetas soldadas con junta en V de 30° con precalentamiento de 350°C, y el material base.**

**Tabla 4.51** Datos del ensayo de tracción, material base y juntas soldadas.

Observaciones	Resistencia a la tracción para el material base [Ksi]	Resistencia a la tracción para las juntas soldadas [Ksi]	$\bar{D}$	$D_j$
1	62.6	24.4	38.20	3.24
2	64.5	63.2	1.30	-33.66
3	63.1	11.0	52.10	17.14
4	64.8	18.7	46.10	11.14
5	61.5	24.4	37.10	2.14
<b>Sumatoria</b>	<b>316.5</b>	<b>141.7</b>	<b>174.80</b>	<b>0</b>
<b>Promedios</b>	<b>63.3</b>	<b>28.34</b>	<b>34.96</b>	<b>0</b>
Cálculos				
Media aritmética		$\bar{X}$	34.96	
Desviación estándar		$\widehat{S}_D$	19.7861	
Error típico		$e$	8.8486	
T – Student		t	3.9509	

Fuente: Milton Aldás

**Calculo estadístico con Excel.**

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	63,30000	28,34000
Varianza	1,86500	409,96800
Observaciones	5,00000	5,00000
Coefficiente de correlación de Pearson	0,36789	
Diferencia hipotética de las medias	0,00000	
Grados de libertad	4,00000	
Estadístico t	3,95091	
P(T<=t) una cola	0,00840	
Valor crítico de t (una cola)	2,13185	
P(T<=t) dos colas	0,01681	
Valor crítico de t (dos colas)	2,77645	

Fuente: Milton Aldás

De la tabla de t de student con el nivel de significancia y los grados de libertad obtenemos el “t” critico.

$$\left\{ \begin{array}{l} v = n - 1 = 5 - 1 = 4 \\ \alpha = 0.05 \end{array} \right\} t = \pm 2.13$$

Para la aceptación o rechazo de la hipótesis se aplica el siguiente criterio.

$$\begin{cases} H_0 \text{ si } T < -t = -2.13 \\ H_0 \text{ si } T > t = +2.13 \end{cases}$$

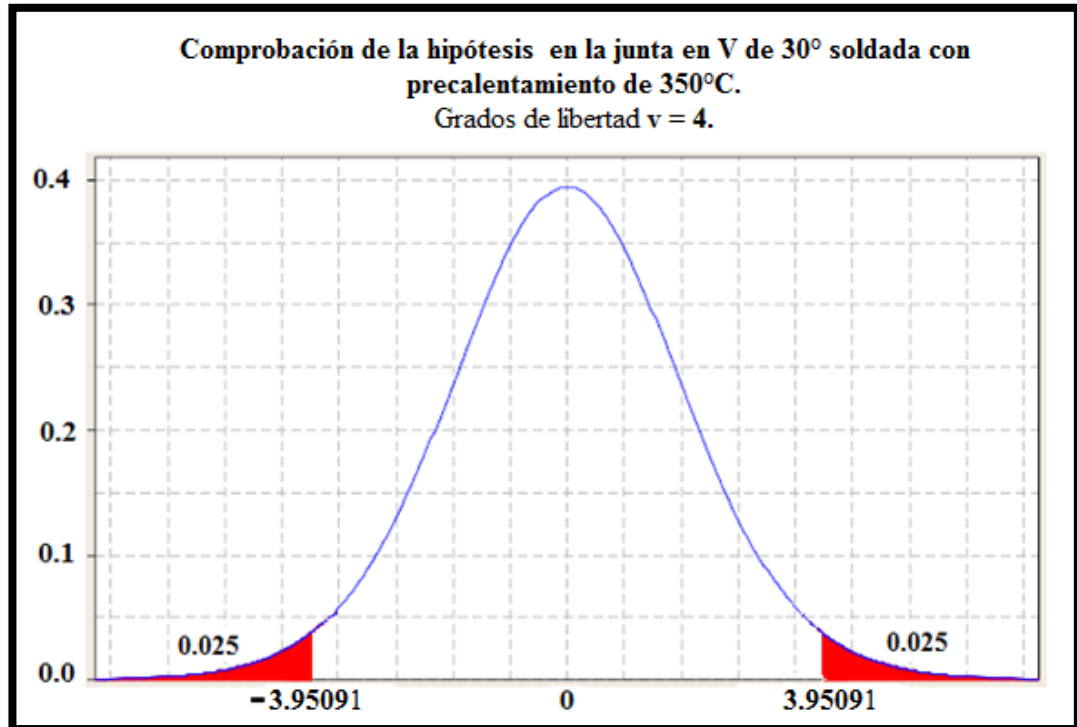


Figura 4.37 Campana de demostración y aceptación de la hipótesis.

Fuente: Milton Aldás

La t de student calculado es: **t = 3,95091**

Con el valor encontrado de **t = 3,95091** el mismo que se encuentra fuera del rango de aceptación, se toma la decisión de rechazar la hipótesis nula en donde la junta de soldadura en V de 30° con precalentamiento de 350°C no alcanza una resistencia suficiente como para indicar que estos datos puedan ser utilizados como referencia para la realización de la unión de tuberías de agua de hierro fundido nodular mediante soldadura SMAW.

#### 4.3.2.13 Comparación de hipótesis para la aceptación de la misma.

Con los datos obtenidos de los ensayos y con la tabulación de estos por el método de t-student se consiguieron los resultados deseados los que nos ayudaran a determinar cuál es la junta y la temperatura más idóneas de este estudio y así poder realizar el manual de procedimiento de soldadura, que nos permita realizar uniones soldadas con buenas propiedades mecánicas en la junta soldada.

COMPARACIÓN DE RESULTADOS.				
Temp. De precalentamiento	200°C	250°C	300°C	350°C
Material base (MB) a Tamb.	2.13	2.13	2.13	2.13
Junta soldada en V de 60°	8.354979	2.15741	2.07867	2.00321
Junta soldada en V de 30°	3.41736	2.42204	1.44489	3.95091
Aceptación de la hipótesis	Se rechaza	Se rechaza	Se acepta	Se rechaza

Fuente: Milton Aldás

## CAPÍTULO V

### 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

Con los datos analizados de la temperatura de precalentamiento para la unión de la tubería de agua de hierro nodular mediante soldadura y su incidencia en la obtención de buenas propiedades mecánicas en la junta soldada se mencionan las siguientes conclusiones.

- Se determinó las principales propiedades mecánicas del material base antes de realizar acciones de precalentamiento y de soldadura y así se llegó a determinar propiedades como resistencia a la tracción, dureza, flexión, Impacto y micrografía.
- En el material base tiene las siguientes propiedades mecánicas; promedios de los ensayos realizados, resistencia a la tracción 63.3 [Ksi], resistencia a la flexión 165.4 [Kgf], dureza Brinell 176.08 [HB], energía de Impacto 15.68 [J], la micrografía indica los siguientes porcentajes Ferrita 75% y grafito esferoidal 25%, esto se detalla como parámetros de comparación para las juntas soldadas.
- Se analizó los resultados obtenidos de los ensayos realizados en el material base y se comparó con la norma ASTM A536 específica para hierro fundido también se consideró las especificaciones de la DUCTIL IRON CAST SECTION VIII.
- Con las propiedades mecánicas obtenidas de probetas de material base de hierro fundido nodular y con la determinación del grado al cual corresponde se pudo establecer diferentes parámetros para el proceso de soldadura SMAW.



- Del análisis de la micrografía del material base se tiene que la forma del grafito es nodular del tipo VI con una distribución Spiky graphite (nódulos semi-distorcionados) con un tamaño de grano 5 (6 – 12 mm) este análisis se realizó con el uso de la norma ASTM A247 – 98.
- Resulta de gran importancia conocer la composición química con la que cuenta el material base ya que de esta depende también la temperatura de precalentamiento que se debe dar al mismo antes de realizar un proceso de soldadura con el fin de obtener buenas propiedades mecánicas.
- Con el porcentaje de carbono determinado del análisis químico se llevó a cabo la determinación del carbono equivalente y con este dato se llegó a determinar la temperatura de precalentamiento adecuado para este material y así poder realizar un proceso de soldadura adecuado, la temperatura encontrada es de 290°C.
- El precalentamiento se realizó en toda la pieza ya que sus dimensiones no eran demasiado grandes lo que permitió realizar un proceso de precalentamiento muy adecuado y controlado.
- Este tipo de hierro por naturaleza tiene una superficie porosa la misma que facilita la acumulación de grasa, aceite y otras impurezas que pueden contaminar la superficie y genera gases en el momento en que se realiza la soldadura, resultado una junta soldada porosa con escasa resistencia a esfuerzos a la tensión.
- La limpieza en la superficie de la tubería de hierro fundido nodular es de gran importancia, antes de realizar un proceso de soldadura, el éxito de obtener un cordón de soldadura libre de poros radica en el porcentaje de limpieza que se le pueda dar, por tal motivo se debe tratar siempre de empezar a soldar solo después de haber asegurado una limpieza adecuada.
- El diseño de la junta antes de realizar el proceso de soldadura es de mucho interés ya que de este también dependen mucho las propiedades mecánicas que se obtengan después de haber realizado la unión soldada.

- Del tipo de junta que se seleccione depende la penetración del arco de soldadura y también con este se consigue un adecuado depósito del material de aporte.
- Las juntas de soldadura se obtuvo mediante torneado consiguiendo así el ángulo adecuado para este estudio se tomó en cuenta dos tipos de juntas de soldadura (en V de 60 y en V de 30°).
- El precalentamiento que se le dio a las probetas antes de realizar el proceso de soldadura fue con la utilización de una FRAGUA la misma que genera calor con la utilización de carbón de madera, el control de la temperatura a la que se requería alcanzar se realizó con la utilización de un pirómetro infrarrojo (TENMARS TM – 300), con el que se realizó varias mediciones hasta llegar a tener la temperatura deseada.
- Es de suma importancia conocer las propiedades del material de aporte antes de realizar el proceso de soldadura como también el espesor del material base que influyen en el tipo de junta que se ha de realizar, de estos dependen una correcta junta soldada.
- Durante el proceso de soldadura es de mucha importancia tratar de mantener la temperatura de precalentamiento ya que puede existir un choque térmico con las bajas temperaturas del ambiente afectando el cordón de soldadura.
- El control de la temperatura después del proceso de soldadura se realizó con la utilización de cal la misma que permitió un enfriamiento lento de la pieza soldada, esto con el fin de reducir las altas durezas, agrietamientos, tensiones internas, contracciones, expansión, etc., que se puedan originar en el material base como en el cordón de soldadura, que llegarían a reducir la ductilidad y fundamentalmente la resistencia.
- Con los ensayos realizados se determinó las principales propiedades mecánicas de la junta soldada, como son: ensayo de tracción, ensayo de dureza, ensayo de Impacto, ensayo de flexión, y ensayo metalográfico.

- La resistencia a la tracción varía en función a la temperatura de precalentamiento que se va incrementando de este manera se pudo determinar que a 300°C se obtuvieron los mejores resultados siendo estos los siguientes para cada tipo de junta utilizado en este estudio, para la junta en V de 60° soldada con precalentamiento de 300°C se alcanzó una resistencia de 53 [Ksi], y para la junta en V de 30° soldada con la misma temperatura de precalentamiento se tiene una resistencia de 55.66 [Ksi], haciendo una comparación con la resistencia del material base estas tienen un porcentaje de reducción de resistencia de 15.80% y 12.06% respectivamente.
- La dureza es un factor de mucho interés y consideración en uniones soldadas de esta depende mucho si la junta resultara frágil o dúctil, por tal motivo la soldadura se realizó con precalentamiento permitiendo así obtener juntas soldadas con durezas maderadas, existen tres zonas de análisis de la dureza que son el material base donde la dureza no aumenta considerablemente, la zona afectada térmicamente es en donde la dureza se incrementa considerablemente en relación al material base y el material de fundido es ligeramente superior a la del material base, dureza del material base es de 176.08HB, a la temperatura de precalentamiento de 300°C, para la junta soldada en V de 60° el promedio es de 200.4HB y para la junta soldada en V de 30° el promedio es de 179.19HB.
- La dureza está directamente relacionada con la resistencia a la tracción de los resultados obtenidos se puede observar en la figura 4.12 donde se tiene barras comparativas para cada temperatura y tipo de junta utilizado en este estudio, los datos más relevantes se ha considerado a la temperatura de 300°C para los dos tipos de juntas, siendo estos los siguientes, para la junta en V de 60° se tiene una dureza de 200.4HB y una resistencia a la tracción de 53Ksi, y para la junta en V de 30° se tiene una dureza de 179.19HB y una resistencia a la tracción de 55.66Ksi, resultados del material base dureza 176.08HB y una resistencia a la tracción de 63.3Ksi.

- La resistencia al Impacto en las juntas soldadas se redujeron al menos en un 50% respecto a la resistencia al Impacto del material base, las resistencias al Impacto para las juntas soldadas con una temperatura de precalentamiento de 300°C, para las probetas con junta en V de 60° y en V de 30° son 6.80 [J] y 6.40 [J] respectivamente.
- El ensayo de doblado guiado se lo realizo aplicando la carga en la raíz de la junta soldada y la comparación de resultados para los dos tipos de juntas (en V de 60° y en V de 60°), la junta en V de 60° tiene un porcentaje de reducción de 27.3% respecto a la resistencia del material base, la junta en V de 30° tiene una reducción del 70% respecto de la resistencia del material base, de esta manera se llega a determinar que la mejor junta soldada es en V de 60° con una temperatura de precalentamiento de 300°C, los resultados comparativos se los puede observar en la figura 4.23 en donde se detalla para los dos tipos de juntas en relación al material base.
- Para la determinación de la temperatura adecuada de obtención de juntas soldadas con buenas propiedades mecánicas se ha debido realizar varias pruebas con la variación en la temperatura de precalentamiento, y después de un riguroso análisis se llega a la conclusión de que la mejor temperatura de precalentamiento es de 300°C la misma que ofrece una junta muy idónea.
- La temperatura de 300°C es la apropiada para realizar uniones soldadas con buenas propiedades mecánicas junto con el tipo de junta en V de 60°, el capítulo IV indica tablas y figuras comparativas en detalle de cada una de los ensayos realizados en este estudio con el fin de demostrar cual es la temperatura adecuada de precalentamiento pos soldadura, el tipo de junta antes mencionado permite una mayor penetración consiguiendo de esta manera un cordón de soldadura homogéneo y libre de porosidades.
- Los porcentajes de matriz Ferrítica presenta una variación en la junta soldada motivo de la aplicación de la temperatura de precalentamiento

antes de haber realizado el proceso de soldadura, en las probetas soldadas a 300°C para la junta en V de 60° se registró un porcentaje de 76.3% en el MB y 73.3 en la ZAT, a la misma temperatura para las probetas soldadas con junta en V de 30° se registró un porcentaje de 73.2% MB y 67.8% en la ZAT respectivamente.

- En la matriz de ferrita se tiene que a medida que la temperatura de precalentamiento aumente esta disminuye y el grafito tiende a incrementar el porcentaje.
- El tamaño de grano del grafito a medida que la temperatura de precalentamiento aumenta este disminuye su tamaño en el material base, en la zona afectada térmicamente el tamaño de grano aumenta
- El tamaño de grano del grafito en el material base con la temperatura de precalentamiento de 300°C para los dos tipos de juntas de soldadura es de 5 (6 – 12mm) y en la zona afectada térmicamente es tamaño de grano tiende a incrementarse y es de 4 (12 – 24mm).

## **5.2 RECOMENDACIONES.**

- Antes de realizar un proceso de soldadura se debe identificar el tipo de hierro nodular que es, esto nos indicara cual es la temperatura de precalentamiento que se le debe realizar.
- De no contar con ninguna información sobre el material a ser soldado se debería tomar una pequeña muestra y observar en el microscopio el cual nos indicara el tipo de estructura con que cuenta dicho material brindándonos así mayor información sobre dicho material.
- La identificación del grado o tipo de material base es de muchísimo interés antes de ser soldado, ya que estos tienen varias designaciones y cada una sus propiedades y características diferentes que influyen directamente en el momento de realizar un proceso de soldadura.

- Mediante un análisis químico se puede identificar las propiedades del material base a ser soldado consiguiendo así el rango de temperaturas de precalentamiento para el proceso de soldadura SMAW con la temperatura de precalentamiento identificada se reducen las probabilidades de agrietamiento en la junta soldada y se conseguirá buenas propiedades en la mecánicas.
- Para la realización de la unión de tubería de agua de hierro nodular grado 60-42-10 con el método SMAW se recomienda la utilización de un electrodo con base níquel del tipo AWS ENi – CI, y una temperatura de precalentamiento de 300°C.
- Se debe tener presente ciertas precauciones del material base en lo que se refiere a su preparación antes de realizar un proceso de soldadura, se debe eliminar todo residuo de grasa, aceite, polvo, oxido, u otros materiales extraños que pueda existir. Para la eliminación de grasa y aceite se emplea el torchado llama oxiacetilénica que permite su evaporación también se pueden emplear solventes, para la eliminación de polvo y oxido se emplea cepillos de alambres. Si no se efectúa una buena preparación superficial se corre el riesgo realizar un proceso de soldadura ineficiente, en la que puede existir agrietamiento, porosidad u otro que al poner en servicio la pieza esta llegaría a fallar de inmediato.
- El precalentamiento de la pieza se debe considerar si se hará local o totalmente dependiendo de las dimensiones de la misma, con el fin de evitar la formación de cementita o martencita.
- Con el fin de conseguir una correcta aplicación de la soldadura y evitar picos altos de temperatura es recomendable soldar en tramos cortos de 50 a 100 mm en forma alternada también con el fin de no retener demasiado tiempo en el punto de fusión de la soldadura, consiguiendo así que se enfríe después de cada cordón hasta que la operación quede concluida correctamente.

- No es recomendable soldar a tope debido a que no se conseguirá una penetración adecuada y la unión resultara débil.
- Monitorear y mantener la temperatura de precalentamiento con el fin de no tener picos altos ni muy bajos de la temperatura y así conseguir cordones de soldadura libre de poros y grietas.
- Es recomendable después de cada cordón de soldadura realizar un proceso de martillado suave con el fin de aliviar tensiones internas que se producen por la dilatación y contracción, esto por la poca ductilidad que posee el hierro fundido.
- Después de cada pasada de soldadura es recomendable realizar una limpieza de la escoria a fin de reducir atrapamientos de la misma que pueden producir poros.
- Asegurar un enfriamiento lento con uniformidad de toda la pieza posterior a la soldadura reduce la formación de martensita, cementita, tensiones internas y fisuras que pueden producirse por choque térmico de las corrientes de aire o un ambiente frío, la forma de asegurar un enfriamiento lento es con el uso polvo de asbesto, cal en polvo, arena, cenizas calientes, o en un horno caliente.
- Durante el proceso de soldadura se recomienda utilizar la indumentaria de seguridad adecuada con el fin de evitar quemaduras.
- Los electrodos deben estar completamente libres de humedad cuando sean utilizados, la aparición de poros en la soldadura se origina debido a la humedad presente en los electrodos, si los electrodos no tuvieron un correcto almacenamiento estos deben ser recocidos en un horno a 120°C por una hora.
- Para la obtención de probetas con la utilización de discos de corte abrasivos se debe tratar en lo posible de no afectar térmicamente ya que estos puede distorsionar los datos que se obtengan en los distintos ensayos a realizar.

- El mecanizado de las probetas para cada tipo de ensayo a realizar con la menor velocidad de corte posible, al utilizar velocidades elevadas también sube la temperatura del material afectando las propiedades del mismo, con lo que se conseguirían datos irreales.
- Las dimensiones de las probetas deben estar basadas según la norma de cada ensayo que se ha de realizar.
- Antes de realizar los ensayos se debe revisar que los equipos y maquinas se encuentren en perfecto estado de funcionamiento con el fin de conseguir datos reales y no erróneos.
- Durante el ensayo de Impacto se debe tener mucho cuidado con el martillo este puede ocasionar daños severos en las extremidades de la persona que esté utilizando esta máquina.
- Las probetas del ensayo metalográfico deben estar muy bien pulidas, pues caso contrario no se podrá conseguir observar las distintas zonas o aparecerá con rayones lo que impide ver claramente.
- Durante el ataque químico se debe tener mucha precaución con la utilización de los reactivos, se debe utilizar protección ocular y guantes.
- Se debe tener mucho cuidado de no quemar la superficie que se observara al microscopio, para detener el ataque químico es recomendable tener cerca un chisguete de agua.

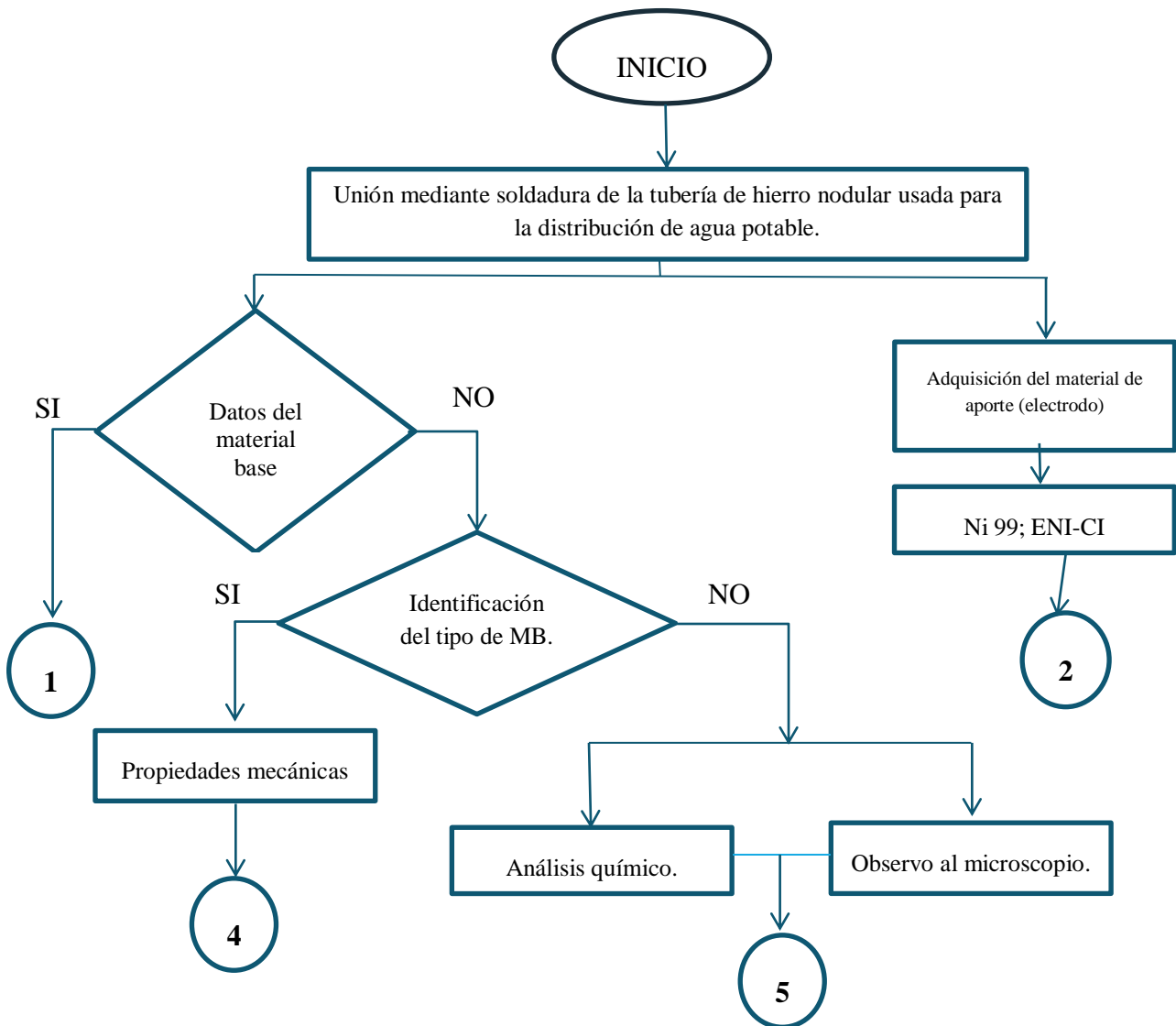


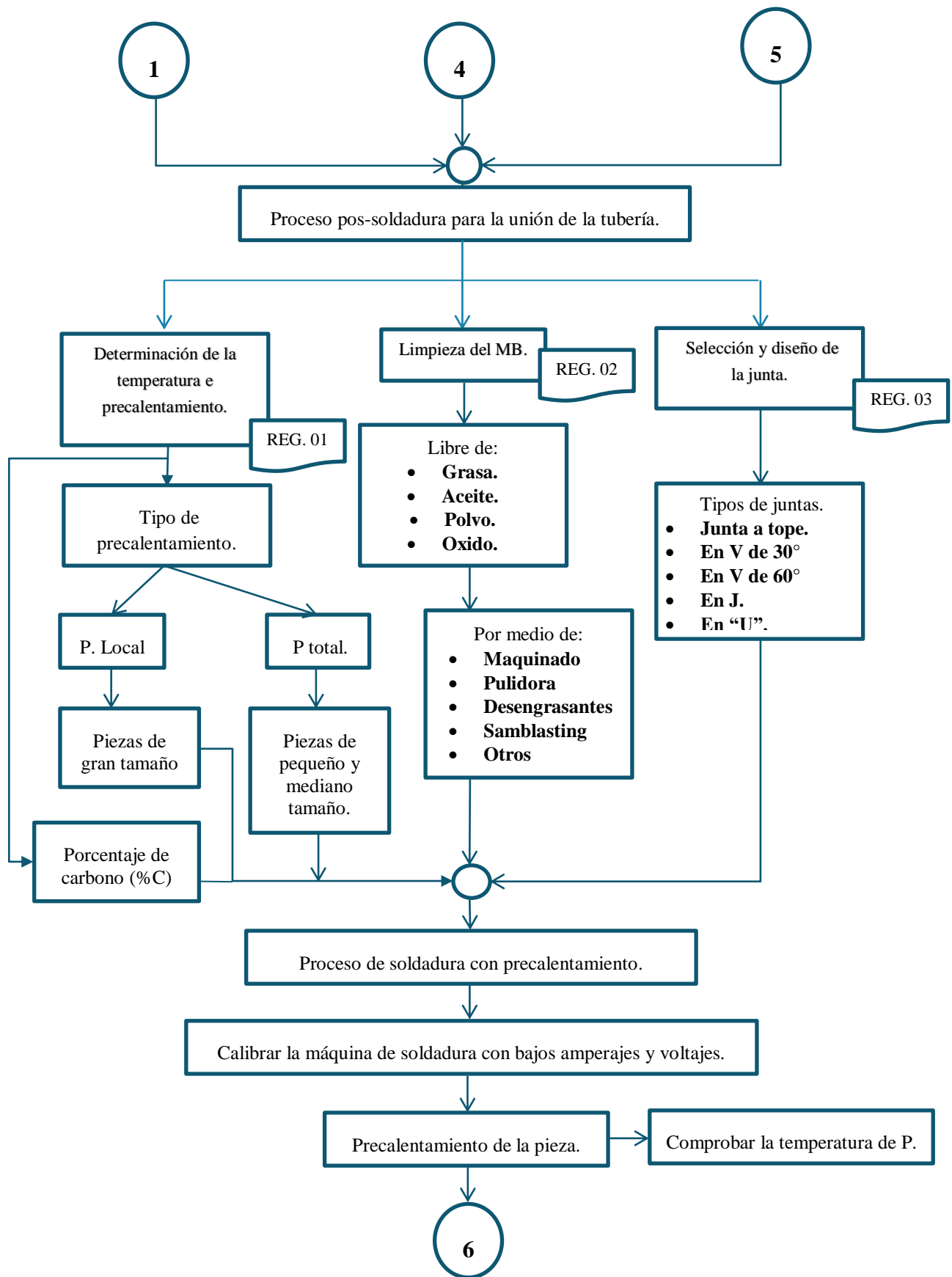
## CAPITULO VI

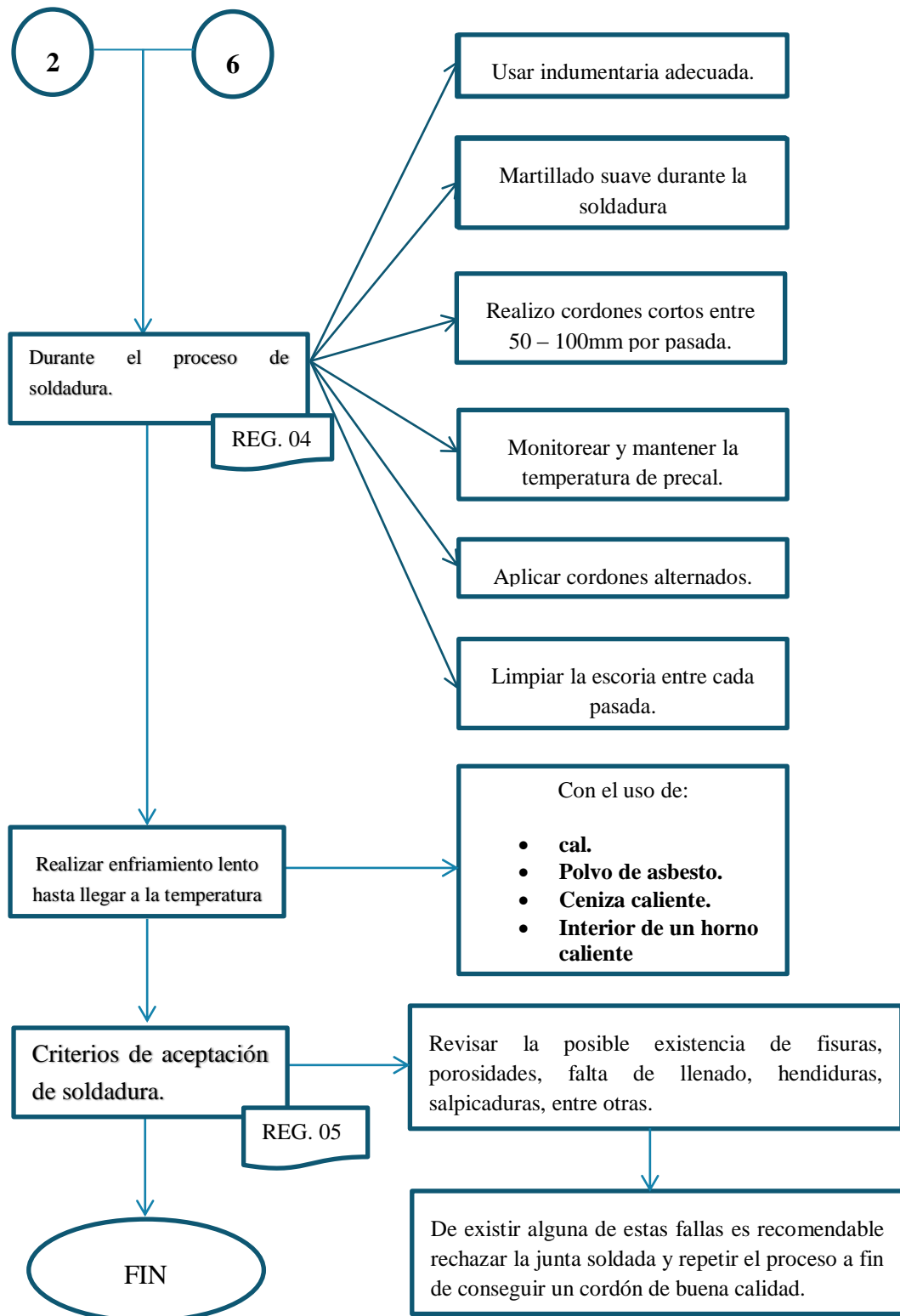
### 6 PROPUESTA

#### “PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA SMAW DE TUBERÍA DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA”

##### 6.1 FLUJO GRAMA DEL DESARROLLO DE LA PROPUESTA.







Fuente: Milton Aldas

## 6.2 DATOS INFORMATIVOS.

Ya con la finalización del estudio y la determinación de la temperatura adecuada de precalentamiento para la unión de tuberías de agua de hierro nodular soldadas mediante soldadura SMAW, se tiene una información muy valiosa ya que esta no se encuentra difundida en nuestro país, por lo que resultaría muy favorable realizar un manual de procedimiento de soldadura apropiado para la industria que se dedica a realizar este tipo de uniones soldadas.

Con el precalentamiento se asegura un enfriamiento lento de la junta soldada contribuyendo así la reducción de formaciones micro-estructurales perjudiciales en la región soldada, las temperaturas de precalentamiento varían desde 50 – 550°C esta temperatura depende mucho del porcentaje de carbono que puede contener el material base a ser unido mediante soldadura.

El objetivo de realizar un precalentamiento previa a la soldadura radica en reducir al mínimo la formación de estructuras duras y frágiles en especial en la ZAT, además se consigue una solidificación de la soldadura con menos esfuerzos ya que la contracción es más uniforme, las necesidades de precalentamiento aumentan debido a muchos factores como contenido de carbono, elementos aleantes, tamaño de la pieza, temperatura inicial, entre muchos otros factores.

Una vez adquirido el material base se procedió a determinar el tipo de hierro nodular con que se contaba, esto se realizó mediante ensayos mecánicos así como también con el análisis químico, con la adquisición de datos se procedió a realizar comparaciones en base a la norma ASTM A356, libro metal Handbook Vol. 9, llegando a determinar que se trataba de una fundición grado 60-42-10 utilizada para tubería de agua centrifugada, del análisis químico realizado se tomó el porcentaje de carbono y se procedió a realizar el cálculo del carbono equivalente con lo que se determinó la temperatura de precalentamiento recomendable para realizar la soldadura SMAW, se procedió a realizar el proceso de soldadura con varias temperaturas de precalentamiento incluyendo la temperatura calculada, basando en ensayos mecánicos se llegó a determinar la temperatura que dio las mejores las mejores propiedades mecánicas en la junta soldada, siendo la

temperatura de 300°C de precalentamiento adecuada para este tipo de fundición nodular grado 60-42-10.

Los ensayos para adquirir datos se los tomo de pruebas realizadas en los laboratorios de materiales de ingeniería Civil, laboratorio de ciencia de materiales de ingeniería mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, y laboratorio de análisis de esfuerzos de ingeniería mecánica, el departamento de metalurgia extractiva de la Escuela Politécnica Nacional, los equipos utilizados para ensayar las probetas de la presente investigación son: la maquina universal, el durómetro, péndulo Charpy, el banco de lijas la pulidora de acabado y el microscopio. Estos equipos resultaron ser de gran importancia para la realización de esta investigación.

### **6.3 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.**

Los estudios existentes de soldadura por arco eléctrico de hierro nodular son escasos y limitados, la mayoría de estos están enfocados a otros fines y muy difícilmente se puede encontrar el desarrollo de un procedimiento de soldadura SMAW para la unión de tuberías de hierro nodular, con el desarrollo de un procedimiento de soldadura se pueda conseguir uniones soldadas con buenas propiedades mecánicas en la junta soldada, centrados en la temperatura de precalentamiento del material base, en comparación con otros procesos de soldadura el proceso SMAW es el más económico y el más encontrado en nuestro medio.

Debido a la dificultad de realizar reparaciones o uniones de tuberías de hierro nodular con buenas propiedades mecánicas mediante soldadura SMAW muchos han realizado uniones soldadas empíricamente, encontrándose con fallos repetitivos en el proceso lo que resulta ser muy costoso para la industria, esto por el desconocimiento de los beneficios de realizar un precalentamiento pos-soldadura en el material base con el que se pueden conseguir buenas propiedades mecánicas en la junta soldada, siendo esta la principal necesidad de realizar un manual de procedimiento de soldadura SMAW con precalentamiento en el material base.

Una temperatura de precalentamiento adecuada en el hierro fundido nodular reduce los problemas de excesiva dureza en la zona afectada térmicamente, la aparición de microestructuras no deseadas como martencita y cementita, el tamaño del grafito y que la distribución sea uniforme, la aparición de grietas, la soldadura se solidifica con menos esfuerzos debidos a la contracción del material base y se mejora la ductilidad, para la demostración de esto se realizó probetas soldadas con la variación en la temperatura de precalentamiento y la temperatura calculada del material base, para poder así llegar a la conclusión de realizar un procedimiento de soldadura SMAW en función de la temperatura de precalentamiento del material base, con la que se determinó las mejores propiedades mecánicas en la junta soldada de hierro nodular.

#### **6.4 JUSTIFICACIÓN.**

Con el análisis de la temperatura de precalentamiento del material base de hierro nodular previo a realizar un proceso de soldadura, permitió determinar la temperatura adecuada de precalentamiento para realizar uniones soldadas con buenas propiedades mecánicas en la junta soldada, para la determinación de la temperatura adecuada de precalentamiento se consideró evaluar varias probetas soldadas con diferentes temperaturas de precalentamiento, de esta forma se determinó los cambios que esta sufre al variar la temperatura en el material base, y de esta manera se contribuye a la industria.

La fundición nodular es una de las más utilizadas para la producción de tubería de agua potable o de alcantarillado en todo el mundo por sus excelentes propiedades mecánicas como, resistencia al Impacto, resistencia a la tracción, es flexible sin perder su durabilidad, es resistente a la corrosión, auto-lubricante, capacidad de absorber vibraciones, el grafito tiene la forma de nódulos a diferencia de la fundición gris que es en forma de escamas, hoy en día este material también se encuentra reemplazando muchas piezas y elementos de máquinas que eran de fundición gris por ser más resistente que esta, por tal motivo es de mucho interés la realización de un manual de procedimiento de soldadura de este tipo de material que mucho se está empleando en dientes sectores de la industria.

El precalentamiento del hierro fundido nodular es la forma más efectiva de realizar cordones de soldadura libres de grietas, poros, reducción de estructuras duras y frágiles, la estructura se solidifica con menos tensiones internas, etc., por tal motivo se ha visto la necesidad de realizar un manual de procedimiento de soldadura SMAW que pueda ser utilizado a fin de realizar uniones soldadas así como reparaciones de este tipo de material.

## **6.5 OBJETIVOS**

### **6.5.1 Objetivo general.**

Realizar un manual técnico de soldadura SMAW para tubería de hierro nodular, con la aplicación de precalentamiento basados en las propiedades del material base, que permita obtener buenas propiedades mecánicas en la junta soldada.

### **6.5.2 Objetivos específicos.**

- Determinar la temperatura adecuada de precalentamiento según el grado del material base que será soldado.
- Especificar los principales tipos de juntas que se utilizan para realizar uniones soldadas de tuberías.
- Evaluar la junta soldada mediante ensayos de resistencia a la tracción, ensayo de flexión, ensayo de Impacto, dureza, y determinar las propiedades mecánicas.
- Establecer la influencia que tiene la temperatura de precalentamiento en la microestructura de la junta soldada.

## **6.6 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.**

La propuesta es factible de realizar ya que se cuenta con la información necesaria y adecuada sobre el tema de investigación así como también se cuenta con instrumentos de apoyo para la realización de la soldadura de la tubería de hierro fundido nodular, dicha información se detalla como: normativa, estudios antes realizados, recurso humano, materiales e instrumentos, laboratorios, etc., la

soldadura fue realizada con precalentamiento de la tubería de hierro fundido nodular el proceso de precalentamiento se realizó en una fragua la temperatura requerida fue identificada con un pirómetro, la soldadura fue realizada por un soldador calificado, el enfriamiento se lo realizo en cal, los ensayos mecánicos fueron realizados en laboratorios de la facultad de ingeniería mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, el ensayo de tracción fue realizado en los laboratorios de análisis de esfuerzos de la Escuela Politécnica Nacional, con los ensayos realizados se logró conseguir e identificar las propiedades mecánicas de la junta soldada.

## **6.7 FUNDAMENTACIÓN**

La información recolectada se detalla en los capítulos II, IV y V los mismos que se encuentran relacionados con el marco teórico y análisis e interpretación de resultados, conclusiones y recomendaciones del estudio realizado, fundamentándose de esta manera la presente investigación, el principal factor que interviene en la soldadura de hierro fundido nodular es la temperatura de precalentamiento muy fundamental para obtener buenas propiedades mecánicas en la junta de soldadura, la determinación de esta temperatura se lo realizo con fundamentos teóricos y experimentales necesarios a fin de obtener buenos resultado.

A continuación se detallan resultados de los ensayos realizados en el material base sin soldadura y con la aplicación de la temperatura de precalentamiento de 300°C en el material base para realizar el proceso de soldadura, luego de realizado el proceso de soldadura en donde se detalla las propiedades mecánicas de la junta soldada con esta temperatura de precalentamiento en la tubería de hierro fundido nodular grado 60/42/10 según la norma ASTM A536.

### **6.7.1 Propiedades del material base.**

El material base adquirido presenta las siguientes propiedades mecánicas las mismas que eran desconocidas y mediante la obtención de probetas se realizó ensayos, con lo que se consiguió la identificar el grado en función de las propiedades obtenidas, las propiedades son las siguientes:



**Tabla 6.1** Principales propiedades del material base.

<b>PROPIEDADES DEL MATERIAL BASE.</b>	
<b>Propiedad</b>	<b>Resultado</b>
Carbono equivalente	4.534%
Carbono total	3.770%
Resistencia a la tracción	63.3 Ksi
Resistencia a la flexión	165.4 Kgf
Resistencia al Impacto	15.68 J
Dureza Brinell	176.08 HB
Tamaño de grano	5 (6 – 12mm)
Forma del grafito	[VI] Nodular
Matriz	Ferrítica
Ferrita	75%
Grafito	25%

Fuente: Milton Aldás

### **6.7.2 Resultados del ensayo de tracción.**

Para el ensayo de tracción se tomó en cuenta la norma ASTM E8 (Anexo C6) donde se cuenta con todas las especificaciones para la realización de este ensayo.

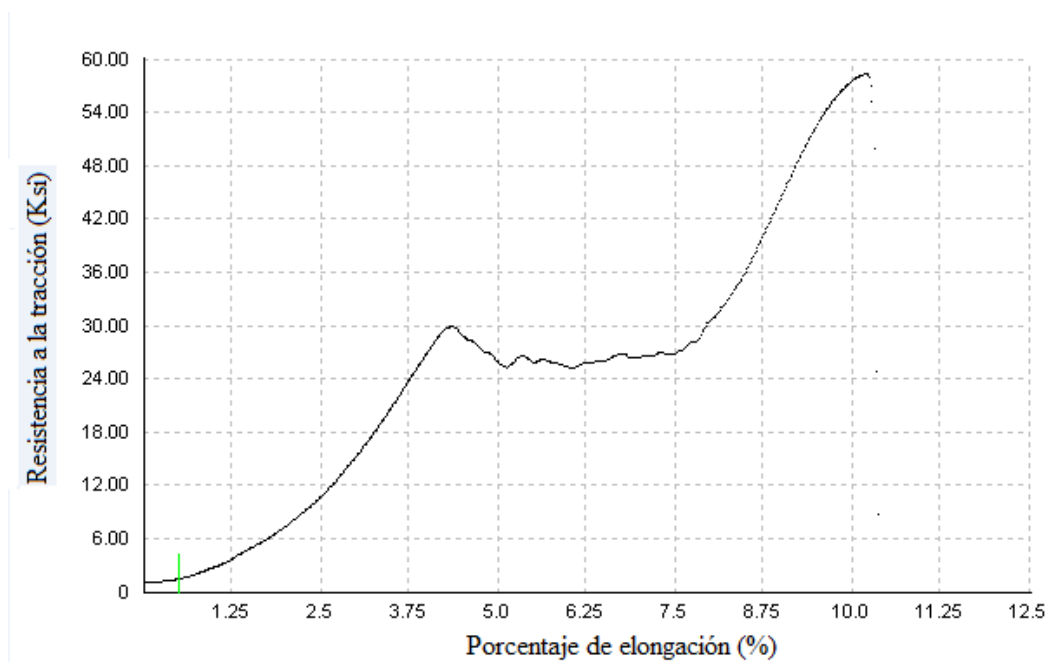
A continuación se detalla los resultados de una de las probetas ensayadas a tracción:

Número de probeta	1.3.5
Longitud de calibración.	32.2 [mm]
Área promedio	20.46 [mm <sup>2</sup> ]

**Tabla 6.2 Resultados del ensayo de tracción.**

Resultados obtenidos.		
Carga máxima registrada.	2030 [Lbf]	9030 [N]
Resistencia a la tracción.	58.4 [Ksi]	402.4 [Mpa]
Observación.	La falla el material base.	

Fuente: Milton Aldás



**Figura 6.1 Curva resistencia VS porcentaje de elongación de la probeta 1.3.5 soldada con una temperatura de precalentamiento de 300°C.**

Fuente: Milton Aldás

De la figura 6.1 se observa que el soporte de carga máxima es de 2030 [Lbf] la misma que llega a una resistencia a la tracción de 58.4 [Ksi] y un porcentaje de deformación del 10.2% siendo estos valores muy cercanos a la resistencia del material base sin soldadura.

### 6.7.3 Resultados del ensayo de flexión.

Para el ensayo de flexión se tomó en cuenta la norma ASTM E190 – 92 (Anexo C10) donde se cuenta con todas las especificaciones para la realización de este ensayo.

Número de probeta	1.3.(1,2,3,4,5)
Ancho	38 [mm]
Espesor	3.2 [mm]
Longitud	6 [in]

**Tabla 6.3** Resultados del ensayo a flexión para la junta soldada con precalentamiento de 300°C.

Resultados del ensayo a flexión		
Número de probeta	Carga en Kgf	Observación
1.3.1	130.7	FJS
1.3.2	144.6	FJS
1.3.3	167.9	FMB
1.3.1	152.4	FMB
1.3.5	148.9	FMB
<b>Promedio</b>	<b>148.9</b>	<b>NA</b>

Fuente: Milton Aldás

**Nota:**

**FJS** = Falla la junta soldad

**FMB** = Falla material base.

#### 6.7.4 Resultados del ensayo de dureza.

Para el ensayo de dureza se consideró dos métodos el método rockwell B y el método Rockwell C, según la zona en donde se desea realizar la medición de dureza.

	Método Rockwell B	Método Rockwell C
Carga aplicada.	980 [N]	1471 [N]
Tipo de indentador.	Bola de acero de 1/16 [in]	Cono de diamante.

Fuente: Milton Aldás

**Tabla 6.4** Resultados del ensayo de dureza para la junta soldada con precalentamiento de 300°C.

Resultados del ensayo de dureza.			
Zonas	X mm	Dureza	Dureza HB
MA	0	99.5HRB	238
MA	0.2	99.1HRB	235.1
MA	0.4	98 HRB	227.3
ZAT	0.6	24 HRC	247
MB	0.8	89 HRB	178.9
MB	1.0	89 HRB	178.9
MB	1.2	85 HRB	162
MB	1.4	90 HRB	183.2
MB	1.6	89 HRB	178.9
MB	1.8	88 HRB	174.7
<b>Promedio:</b>		<b>NA</b>	<b>200.4</b>

Probeta de dureza en mm.

Fuente: Milton Aldás

Las mediciones de dureza se las realizo con separaciones de 2[mm] entre cada indentación realizada en la probeta, el número de mediciones realizada fue de 10, la dureza promedio alcanzada es de 200.4 [HB].

#### 6.7.5 Resultados del ensayo de Impacto.

Para el ensayo de Impacto se tomó en cuenta la norma ASTM E23 (Anexo C9) donde se cuenta con todas las especificaciones para la realización de este ensayo.

**Tabla 6.5** Resultados de ensayo de Impacto para la junta soldada con una temperatura de precalentamiento de 300°C.

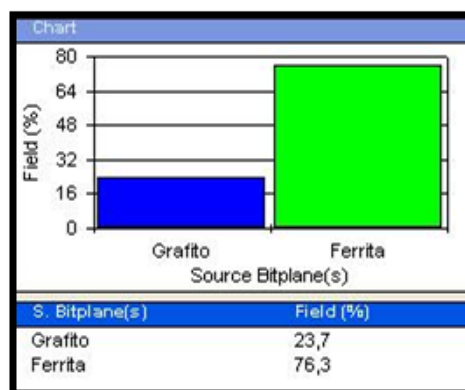
Resultados del ensayo de Impacto Charpy probetas soldadas con junta en V de 60° con precalentamiento de 300°C.					
Probeta N°	dimensiones de probetas			energía de Impacto(J)	* Obs.
	altura (mm)	base (mm)	área(mm <sup>2</sup> )		
1,3,1	10,70	4,80	51,36	6,00	FJS
1,3,2	10,80	4,60	49,68	8,00	FJS
1,3,3	10,90	4,77	51,99	5,00	FJS
1,3,4	10,50	4,50	47,25	7,00	FJS
1,3,5	10,92	4,65	50,78	8,00	FJS
<b>promedio</b>	<b>10,76</b>	<b>4,66</b>	<b>50,21</b>	<b>6,80</b>	<b>N/A</b>

Fuente: Milton Aldás

### 6.7.6 Componentes micro-estructurales de la junta soldada.

Los componentes de la microestructura se los determino con la ayuda de un software (Clemex), adecuado para este tipo de análisis que mediante la captación de una imagen con el uso del microscopio esta puede ser analizada y determinar los componentes de la microestructura y llegar a establecer la variación de porcentajes de componentes en función a la temperatura de precalentamiento que se le dio al material base antes de realizar el proceso de soldadura.

#### 1. Resultados del material base.



**Figura 6.2** Porcentajes de la microestructura del metal base de la junta soldada con precalentamiento de 300°C.

Fuente: Milton Aldás

La figura 6.2 indica los porcentajes de componentes micro-estructurales del material base de la junta soldada con una temperatura de precalentamiento de 300°C, que indica una composición de 23.7% de Grafito y un 76.3% de ferrita la matriz es Ferrítica, debido a la temperatura de precalentamiento aplicada la variación de estos porcentajes no es tan significativa.

2. Zona afectada térmicamente.

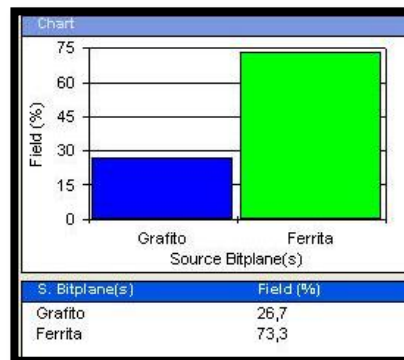


Figura 6.3 **Porcentajes de la microestructura de la zona afectada térmicamente de la junta soldada con precalentamiento de 300°C.**

Fuente: Milton Aldás

La figura 6.3 indica los componentes de la microestructura en la zona afectada térmicamente de la junta soldada con una temperatura de precalentamiento de 300°C en donde se observa los porcentajes de Grafito un 26.7% y de Ferrita 73.3% de matriz Ferrítica.

3. Metal de aporte.

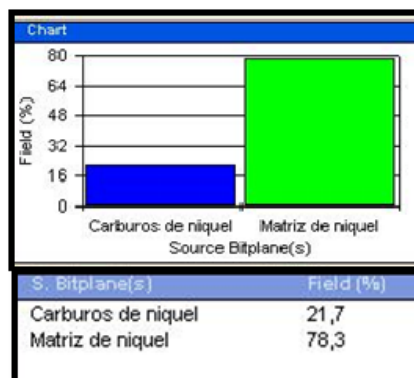




Figura 6.4 **Porcentajes de la microestructura del metal aporte la junta soldada con precalentamiento de 300°C.**

Fuente: Milton Aldás

En la figura 6.4 para los porcentajes de metal de aporte de la junta soldada con una temperatura de precalentamiento de 300°C se observa que está compuesta por un 21.7% de carburos de níquel con pequeñas cantidades de carbono, y un 78.3% de níquel que corresponde a la matriz.

## 6.8 METODOLOGÍA.

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>		
<b>PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.</b>			
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.
<p><b>1. OBJETIVO.</b></p> <p>Realizar un procedimiento técnico para la unión mediante soldadura SMAW de tuberías de hierro nodular con la aplicación adecuada de la temperatura de precalentamiento.</p> <p><b>2. ALCANCE.</b></p> <p>Este procedimiento permitirá realizar uniones y reparaciones soldadas con precalentamiento de tuberías de hierro nodular con el proceso SMAW.</p> <p><b>3. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA.</b></p> <p>Este procedimiento está basado en los análisis desarrollados y sustentados en los capítulos II y IV de la investigación realizada.</p> <p><b>4. GENERALIZACIÓN.</b></p> <p>Muchos procesos de soldadura SMAW de hierro fundido nodular son de reparación y muy limitados son los procesos de unión de tuberías de hierro fundido nodular con la aplicación de precalentamiento, el alto contenido de carbono del hierro fundido limita las posibilidades de soldar de esta también mucho depende la temperatura que a la que se debe precalentar la pieza, de la limpieza depende mucho el éxito del proceso este debe ser intachable seca y libre de grasa. Antes de llevar a cabo el proceso de soldadura se debe precalentar a la temperatura determinada según el contenido de carbono.</p>			





**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA  
 SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS  
 PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

Con el precalentamiento ayuda a prevenir el agrietamiento en frío, reduce la dureza en la zona afectada térmicamente, tensiones residuales, la velocidad de enfriamiento es lenta, etc., el metal base es más fácil de ser soldado obteniendo así buenas propiedades mecánicas en la junta soldada.

### **5. REALIZACIÓN.**

Para el proceso de unión mediante soldadura SMAW de la tubería de agua de hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10 son los siguientes pasos:

- 5.1 Adquisición de la tubería.
- 5.2 Identificación del tipo o grado del material.
- 5.3 Registros
- 5.4 Preparación de la junta en la tubería.
- 5.5 Limpieza.
- 5.6 Proceso de precalentamiento.
- 5.7 Proceso de soldadura.



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

**5.1 ADQUISICIÓN DE LA TUBERÍA.**

La muestra de tubería de hierro fundido nodular fue adquirida en un centro de reciclaje.



Figura 6.5 Muestra de tubería de hierro fundido nodular

Fuente: Milton Aldás.

**5.2 IDENTIFICACIÓN DEL TIPO O GRADO DEL MATERIAL.**

La identificación del tipo de material base es de mucha importancia, para la selección del material de aporte, el procedimiento más apropiado de soldadura, la determinación de la temperatura de precalentamiento, etc. Lo que significa que se debe tener en cuenta métodos confiables de identificación de metales, en el caso de no contar con un catálogo de fabricante. El procedimiento que se utilizó para la identificación del tipo de material base es: Análisis químico, ensayos mecánicos (tracción, flexión, dureza, Impacto), metalográfico.



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA  
SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS  
PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

### 5.2.1 ANÁLISIS QUÍMICO.



Con el análisis químico se obtuvieron en detalle todos los porcentajes de componentes con que está compuesto el material base antes de iniciar la investigación, este análisis fue realizado empleando el Espectrómetro de Chispa marca BRUKER modelo Q4TASMAN de la Escuela Politécnica Nacional. Las dimensiones de la probeta son de 30 X 30 [mm]. Los resultados del análisis químico se muestran en el Anexo A1.



Tabla 6.6 **Muestra para análisis químico.**  
Fuente: Milton Aldás

### 5.2.2 ENSAYO DE TRACCIÓN.

Con las probetas de material base de hierro fundido nodular maquinadas correctamente según las especificaciones de la norma ASTM E8 (Anexo C6), se procede a realizar el ensayo a fin de obtener información del comportamiento mecánico bajo la aplicación de carga a tracción, el ensayo se realiza en la maquina universal de 30 toneladas. El procedimiento para el ensayo de tracción es el siguiente:

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>	
---	---	---

**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

**1. Obtención de probetas.**

Para la obtención de probetas se procede a cortar tiras de muestras de la tubería de hierro nodular en sección longitudinal, para luego ser estas maquinadas bajo las especificaciones de la norma ASTM E8, es de mucha importancia que las probetas cumplan con las dimensiones y condiciones de la norma, esto nos permitirá realizar un correcto análisis de resultados.



**Figura 6.6 Probetas para el ensayo de tracción.**

Fuente: Milton Aldás



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



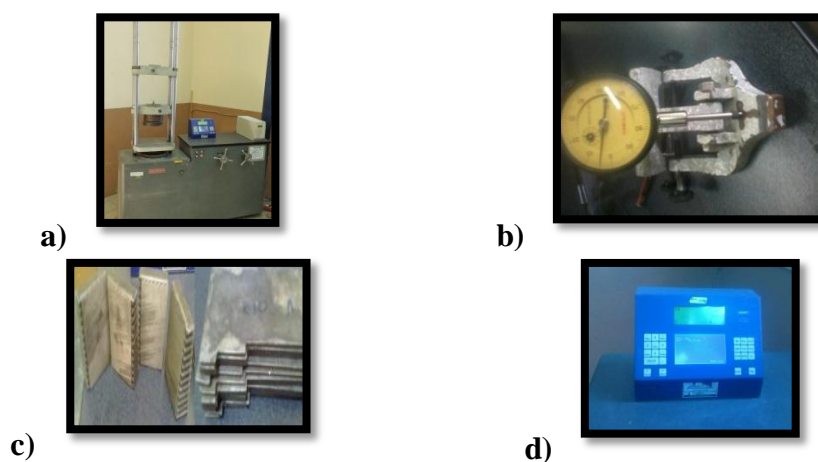
**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA  
 SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS  
 PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

**2. Realización del ensayo.**

El ensayo se realiza en la maquina Universal en donde se deforma la probeta hasta alcanzar la rotura de la misma, la carga axial aplicada sobre al probeta es controlada y a medida que esta sigue aumentando se van registrando datos, esto se hace hasta cuando se alcanza la fractura de la probeta. El proceso a seguir es el siguiente:

- A. Colocar las mordazas y alzas para sujetar la probeta.
- B. Montar la probeta y precargo la maquina universal.
- C. Coloco el deformímetro para registrar datos de deformación.
- D. Inicio el ensayo aplicando carga controlada y registro datos observados en el monitor de visualización de carga.



**Figura 6.7 Instrumentos de la maquina universal a) Maquina universal, b) deformímetro, c) monitor de visualización, d) mordazas y alzas.**

Fuente: Milton Aldás



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA  
 SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS  
 PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

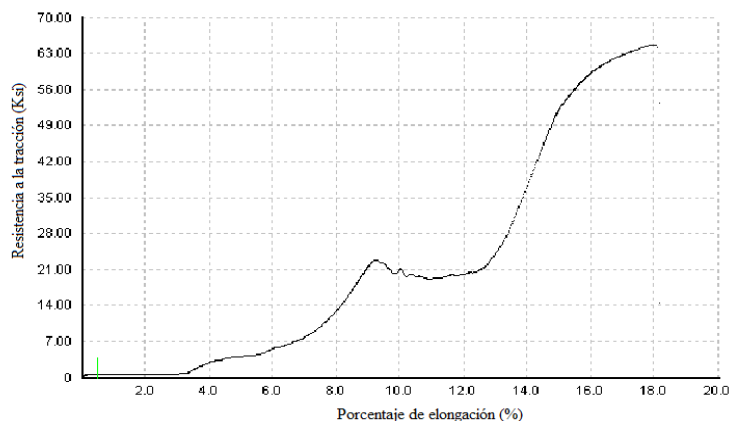
<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

**Análisis de resultados:** Los resultados obtenidos del ensayo de tracción realizados se analizaron con la realización de una curva, la información recolectada resulta necesaria para la identificación del tipo o grado de hierro fundido nodular, guiando en la norma ASTM A536 (Anexo C3).

**Tabla 6.7** Resultados del ensayo a tracción realizado para la probeta de material base # 0.0.4

<b>Resultados del ensayo a tracción.</b>	
<b>Descripción del análisis</b>	<b>Resultados</b>
Longitud de calibración	32 mm
Carga máxima registrada	2580 Lbf
Resistencia a la tracción max.	64.2 Ksi
Porcentaje de deformación max.	18%
Área	25.73 mm <sup>2</sup>

Fuente: Milton Aldás



**Figura 6.8** curva de resistencia a la tracción VS porcentaje de deformación.

Fuente: Milton Aldás



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.



**5.2.3. ENSAYO DE FLEXIÓN.**

1. **Probetas para el ensayo de flexión:** Con la realización de este ensayo se determinara la carga a flexión que puede soportar el material base de hierro fundido nodular, consiguiendo así datos valiosos para realizar comparaciones con catálogos de fabricantes de tuberías y llegar a determinas el grado del material al que corresponde. La norma utilizada para este ensayo es la ASTM E190-92 (Anexo C10). El ensayo se realiza en la maquina universal de 30 Tn.



**Figura 6.9** Probetas de para el ensayo de flexión guiado.

Fuente: Milton Aldás

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>	
---	---	---

**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

**2. Realización del ensayo de flexión:** Para la realización de este ensayo se debe cumplir con las especificaciones de la norma ASTM E 190-92 en sus dimensiones de la probeta así como las dimensiones de la matriz a ser utilizada, esto con el fin de no alterar los datos del ensayo y obtener buenos resultados que puedan ser fiables y comparables. Paso para la realización del ensayo de flexión:

- A.- Colocar la matriz en la maquina universal.
- B.- Monto una probeta.
- C.- Precargo la máquina.
- D.- Realizo el ensayo y registro los datos.

Los instrumentos del ensayo son:



a)

b)

c)

**Figura 6.10 Instrumentos del ensayo de flexión a) maquina universal, b) matriz de flexión, c) monitor de visualización de datos.**

Fuente: Milton Aldás





**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA  
 SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS  
 PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

**3. Análisis de resultados:** El resultado obtenido del ensayo de flexión servirá de información muy necesaria para la identificación del grado del material base.

**Tabla 6.8** Resultados del ensayo de flexión.

Descripción de la probeta	Resultados
Longitud	160 mm
Ancho	38 mm
Espesor	3.8 mm
Carga máxima soportada	188.2 Kgf
Número de probeta	0.0.2

Fuente: Milton Aldás



**Figura 6.11** Probeta de material base sometida a flexión.

Fuente: Milton Aldás



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA  
 SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS  
 PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

**5.2.4 ENSAYO DE DUREZA.**

Con la realización de este ensayo se puede medir la resistencia que opone un material a la penetración de un cuerpo más duro sin llegar a destruir el material base, existen varios métodos de medición de dureza el método utilizado para este estudio es de dureza Rockwell B se pueden seguir los siguientes pasos:

- **Obtención y preparación de la probeta.**
- **Calibrar el durómetro o máquina de ensayos de dureza.**
- **Ejecutar el ensayo de dureza y registrar datos.**
- **Análisis de resultados.**

**1. Obtención y preparación de la probeta:** Cortar un pedazo me material base, la superficie a ser analizada debe estar pulida con el fin de eliminar irregularidades superficiales, las dos caras deben ser completamente planas.



**Figura 6.12 a) Banco de lijas para el pulido, b) probeta pulida.**

Fuente: Milton Aldás



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**

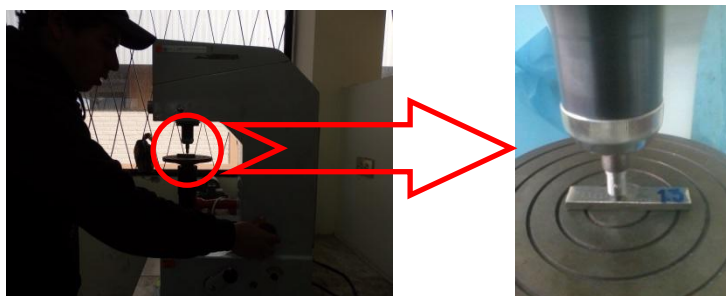


**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA  
SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS  
PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

**2. Calibración del durómetro:** Esta etapa se realiza según el tipo de material que se desea realizar el ensayo de dureza, los aspectos principales que se deben tomar en cuenta son, la carga que se aplicara, el tipo de indentador, la carga adecuada para el ensayo de dureza en hierro fundido es 980 N, el tipo de indentador es de bola de acero de 1/16 in.

**3. Ejecución del ensayo de dureza y registro de datos:** Colocamos la probeta en el centro del durómetro, la probeta debe ser lo más plana posible a fin de que esta no se mueva, ajustamos hasta que haga contacto el indentador con la probeta y observamos en la pantalla de visualización hasta que llegue a 100 la precarga, en ese momento aplicamos la carga de 980N y registramos la dureza que indica el durómetro.



**Figura 6.13 Ensayo de dureza.**

Fuente: Milton Aldás



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA  
SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS  
PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

**3. Análisis de resultados:** Con los resultados del ensayo de dureza realizado en 10 puntos diferentes de la probeta se obtuvo un promedio el mismo que servirá como dato de análisis y comparación para la determinación del tipo de material base, comparando con la norma ASTM A536.



**Figura 6.14 Probeta de dureza ensayada en 10 puntos.**

Fuente: Milton Aldás

El promedio de dureza obtenido es de 176.08 [HB] con esta dureza obtenida se procedió a realizar la comparación con la norma antes mencionada.



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA  
SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS  
PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

### 5.2.5 ENSAYO DE IMPACTO.

Con la realización de esta ensayo se consiguió datos sobre el comportamiento a Impacto del material base ante un golpe instantáneo que puede sufrir la probeta y así determinar qué tan frágil resulta el material, lo que nos permite tener una referencia de propiedades que nos servirán como referencia de comparación, el procedimiento del ensayo de Impacto es el siguiente:

**1. Obtención y preparación de probetas:** Para la obtención de probetas se debe guiar en la norma ASTM A23 (Anexo C9) donde se tiene las dimensiones para cada probeta según el espesor del material base, las probetas deben ser maquinadas con bajas velocidades de corte a fin de no sufrir recalentamientos que pueden modificar las propiedades de la misma.



Figura 6.15 Probetas para ensayo de Impacto.

Fuente: Milton Aldás



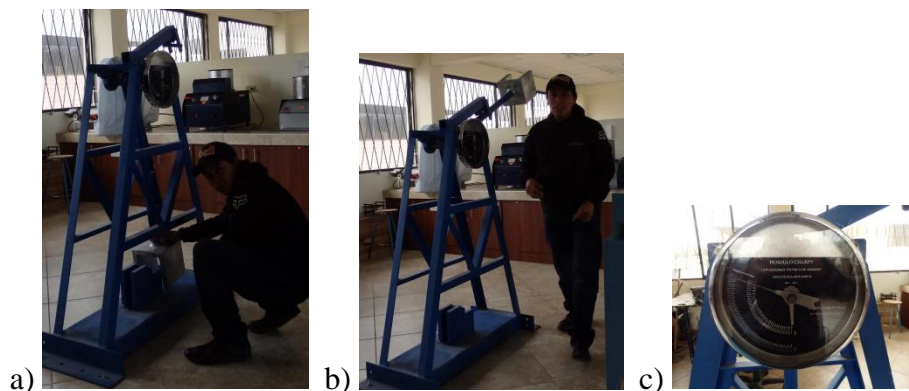
**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA  
SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS  
PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**



<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

**2. Realización del ensayo de Impacto:** La pluma de registro debe estar en perfecto funcionamiento para no tener datos erróneos en la ejecución del ensayo, la colocación de la probeta en la máquina de Impacto debe ser muy bien ubicada en este paso también se debe tener mucho cuidado ya que se puede sufrir un accidente con el martillo de Impacto, ya para el registro de datos el proceso es simple colocamos la probeta, elevamos el martillo, dejamos caer, observamos el reloj de marcación de carga de Impacto y registramos el dato marcado.



**Figura 6.16 Máquina de Impacto a) montaje de la probeta, b) elevar el martillo y dejar caer, c) observamos y registrar datos.**

Fuente: Milton Aldás

	<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA</b>	
---	---	---

**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

**3. Análisis de resultados:** Con los resultados obtenidos durante este ensayo de Impacto se obtuvo un promedio de resistencia que servirá para la comparación y determinación del tipo de material base.

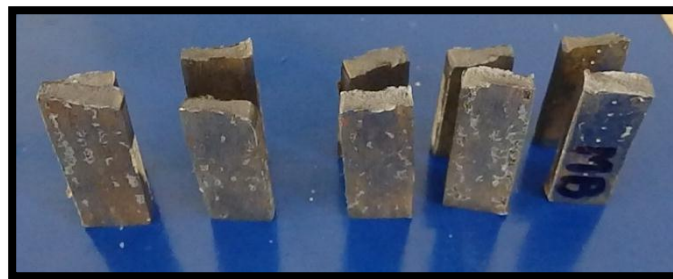


Figura 6.17 **Probetas ensayadas a impacto.**

Fuente: Milton Aldás

De los resultados obtenidos del ensayo de Impacto se tiene un promedio de resistencia de 16.18 [J] para el material base data que servirá de referencia para la identificación del material base.



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA  
 SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS  
 PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

**5.2.6 ANÁLISIS METALOGRÁFICO.**

El análisis metalográfico es uno de los ensayos de mayor importancia debido a que con este se puede identificar las propiedades micro-estructurales del material base, las mismas que pueden ser utilizadas para realizar comparaciones con otra micro-estructura de similares rasgos que nos pueden dar una identificación rápida del tipo o grado de material base.

Este análisis se realizó en el laboratorio de ingeniería de materiales de la carrera de Ingeniería Mecánica de la FICM – UTA. El procedimiento para este ensayo es:

**1. Obtención y preparación de la muestra.**

Para la obtención de la muestra se debe cortar un pedazo de la pieza de material base esta debe ser manejable de no ser así se deberá montar la muestra en PET (polietileno de alta densidad), a fin de conseguir una probeta manejable y que se pueda rápidamente preparar para su posterior análisis.

La probeta debe ser completamente plana para que cuando sea colocada en el microscopio esta no se mueva para ningún lado ni tampoco esta tenga inclinación, esto a fin de conseguir una excelente micrografía de la muestra de material base.





**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA  
 SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS  
 PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.



Figura 6.18 **Obtención de la muestra para el análisis metalográfico.**

Fuente: Milton Aldás

**2. Pulido grueso:** La preparación de la probeta se realiza en un banco de lijas en donde se van desbastando progresivamente con la utilización de una serie de lijas de 220, 360, 420, 600, 1500, el desbaste se realiza en una sola dirección y se debe girar 90° después de un cierto número de pasadas, no se debe aplicar demasiada presión.

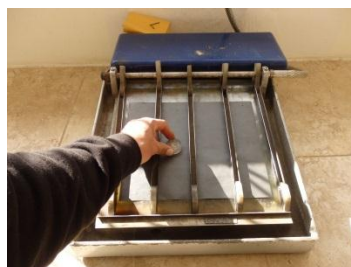


Figura 6.19 **Banco de lijas para pulido grueso.**

Fuente: Milton Aldás



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA  
SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS  
PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

**3. Pulido fino:** En este proceso se consigue eliminar las rayas que deja el pulido grueso del banco de lijas, el proceso se realiza con la utilización de un disco de paño giratorio y la aplicación de alúmina u oxido de aluminio en forma de pasta, este proceso se realiza hasta cuando se consigue la superficie de espejo, para conseguir buenos resultados y en corto tiempo se realiza con el disco a velocidad máxima la probeta debe ser presionada al disco y del centro hacia afuera realizando un giro de 90° durante toda la acción.



Figura 6.20 Máquina de pulido fino.

Fuente: Milton Aldás



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA  
SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS  
PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

**4. Ataque químico:** La probeta debe estar muy limpia y seca antes del ataque químico, el reactivo para la muestra de material base de hierro fundido es Nital 2 recomendado para fundiciones, según Metal Handbook vol., 9 (Anexo C 15), para detener el ataque químico se utiliza agua luego de haber pasado entre 2 y 4 segundos, luego se pasa al secado de las probetas en una secadora con flujo de aire caliente.



Figura 6.21 Ataque químico sobre la probeta de hierro con Nital 2.

Fuente: Milton Aldás



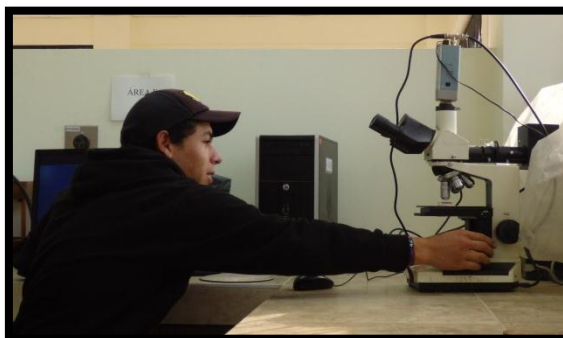
**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



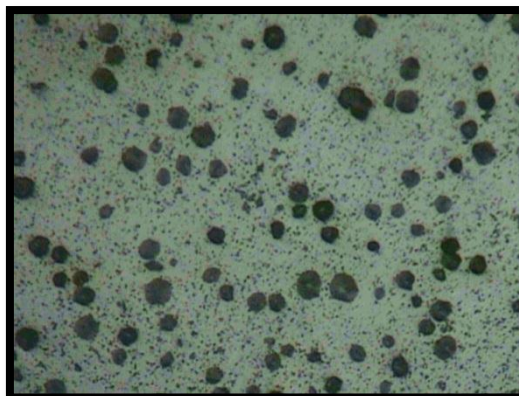
**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA  
SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS  
PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

**5. Resultados de la micrografía:** Con el uso del microscopio y la computadora se pudo observar la micro-estructura del material base de hierro fundido nodular, consiguiendo así una foto de la micrografía que nos sirvió de comparación visual con él una del metal Handbook vol., 9 y el uso de la norma ASTM A 247 de referencias de hierro fundido.



a)



b)

**Figura 6.22 Resultado metalográfico a) observación en el microscopio b) Microestructura observada de hierro fundido nodular, 200X, nital 2, 3Sg.**

Fuente: Milton Aldás



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**REGISTROS PARA LA REALIZACIÓN DE LA SOLDADURA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

<b>REGISTRO 01: DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO.</b>					
<b>TIPO DE FUNDICIÓN</b>	<b>% de carbono</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>% C del MB.</b>	<b>VER</b>
Fundición blanca	1.3 - 3.6		X	X	Anexo C5 con él %C se determina la temperatura de precalentamiento, según el tipo de fundición.
Fundición gris	2.5 - 4		X	X	
Fundición maleable	2 – 2.6		X	X	
Fundición nodular	3 – 4	X		3.77%	
<b>TIPO DE PRECALENTAMIENTO</b>					<b>APLICA</b>
Precalentamiento local.	Piezas grandes y de gran tamaño.				X
Precalentamiento total.	Piezas pequeñas y medianas.				

Fuente: Milton Aldás



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**REGISTROS PARA LA REALIZACIÓN DE LA SOLDADURA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

<b>REGISTRO 02:</b>		<b>SELECCIÓN Y DISEÑO DEL TIPO DE JUNTA.</b>	
<b>Según el espesor de MB.</b>	<b>Tipo de junta</b>	<b>Referencia.</b>	<b>Selecciono</b>
3 – 5mm.	A tope	0	----
	Junta en “V” simple	30°	----
			----
5 – 12mm.	Junta en “V”	55° - 60°	X
	Junta en “V” simple	30° - 45°	X
	Junta en “U”	Anexo C13	----
	Junta en “J”	Anexo C13	----
< 12mm.	Junta en “V”	55° - 60°	X
	Junta en “U”	Anexo C13	----
	Junta en doble “U”	Anexo C13	----

Fuente: Milton Aldás



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**REGISTROS PARA LA REALIZACIÓN DE LA SOLDADURA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

REGISTRO 03	LIMPIEZA DE LAS JUNTAS PARA LA SOLDADURA													
	Contaminantes							Método de limpieza						
	Grasa	Pintura	Polvo	Oxido	Aceite	Capa asfalto	Tierra	Pulidora	Piedra de esmeril	Desengrasantes	Llama oxiacetilénica	Cepillo de alambres	Grateado	Lijado
Número o código de juntas														
P-1.1.1	X			X	X	X		X			X	X	X	
P-1.2.1	X	X	X			X		X			X	X	X	
P-1.3.1	X			X	X	X		X			X	X	X	
P-1.4.1	X	X	X			X		X			X	X	X	
P-1.5.1	X			X	X	X		X			X	X	X	
P-2.1.1	X	X	X			X		X			X	X	X	
P-2.2.1	X			X	X	X		X			X	X	X	
P-2.3.1	X	X	X			X		X			X	X	X	
P-2.4.1	X			X	X	X		X			X	X	X	
P-2.5.1	X	X	X			X		X			X	X	X	

Fuente: Milton Aldás



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**REGISTROS PARA LA REALIZACIÓN DE LA SOLDADURA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

REGISTRO 04	Control del PROCESO DE SOLDADURA											
	Junta en V de 60°						X	Junta en V de 30°				X
	DURANTE LA SOLDADURA						ENFRIAMIENTO					
Número o código de juntas	Uso de indumentaria de seguridad	Martillado suave	Cordones cortos (50-100mm)	Cordones alternados	Monitoreo de temp. De precalentamiento	limpieza de escoria entre pasadas		En CAL.	Con polvo de asbesto	En ceniza caliente.	En el interior de un horno	
P-1.1.1	x	x	x	x	x	x		x				
P-1.2.1	x	x	x	x	x	x		x				
P-1.3.1	x	x	x	x	x	x		x				
P-1.4.1	x	x	x	x	x	x		x				
P-1.5.1	x	x	x	x	x	x		x				
P-2.1.1	x	x	x	x	x	x		x				
P-2.2.1	x	x	x	x	x	x		x				
P-2.3.1	x	x	x	x	x	x		x				
P-2.4.1	x	x	x	x	x	x		x				
P-2.5.1	x	x	x	x	x	x		x				

Fuente: Milton Aldás





**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**REGISTROS PARA LA REALIZACIÓN DE LA SOLDADURA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

REGISTRO 06	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN DE SOLDADURA															
	DEFECTOS EN LA SOLDADURA.															
	Junta en V de 60°					X	Junta en V de 30°					X				
Número o código de juntas.	Mordeduras	Poros	Nidos de poros	Falta de llenado hasta la raíz	Llenado incompleto a un solo lado	Inclusiones de escoria	Fisuras	Grietas	Socabaduras	Salpicaduras	Exceso de llenado	Concavidad interna	Concavidad externa	Acepta	Rechazo	Reproceso
P-1.1.1	X	X			X				X							X
P-1.2.1		X		X			X						X		X	
P-1.3.1												X		X		
P-1.4.1	X		X		X				X	X			X			X
P-1.5.1	X	X			X				X							X
P-2.1.1		X		X			X						X		X	
P-2.2.1												X		X		
P-2.3.1	X		X		X				X	X			X			X
P-2.4.1	X	X		X				X				X			X	
P-2.5.1		X			X								X	X		

Fuente: Milton Aldás



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

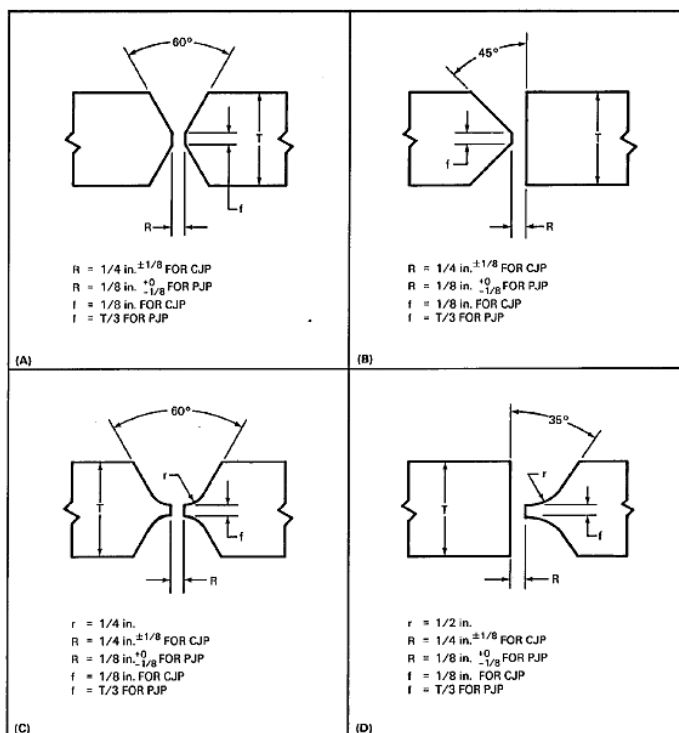


Figura 6.23 Juntas de soldadura adecuadas para hierro fundido.

Fuente: ANSI/AWS D11.2

La junta que se seleccionó para la realización la unión soldada está dentro de los requerimientos norma según el espesor del material y se seleccionó la de tipo en V de  $60^\circ$ .



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA  
SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS  
PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

2. Tomar dimensiones de la tubería tales como diámetro, espesor y longitud, para realizar un corte adecuado.
3. Marcar la tubería a intervalos adecuados alrededor de la misma tomando como referencia una superficie plana en uno de los extremos.
4. Cortar el tubo sobre la marca realizada.
5. Realizar el proceso de biselado en la zona cortada, también se debe asegurar de que no exista aristas vivas que pueden provocar irregularidades en la soldadura.



a)

b)

c)

d)

Figura 6.24 **Proceso para la soldadura de la tubería, a) dimensiones, b) marcado, c) corte y biselado, d) junta en V de 60°.**

Fuente: Milton Aldás



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA  
SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS  
PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

### 5.5. Limpieza

Proceso de limpieza deberá ser intachable ya que de este mucho depende las propiedades mecánicas de la junta de soldadura, se debe eliminar cualquier residuo de grasa, polvo, oxido, aceite, el recubrimiento asfáltico de la tubería y cualquier residuo extraño que pueda alterar la junta de soldadura. Para la eliminación de esto se debe utilizar solventes de alcoholes, flama oxiacetilénica, cepillos de alambres, amoladora, entre otros.



a)



b)

Figura 6.25 Proceso de limpieza de la tubería luego de ser biselada.

Fuente: Milton Aldás

La limpieza se efectuó en una longitud de la tubería de 15 cm desde el bisel, con el fin de no sufrir reventa-duras del área recubierta de asfalto.



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

1. Antes de realizar el proceso de precalentamiento se debe realizar un punteado en la unión de la junta, este punteado se debe realizar en cruz a 90° entre cada punto, el punto debe tener una longitud de 1 in (25.4 mm).

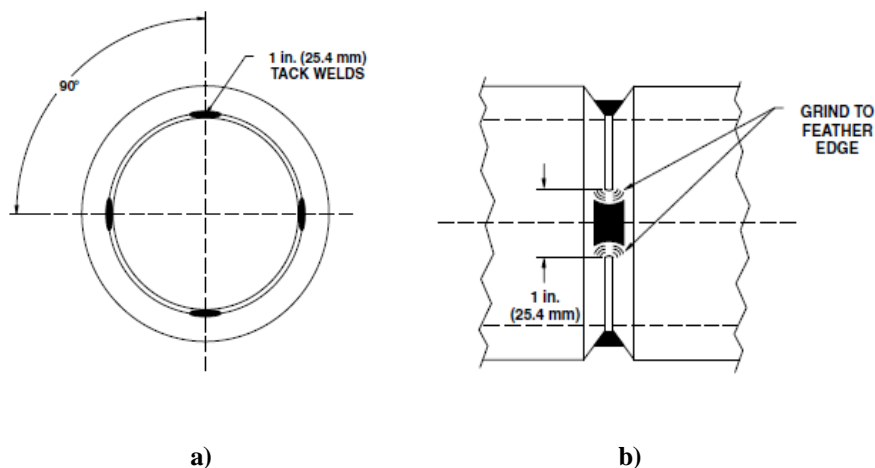


Figura 6.26 Configuración de puntos de unión antes del precalentamiento.

Fuente: Miller, 2012, p.26.

Mediante este método de punteado se consigue que la junta de soldadura sea más manejable que después de realizar el precalentamiento, y también con esto se consigue una separación adecuada asegurando de esta manera la obtención de un buen cordón de soldadura.



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – Ci.

2. El electrodo que se ha de utilizar para realizar la soldadura de hierro fundido nodular debe estar dentro de las especificaciones de la norma AWS A5.15.



Figura 6.27 Electrodo para soldar hierro fundido, designación: nickel 99 (AWS A5.15 Ni-Ci).

Fuente: Milton Aldás

Este electrodo cumple con los siguientes parámetros para la soldadura de hierro fundido.

1. Cumple con los requerimientos de la norma AWS A5.15.
2. Se puede soldar en todas las posiciones, deja un depósito maquinable, adecuado para espesores pequeños y medios, fusión suave.
3. Existen en varios diámetros.
4. El costo es moderado y se encuentra disponible en el mercado.



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA  
SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS  
PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

### 5.6. Proceso de precalentamiento de la tubería.

El proceso de precalentamiento de la tubería se realizara en una fragua a una temperatura de 300°C, el control de la temperatura se realiza con la utilización de un pirómetro digital. Para el proceso de precalentamiento se siguen los siguientes pasos:

1. Cargar la fragua con carbón y encender.
2. Colocar las muestras de tubería sobre la fragua encendida, y girar para conseguir una temperatura homogénea.
3. Control de la temperatura que se desea obtener con el uso del pirómetro.



**Figura 6.28** Precalentamiento de las muestras en la fragua.

Fuente: Milton Aldás





**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA  
SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS  
PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

4. Una vez alcanzada la temperatura de precalentamiento determinada se retira la muestra de tubería de la fragua y se ubica donde se realizará la soldadura.
5. Con la utilización de un cepillo de alambre se procede a retirar residuos de ceniza y otras impurezas.



Figura 6.29 Limpieza de la junta precalentada con el uso de un cepillo de alambres.

Fuente: Milton Aldás

La limpieza se debe realizar tomando en cuenta medidas de seguridad, se puede sufrir serias quemaduras, esta limpieza debe ser rápida para no perder la temperatura alcanzada, este proceso debe ser rápido para no sufrir un enfriamiento excesivo en las muestras.





**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA  
SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS  
PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

**6. La calibración de la maquina soldadora:**

a) La máquina utilizada es de marca COMPARC serie: MI-2.300 CA/CD.

b) Selección del amperaje, en relación directa con; diámetro del electrodo, espesor del material base, dimensiones del material base y número de pases, amperajes recomendados para soldar según el electrodo.

- **Diámetro 2.4 mm = (50 – 80) A**
- **Diámetro 3.2 mm = (80 – 110) A**

b) Invertir la polaridad (cable del electrodo al positivo polo positivo, cable de tierra al polo negativo)

c) La corriente de trabajo que se utilizo es corriente continua CD.



**Figura 6.30 Mandos de calibración de la máquina soldadora.**

Fuente: Milton Aldás



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA  
 SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS  
 PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

**7. Utilización de indumentaria de seguridad para el proceso de soldadura.**

La utilización de ropa adecuada de protección es de uso obligatorio para resguardar a la persona que realizara la soldadura, como para quienes intervienen.

- a) El área en donde se realizara la soldadura debe estar despejada y alejada de posibles sustancias inflamables.
- b) Usar de ropa de seguridad como: guantes (normales ó al hombro), polainas, pechera, casco de protección con visor de arco de suelda.
- c) Asegurarse de que no existan superficies húmedas.
- d) Revisar el sistema eléctrico.
- e) Utilizar pinzas adecuadas para la manipulación de las muestras.
- f) Tener cerca equipos de extinguir llamas siempre y en óptimas condiciones.
- g) Proteger vías respiratorias de gases producidos por la suelda.



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA  
SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS  
PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

**8. Durante el proceso de soldadur.** Al realizar la soldadura de hierro fundido nodular debemos tomar en cuenta ciertas observaciones como, Anexo C14:

a) Controlar la temperatura durante todo el proceso se puede utilizar un pirómetro.



**Figura 6.31 Control de la temperatura de precalentamiento.**

Fuente: Milton Aldás

b) Se debe realizar cordones de soldadura de entre 3 y 4 [in] como máximo y con un mínimo movimiento oscilatorio.

c) Los cordones se deben aplicar alternados haciendo girar la tubería 90°, para evitar el calentamiento excesivo en una sola zona y así poder mantener la temperatura de precalentamiento constante en toda la tubería.

d) Realizar limpieza de la escoria entre cada pasada que se realiza.

e) La inclinación del electrodo desde la vertical es de unos 15° aproximadamente.



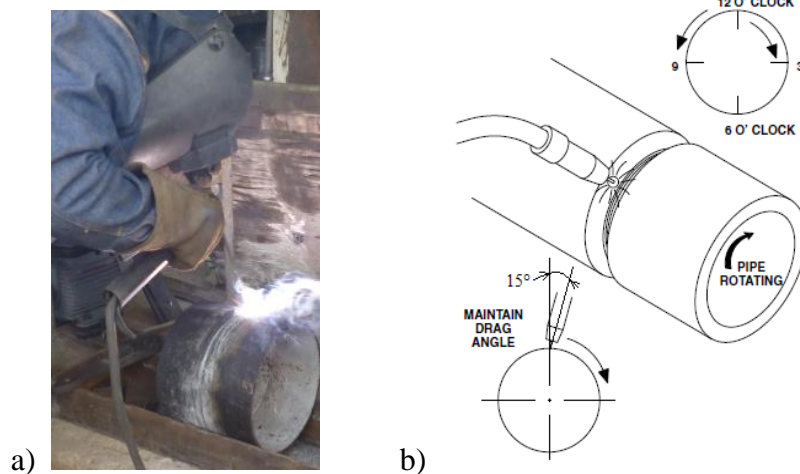
**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA  
SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS  
PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

- f) El cordón de soldadura se debe realizar en sentido anti-horario y el giro del tubo es en sentido horario.
- g) La tubería debe estar ubicada en la posición 1G.
- h) En cada cordón de soldadura se debe realizar un ligero martillado de alivio de tensiones.
- i) Evitar soldar si existen corrientes de aire frío en el medio, esto puede provocar choque térmico.



**Figura 6.32 Proceso de soldadura A) realización del proceso de soldadura, B) sentidos de giro en el proceso.**

Fuente: A) Milton Aldás, B) Miller, 2012, p.27.

**PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA UNIÓN MEDIANTE SOLDADURA SMAW DE TUBERÍAS DE AGUA DE HIERRO NODULAR CON BUENAS PROPIEDADES EN LA JUNTA SOLDADA.**

<b>Realizado por:</b>	Milton Aldás	<b>Fecha de elaboración:</b>	22/07/2014
<b>Aprobado por:</b>	Ing. Mg. Henry Vaca	<b>Fecha de aprobación:</b>	
<b>Lugar:</b>	UTA – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		
<b>Material:</b>	Hierro fundido nodular grado 60 – 42 – 10		
<b>Proceso:</b>	SMAW	<b>Tipo de electrodo:</b>	AWS A5.15 E Ni – CI.

j) Terminado el proceso de soldadura se debe dejar enfriar en **CAL** hasta que alcance la temperatura ambiente, se debe asegurar de obtener un proceso de enfriamiento lento, para no obtener zonas duras y frágiles.



Figura 6.33 Recipiente con cal para el proceso de enfriamiento.

Fuente: Milton Aldás.



Figura 6.34 Ensayo visual de la junta soldada después de su enfriamiento.

Fuente: Milton Aldás.

## 6.9 ADMINISTRACIÓN.

### 6.9.1 Costo de la investigación realizada.

Los costos de la investigación realizada se presentan a continuación en donde se detallan materiales utilizados, mano de obra y otros.

**Tabla 6.9** Costos de la investigación.

<b>COSTOS DE MATERIALES.</b>					
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>	<b>Costo unidad</b>	<b>Costo total</b>
01	Tubo de hierro nodular	2	m	100	200
02	Electrodos Ni 99 (E Ni-CI)	2	Kg	99.30	198.60
03	Discos de corte	15	u	1.65	24.75
04	Sierra Sanflex	5	u	1.25	6.25
05	Análisis químico	1	u	50	50
06	Maquinado de probetas	8	u	5	40
07	Cal	25	Kg	7	7
08	Carbón	50	Kg	25	25
09	Protección personal	1	--	30	30
10	Pirómetro	1	u	140	140
11	Cepillo de alambre circular	2	u	3	6
12	Cepillo de alambre manual	1	u	4	4
13	Solvente de limpieza	1	u	10	10
14	Carburo	3	Kg	10	30
15	Oxígeno	1	u	40	40
16	Soldadura de probetas	8	u	20	160
17	Maquinado de probetas sol.	135	u	1.75	236.25
18	Lija 220	5	u	0.25	1.25
19	Lija 360	5	u	0.25	1.25
20	Lija 420	5	u	0.25	1.25
21	Lija 600	5	u	0.25	1.25
22	Lija 1500	5	u	0.25	1.25
23	Material para matriz de flexión	15	Kg	2	30
24	Maquinado matriz de flexión.	2	u	40	80
25	Reactivo Nital 2	1	frasco	15	15
26	Alúmina	50	gr	40	40
<b>COSTOS TOTALES</b>					<b>1379.10</b>
<b>Costos de recursos humanos</b>					
27	Soldador	1	u	50	50
28	fresador	1	u	65	65
29	Tornero	1	u	48	48
30	Ayudante de taller	1	u	25	25
<b>COSTOS TOTALES</b>					<b>188</b>
<b>Gastos varios</b>					
31	Impresiones	900	hojas	0.10	90

32	Internet	150	horas	0.80	120
33	Anillado	4	u	1	4
34	Empastado	3	u	15	45
35	Transporte	1	u	100	100
36	Alimentación	1	u	150	150
37	Arreglo de equipos	1	u	10	10
<b>COSTOS TOTALES</b>					<b>519</b>
<b>SUBTOTAL</b>					<b>2086.10</b>
<b>12% IMPREVISTOS</b>					<b>250.33</b>
<b>COSTO TOTAL DE LA INVESTIGACIÓN</b>					<b>2336.43</b>

Fuente: Milton Aldás

## 6.10 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Finalizado el presente trabajo de investigación se cuenta con la información necesaria para la aplicación de la temperatura de precalentamiento, en el proceso de unión de tuberías de agua de hierro nodular grado 60 – 42 – 10, con la obtención de propiedades mecánicas producto de varios ensayos realizados se tiene que al aplicar la temperatura de precalentamiento de 300°C con electrodo revestido AWS ENi – CI y con tipo de junta en V de 60°, se consiguió la unión con buenas propiedades mecánicas en la junta soldada, por tal motivo se sugiere tomar en cuenta todas las especificaciones y recomendaciones realizadas en esta investigación si se desea realizar la unión de una tubería de hierro nodular.

Esta investigación se la realizo en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, esta investigación realiza un aporte muy importante en el área de materiales y soldadura, como también es un aporte muy importante hacia la industria, ya que mediante el proceso de soldadura SMAW se puede realizar uniones soldadas en hierro fundido nodular con el precalentamiento previo del material base.

Esta investigación puede servir como referencia para la realización de otros estudios de tratamientos térmicos post-soldadura o la variación del material de aporte.

## 7 BIBLIOGRAFÍA:

### 7.1 BIBLIOGRAFÍA LIBROS.

1. Askeland, D. (Ed.). (1998). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*, (3ª. ed.). México: Edamsa.
2. Brophy, J., Rose, R & Wulff, J. (1968). *Propiedades Termodinámicas* (Vol. II). Ciencia de los Materiales. Mexico: Limusa – Wiley. S.A.
3. Callister, W. (2005). *Ciencia e ingeniería de los materiales* (2ª. ed.). Balderas México: Limusa, S.A.
4. Carrobles, M. (Ed.). (2008). *Manual de mecánica industrial*. Editorial: polígono industrial arroyomolinos.
5. Castro, G. (2009). *Departamento de ingeniería mecánica* F.I.U.B.A Editor. (Biblioteca virtual UTA. Ebrary).
6. Hanchen, R. (1993). *Manual del ingeniero técnico, fundiciones de piezas de máquinas*. Bilbao, España: Urmo.
7. Horwitz, H. (2002). *Manual de soldadura aplicaciones y practica* (tomo II). Bogotá, Colombia: Afaomega.
8. Jimenez, J. (2009). *Resumen del curso de tecnología de los materiales*, (2ª. ed.). Santa Fe, Argentina: El Cid Editor. (Biblioteca virtual UTA. Ebrary).
9. Lajtin, Y. (1973). *Metalografía y tratamiento térmico de los metales*. Moscú, Alemania: MIR.



10. Molera, S. P. (2009). *Tratamientos térmicos de los metales*. Barcelona. España: Vanguard Grafic S.A. (Biblioteca virtual UTA. Ebrary)
11. Murray R. & Larry J. (2006). *Estadística de Schaum, problemas resueltos y prácticos*, (4ª. ed.). Madrid, España: McGraw-Hill.
12. Pastor, M. (2005). *Introducción a la metalurgia de la soldadura*. Facultad de Ingeniería Mecánica. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
13. Pridgeon J. & Langer E. (1992). *ASM Handbook. Metallography and Microstructures*. (Vol. 9). Printed in the United States of America.
14. Ramírez, M. & Heriberto, E. (2009). *Diseño para la fabricación y ensamble de productos soldados*. Editorial: Universidad del Norte (Biblioteca virtual UTA Ebrary)
15. Rodriguez, C. (2001). *Manual de Soldadura Eléctrica, MIG y TIG*, (1ª. ed.). Buenos Aires-Argentina: Alsina.
16. Raymond, F. (Ed.). (2004). *Handbook Fractography ASM International*, (Vol. 12). Editorial: Technical Department, ASM International. Printed in the United States of America.
17. Vedia, L. & Svoboda, H. (2004). *Introducción a la metalurgia de la soldadura*. Buenos Aires, Argentina.
18. Willian L. Galvery, Jr. (1997). *Guía de soldadura para técnico profesional*. México: Limusa.

## 7.2 RECUPERADO DE PÁGINAS WEB.

1. Anónimo. (2010). *Metalografía y tratamientos térmicos*. Recuperado de: [http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/mecanica/5\\_anio/metalografia/4-PRINCIPIOS\\_GENERALES\\_DE\\_LOS\\_TT\\_v2.pdf](http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/mecanica/5_anio/metalografia/4-PRINCIPIOS_GENERALES_DE_LOS_TT_v2.pdf)
2. Cembrero, J. (Ed.). (2010, 03, 06). *Soldabilidad de las fundiciones de grafito esferoidal*. Consejo superior de investigaciones científicas. Madrid España. Recuperado de: <http://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/viewFile/648/659>
1. Ductile Iron Society section VIII, (2007). *Soldadura, unión por difusión, unión adhesiva, introducción*. Recuperado de: <http://www.ductile.org/didata/Section8/8intro.htm>
2. Elkem. (2010). *Graphite Structures in Cast Iron*. Foundry Products. Recuperado de: <http://www.foundry.elkem.com>
3. Kelly, T. (Ed.). (1985). "Welding of Ductile Iron with Ni-Fe-Mn filler metal," *Welding journal*. Recuperado de: [http://www.aws.org/wj/supplement/WJ\\_1985\\_03\\_s79.pdf](http://www.aws.org/wj/supplement/WJ_1985_03_s79.pdf)
4. Kobelco. (2012). *Welding handbook*. Recuperado de: <http://www.kobelco.co.jp/english/welding/files/handbook2012.pdf>
5. Luddey, J. (Ed.). (2007). *Recuperación y soldabilidad de piezas de fundición de hierro*. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia. Recuperado de: <file:///C:/Users/Pc/Downloads/4073-2823-1-PB.pdf>

6. Miller (2012). *Pipe Welding Handbook*. Obtenido: [www.millerwelds.com](http://www.millerwelds.com)
  
7. Poland. (Ed.). (2009). *Metallography and Microstructures of Cast iron*. Recuperado de: <http://www.thaithavorn.com/pdf/microstructure.pdf>
  
8. Almaguer P. (2012). *Simulación numérica del coeficiente de concentración de tensiones en grietas de uniones soldadas a tope*, (Vol. 15). Universidad de Holguín. Facultad de Ingeniería Mecánica. Cuba. Recuperado de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59442012000300002&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59442012000300002&script=sci_arttext)
  
9. Shackelford, J. (1992). *Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros*, (3ª. ed.). MacMillan Inc. USA.
  
10. Soldexa, (2011). *Manual de soldadura y catálogo de productos*, (2ª. ed.). Perú: Editorial Lebal S.A.C. Recuperado de: <http://es.scribd.com/doc/111386373/Manual-Soldexa-2011#scribd>
  
11. Torres E. (2010). *Soldabilidad de los hierros fundidos, recomendaciones para soldadura*. Universidad de Matanzas Cuba. Recuperado de: <http://monografias.umcc.cu/monos/2010/QUIMEC/mo1019.pdf>
  
12. Acipco. (2011). *U.S. pipe and foundry co. ductile iron flanged pipe*. Birmingham Alabama. UUEE. Recuperado de: <http://www.acipco.com>

# **ANEXOS**

## ANEXO A

### ANEXO A1: Resultados del análisis químico.



#### ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL DEPARTAMENTO DE METALURGIA EXTRACTIVA



#### Resultados de análisis por Espectrometría de Chispa

**Solicitante** : Milton Aldás  
**No. Referencia** : ST - 6661  
**Fecha** : 23 - 06 - 2014  
**Muestras recibidas** : Una muestra metálica

La cuantificación de los metales presentes en la muestra se realizó empleando el Espectrómetro de Chispa marca BRUKER modelo Q4TASMAN. A continuación los resultados obtenidos:

Metales	Hierro nodular (%)
Carbono (C)	3,770
Silicio (Si)	2,322
Manganeso (Mn)	0,167
Fósforo (P)	0,014
Azufre (S)	0,010
Cromo (Cr)	0,031
Níquel (Ni)	0,013
Cobre (Cu)	0,011
Magnesio (Mg)	0,052
Titanio (Ti)	0,019
Vanadio (V)	0,006
Hierro (Fe)	95,27

Dra. Diana Engdara  
Jefe de Departamento

**ANEXO A2:** Resultados del ensayo a tracción realizados en la Escuela Politécnica Nacional, departamento de análisis de esfuerzos



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**LABORATORIO DE ANÁLISIS**  
**DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES**



## INFORME TÉCNICO

LAEV – ABR.02

Quito, 04 de abril de 2014

**TRABAJO SOLICITADO POR:** Sr. Milton Aldaz

**ORDEN DE TRABAJO N° 0001754**

Los resultados contenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en muestras de material base y juntas soldadas de hierro nodular para el desarrollo del proyecto de tesis: "ANÁLISIS DE LA TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO PARA LA UNIÓN DE LA TUBERÍA DE AGUA DE HIERRO NODULAR MEDIANTE SOLDADURA SMAW CON ELECTRODO REVESTIDO AWS ENIFEC-C Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA JUNTA SOLDADA". Las muestras fueron entregadas en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional.

### RESULTADOS

- MUESTRA:** Cinco (5) muestras de material base y treinta y nueve (39) juntas soldadas para ensayo de tracción.
- ENSAYO DE TRACCIÓN**

En la tabla 1 se muestran los resultados de los ensayos de tracción realizados en las muestras de material base de hierro nodular.

Tabla 1. Resistencia a la tracción obtenida en el ensayo.

Id.	Ancho promedio	Espesor promedio	Carga máxima registrada		Resistencia a la tracción	
	mm	mm	lbf	N	ksi	MPa
MB T1	6,45	3,96	2.480	11.032	62,6	431,9
MB T2	6,13	3,97	2.430	10.809	64,5	444,7



LAEV-EPN  
Orden N°: 0001754



ESUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
Página 1 de 4

Continuación de la tabla 1.

Id.	Ancho promedio	Espesor promedio	Carga máxima registrada		Resistencia a la tracción	
	mm	mm	lbf	N	ksi	MPa
MB T3	6,49	3,93	2.490	11.076	63,1	434,8
MB T4	6,53	3,94	2.580	11.476	64,8	446,6
MB T5	6,45	3,94	2.420	10.765	61,5	424,1

En las tablas 2 a la 9 se muestran los resultados de los ensayos de tracción realizados en las juntas soldadas.

Tabla 2. Resistencia a la tracción obtenida en las muestras del grupo 1.1.

Id.	Ancho promedio	Espesor promedio	Carga máxima registrada		Resistencia a la tracción		Obs.*
	mm	mm	lbf	N	ksi	MPa	
1.1 T1	6,02	3,98	1.303	5.796	35,2	242,4	FJS
1.1 T2	5,71	4,00	1.420	6.316	40,2	276,9	FJS
1.1 T3	5,99	3,42	840	3.737	26,5	182,8	FJS
1.1 T4	5,59	4,04	1.164	5.178	33,3	229,6	FJS
1.1 T5	5,55	4,02	1.533	6.819	44,3	305,6	FJS

\*FJS = Falla en la junta soldada

Tabla 3. Resistencia a la tracción obtenida en las muestras del grupo 1.2.

Id.	Ancho promedio	Espesor promedio	Carga máxima registrada		Resistencia a la tracción		Obs.*
	mm	mm	lbf	N	ksi	MPa	
1.2 T1	4,66	3,92	581	2.584	20,5	141,7	FJS
1.2 T2	6,04	4,00	2.490	11.076	66,6	459,0	FJS
1.2 T3	5,73	4,02	1.299	5.778	36,4	251,1	FJS
1.2 T4	5,69	3,92	1.342	5.970	38,9	268,0	FJS
1.2 T5	5,64	4,09	2.210	9.831	61,9	427,1	FMB

\*FJS = Falla en la junta soldada

\*FMB = Falla en el material base

Tabla 4. Resistencia a la tracción obtenida en las muestras del grupo 1.3.

Id.	Ancho promedio	Espesor promedio	Carga máxima registrada		Resistencia a la tracción		Obs.*
	mm	mm	lbf	N	ksi	MPa	
1.3 T1	5,09	4,02	1.962	8.727	61,9	426,9	FMB
1.3 T2	5,57	3,74	1.670	7.429	51,8	357,1	FJS
1.3 T3	5,17	4,00	1.110	4.938	34,7	239,3	FJS



IAEV-EPN  
Orden Nº: 0001754



Página 2 de 4



Continuación de la tabla 4.

Id.	Ancho promedio	Espesor promedio	Carga máxima registrada		Resistencia a la tracción		Obs.*
	mm	mm	lbf	N	ksi	MPa	
1.3 T4	5,47	4,12	2.030	9.030	58,2	401,0	FMB
1.3 T5	5,46	3,57	1.761	7.833	58,4	402,4	FJS

\*FJS = Falla en la junta soldada

\*FMB = Falla en el material base

Tabla 5. Resistencia a la tracción obtenida en las muestras del grupo 1.4.

Id.	Ancho promedio	Espesor promedio	Carga máxima registrada		Resistencia a la tracción		Obs.*
	mm	mm	lbf	N	ksi	MPa	
1.4 T1	5,86	3,93	1.646	7.322	46,2	318,3	FJS
1.4 T2	5,73	4,23	947	4.212	25,2	174,0	FJS
1.4 T3	5,96	4,07	2.340	10.409	62,3	429,6	FJS
1.4 T4	5,96	3,90	2.240	9.964	62,2	429,0	FJS
1.4 T5	6,09	3,92	1.889	8.403	51,1	352,4	FJS

\*FJS = Falla en la junta soldada

Tabla 6. Resistencia a la tracción obtenida en las muestras del grupo 2.1.

Id.	Ancho promedio	Espesor promedio	Carga máxima registrada		Resistencia a la tracción		Obs.*
	mm	mm	lbf	N	ksi	MPa	
2.1 T1	6,14	4,04	2.220	9.875	57,8	398,6	FJS
2.1 T2	6,07	4,08	1.095	4.871	28,6	197,1	FJS
2.1 T3	6,04	4,00	1.251	5.565	33,5	230,8	FJS
2.1 T4	6,28	4,00	839	3.732	21,6	148,8	FJS
2.1 T5	6,27	4,03	1.962	8.727	50,2	346,1	FJS

\*FJS = Falla en la junta soldada

Tabla 7. Resistencia a la tracción obtenida en las muestras del grupo 2.2.

Id.	Ancho promedio	Espesor promedio	Carga máxima registrada		Resistencia a la tracción		Obs.*
	mm	mm	lbf	N	ksi	MPa	
2.2 T1	5,72	3,97	2.130	9.475	60,6	417,8	FJS
2.2 T2	5,94	3,92	1.956	8.701	54,2	373,7	FJS
2.2 T3	6,05	3,93	1.154	5.133	31,4	216,2	FJS
2.2 T4	5,76	3,93	2.120	9.430	60,6	417,5	FJS

\*FJS = Falla en la junta soldada





Tabla 8. Resistencia a la tracción obtenida en las muestras del grupo 2.3.

Id.	Ancho promedio	Espesor promedio	Carga máxima registrada		Resistencia a la tracción		Obs.*
	mm	mm	lbf	N	ksi	MPa	
2.3 T1	6,00	3,95	2.090	9.297	57,0	393,1	FJS
2.3 T2	6,05	3,91	1.361	6.054	37,2	256,3	FJS
2.3 T3	5,91	3,83	1.924	8.558	54,8	378,1	FJS
2.3 T4	6,10	3,90	2.470	10.987	67,0	462,2	FMB
2.3 T5	5,90	3,90	2.220	9.875	62,3	429,7	FJS

\*FJS = Falla en la junta soldada

\*FMB = Falla en el material base

Tabla 9. Resistencia a la tracción obtenida en las muestras del grupo 2.4.

Id.	Ancho promedio	Espesor promedio	Carga máxima registrada		Resistencia a la tracción		Obs.*
	mm	mm	lbf	N	ksi	MPa	
2.4 T5	6,16	3,79	881	3.919	24,4	168,1	FJS
2.4 T6	5,82	3,86	2.200	9.786	63,2	436,0	FMB
2.4 T7	5,62	3,91	373	1.659	11,0	75,6	FJS
2.4 T8	5,74	3,91	648	2.882	18,7	128,6	FJS
2.4 T9	5,62	3,80	805	3.581	24,4	168,0	FJS

\*FJS = Falla en la junta soldada

\*FMB = Falla en el material base



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA  
 ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
**Victor Hugo Guerrero, Ph.D.**  
**JEFE DEL LABORATORIO DE**  
**ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES**

ANEXO A3: Propiedades del material de aporte.

**INDURA**

**NI 99**

- Electrodo manual con revestimiento de grafito y núcleo de níquel
- Unión y reparación de todos los tipos de hierros fundidos

**Clasificaciones:**

DIN 8573	ISO 1071	ASME IIC SPA 5.15/AWS A 5.15
E Ni-BG 1	E Ni-BG 22	E Ni-CI

**Características y Campos de usos:**

- Depósito maquinable
- Fusión suave y fácil inicio y reinicio de arco
- Uniones heterogéneas entre hierro fundido y aceros al carbono
- Adecuados para espesores pequeños y medios
- Algunas aplicaciones comprenden culatas de motores, block de motores, rellenos de piezas, diferenciales, etc.

**Análisis Típico del metal depositado (% en peso)**

C	Mn	Si	Fe	P	S	Cr	Mo	Ni
0.74	0.18	0.11	2.70	0.006	0.003	0.10	0.02	balance

**Dureza Típica del Metal Depositado**

160 HB

**Parámetros de Soldadura y Datos**

Diámetro, mm (plg)	2.4	3.2	4.0	4.8
Longitud, mm (plg)	300	350	350	350
Int. de Corr., A	50 - 80	80 - 110	100 - 140	120 - 160
Nº elect/Kg	68	32	21	15

**Secado**

1 hora a 120 °C

Posición de Soldadura		CCEN - CA
-----------------------	--	-----------

## ANTECEDENTES

Este tipo de electrodo es ampliamente usado para soldar hierros fundidos (fundiciones). El níquel, al contrario que el Fe, no forma carburos y tiene una baja solubilidad por el carbono. De esta forma, cuando el metal solidifica y se enfría, el carbono es expulsado de la solución como grafito, esto permite incrementar el volumen del metal depositado, reduciendo los esfuerzos de contracción y reduce la probabilidad de agrietamiento.

Nickel 99 produce un depósito con alto contenido en níquel siendo de esta forma blando y maquinable.

## INSTRUCCIONES PARA SOLDAR

Una de las principales prácticas antes de soldar cualquier tipo de hierro fundido corresponde a que se le practique una adecuada limpieza al material base, debido a que los hierros fundidos son muy susceptibles a las impurezas tales como fósforo y azufre. Por tal motivo, generalmente se requiere un calentamiento de la pieza a unos 370 a 480 °C para quemar cualquier material orgánico presente. El precalentamiento del metal base, también es una consideración importante en la soldadura del hierro fundido. Los siguientes puntos deben estar presentes para fijar la temperatura de precalentamiento:

- A mayor carbono equivalente, mayor temperatura de precalentamiento se necesita.
- Si se conoce el tipo de fundición pero la composición química no, la temperatura de precalentamiento debe estar basado en la microestructura y resistencia de la fundición.
- Bajas resistencias en fundiciones requieren generalmente temperaturas de precalentamiento menores comparado con aquellas fundiciones de alta resistencia.
- Una fundición con forma compleja usualmente requerirá de mayores temperaturas de precalentamiento para controlar la distorsión o los esfuerzos residuales.
- Las fundiciones maleables o dúctiles requieren generalmente temperaturas más baja que las fundiciones grises.


Un tratamiento térmico pos-soldadura puede ser necesario para:

- mejorar la ductilidad del zat
- mejorar la maquinabilidad de la soldadura y zat
- transformar cualquier martensita formada durante el proceso de soldadura a una fase menos frágil
- aliviar los esfuerzos residuales


Fuente: [www.indura.com](http://www.indura.com)

**TENMARS** **TM-300**


## Infrared Thermometer



Check temperature of engine, muffler brakes and more



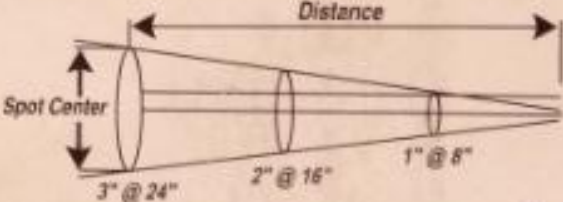
Check temperature of tires and brakes



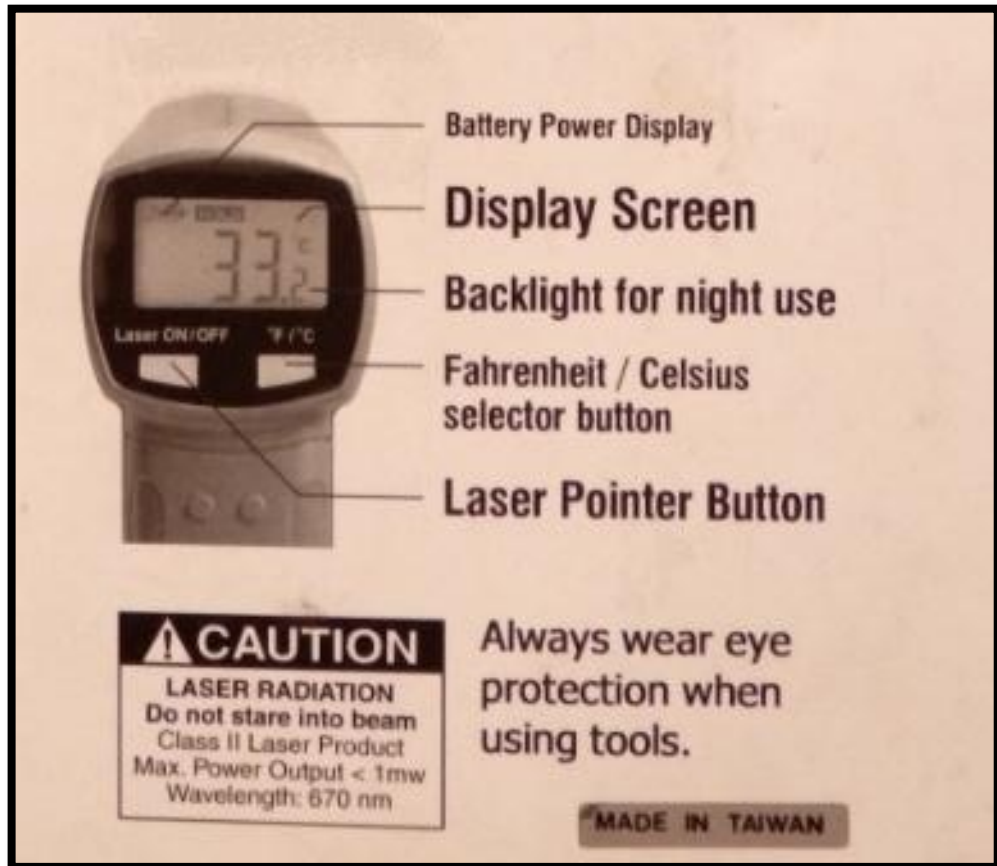
Check temperature of heater vents or air conditioner

Compact, rugged and easy to use. Just aim and push the button, read current surface temperatures in less than a second. Safely measure surface temperatures of hot or hard to reach objects.

**SPECIFICATIONS**  
Temperature Range: -4° To 968°F / -20° To 520°C  
Accuracy: ±2°C (±3°F) Or 2% Reading  
Repeatability: 2% Or 3°F  
Response Time: 500msec, 95%  
Spectral Response: 7-18 um  
Emissivity: 0.95  
Ambient Operating Range: 32°-105°F  
Relative Humidity: 10-95% Rh Noncondensing @ up To 86°F  
Storage Temp: -4° To 150°F  
Weight: .33 lb Without Battery  
Dimensions: 6.3 × 3.54 × 1.7"  
Power: 9V  
Battery Life: 12hrs  
Distance To Spot: 8:1



Distance to Spot size = **8:1**



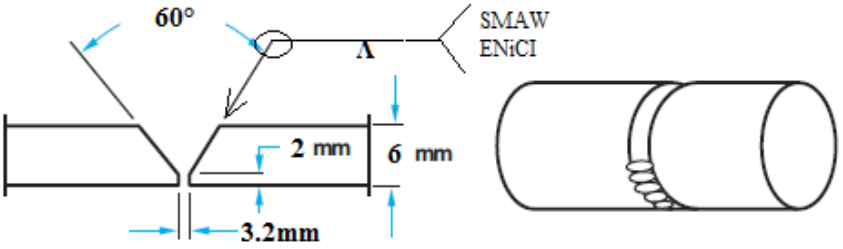


Fuente: Milton Aldás



## ANEXO B

### ANEXO B1: Especificaciones del procedimiento de soldadura WPS.

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO									
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA									
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA									
									
ESPECIFICACIONES PARA LA SOLDADURA AWS D11.2								WPS	
<b>Institución:</b>	Universidad técnica de Ambato				<b>Identificación N°:</b>	WPS – 01			
<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW				<b>Soporte PQR N°:</b>	PQR – 01			
<b>Tipo:</b>	Manual:	<input checked="" type="checkbox"/>	Automático:	<input type="checkbox"/>	<b>Semiautomático:</b>	<input type="checkbox"/>	Maquina:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Revisión:</b>	01	<b>Fecha:</b>	18-12-2013		<b>Revisado por:</b>	Milton Aldás			
DISEÑO DE LA JUNTA.					POSICIÓN				
Tipo de junta:			A tope		Ranura:	1G	Filete:	NA	
Tipo de soldadura:			Ranura en V		Plancha:	NA	Tubería:	X	
Abertura de raíz:			3.2 mm (1/8in)		CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS				
Longitud de raíz:			NA		Método de transferencia GMAW			NA	
Angulo de ranura:			60°		Corto circuito		Globular		
Soporte:			NO		Corriente proceso SMAW				
Material de aporte:			E Ni – CI		AC:	NA	DCEP:	X	
Limpieza de la raíz:		<input checked="" type="checkbox"/>	Método:	torneado	Pulso:	NA	DECEN:	NA	
METAL BASE				TECNICA					
DATOS		MB. 1	MB. 2	Aportación:		Oscilante:	--	Recta:	X
Grupo:		1	1	Pase:		Múltiple:	X	Simple:	--
Especificación:		ASTM A536	ASTM A536	Limpieza en pases		SI	Método:	Cepillo	
Grado:		60-42-10	60-42-10	PRECALENTAMIENTO					
Espesor:		6 mm	6 mm	Precalentamiento:				SI	
Diámetro:		203.2 mm	203.2 mm	Temperatura de precalentamiento:				300°C	
Superficie:		NA	NA	POSTCALENTAMIENTO					
Otros:		--	--	Temperatura:		NA	Tiempo:		NA
MATERIAL DE APORTE				PROTECCIÓN					
Especificación AWS:		A5.15		Fundente:		NA	Gas:		NA
Clasificación AWS:		E Ni – CI		Composición:		NA	Composición:		NA
Marca:		Indura MG		Fundente:		NA	V. de flujo:		NA
Tamaño del electrodo:		3.2 x 320 mm		Otros:		NA	Otros:		NA
DETALLES DE LA JUNTA									
									
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA									
Pase N°	Proceso	Aplicación	Metal de aporte		Corriente		Velocidad de avance (m/min)		
			clase	Diámetro mm	Polaridad (AC/DC)	Amperaje (A)			
1	SMAW	Alternado	ENi-CI	3.2	DCEP	75	0.072		
2	SMAW	Alternado	ENi-CI	3.2	DCEP	75	0.072		
Elaborado por:		Milton Aldás		Fecha:		18-12-2013			
Aprobado por:		Ing. Mg. Henry Vaca		Institución:		UTA – FICM			

ANEXO B2: PQR Registro de calificación del procedimiento.

UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA		CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA			
<b>ESPECIFICACIONE DE CALIFICACIÓN DEL PROCESO AWS D 11.2</b>					<b>PQR</b>		
<b>Institución:</b>	Universidad técnica de Ambato			<b>Identificación N°:</b>	WPS – 01		
<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW			<b>Soporte PQR N°:</b>	PQR – 01		
<b>Tipo:</b>	<b>Manual:</b>	<b>X</b>	<b>Automático:</b>	<b>NA</b>	<b>Semiautomático:</b> <b>NA</b> Maquina: <b>NA</b>		
<b>Revisión:</b>	01	<b>Fecha:</b>	18-12-2013		<b>Revisado por:</b> Milton Aldás		
<b>DISEÑO DE LA JUNTA.</b>			<b>POSICIÓN</b>				
Tipo de junta:	A tope			Ranura:	1G Filete: NA		
Tipo de soldadura:	Ranura en V			Plancha:	NA Tubería: X		
Abertura de raíz:	3.2 mm (1/8 in)			<b>CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS</b>			
Longitud de raíz:	NA			Método de transferencia GMAW	NA		
Angulo de ranura:	60°			Corto circuito:	Globular: Spray:		
Soporte:	NO			Corriente:			
Material de aporte:	E Ni – CI			AC:	NA DCEP: X		
Limpieza de la raíz:	-	Método:	torneado	Pulso:	NA DECEN: NA		
<b>METAL BASE</b>			<b>TECNICA</b>				
DATOS	MB. 1	MB. 2	Aportación:	Oscilante:	-- Recta: X		
Grupo:	1	1	Pase:	Múltiple:	X Simple: --		
Especificación:	ASTM A536	ASTM A536	Limpieza en pases	--	Método: ---		
Grado:	60-42-10	60-42-10	<b>PRECALENTAMIENTO</b>				
Espesor:	6 mm	6 mm	Precalentamiento:				
Diámetro:	203.2 mm	203.2 mm	Temperatura de precalentamiento:				
Superficie:	NA	NA	<b>POSTCALENTAMIENTO</b>				
Otros:	--	--	Temperatura:	--	Tiempo: --		
<b>MATERIAL DE APORTE</b>			<b>PROTECCIÓN</b>				
Especificación AWS:	A5.15		Fundente:	NA	Gas: NA		
Clasificación AWS:	E Ni – CI		Composición:	NA	Composición: NA		
Marca:	Indura MG		Fundente:	NA	V. de flujo: NA		
Tamaño del electrodo:	3.2 x 320 mm		Otros:	NA	Otros: NA		
<b>PROCESO DE SOLDADURA</b>							
Pase N°	Proceso	Aplicación	Metal de aporte		Corriente		Velocidad de avance (m/min)
			clase	Diámetro mm	Polaridad (AC/DC)	Amperaje (A)	
1	SMAW	Alternado	ENi-CI	3.2	DCEP	75	0.072
2	SMAW	Alternado	ENi-CI	3.2	DCEP	75	0.072
Elaborado por:	Milton Aldás			Fecha:	18-12-2013		
Aprobado por:	Ing. Mg. Henry Vaca			Compañía:	UTA – FICM		



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**



ESPECIFICACIONE DE CALIFICACIÓN DEL PROCESO AWS D11.2					PQR
<b>ENSAYO DE TENSION</b>					
Probeta N°	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción Ksi	Rotura
1.3.1	5.09	4.02	20.46	61.9	FMB
1.3.2	5.57	3.74	20.83	51.9	FMB
1.3.3	5.17	4	20.68	34.7	FJS
1.3.4	5.47	4.12	22.54	58.2	FMB
1.3.5	5.46	3.57	19.49	58.4	FJS
<b>ENSAYO DE IMPACTO CHARPY</b>					
Probeta N°	Posición de la soldadura	Tipo de junta	Localización del Impacto	Energía de Impacto (J)	Temperatura del ensayo
1.3.1	1G	En V de 60°	Cordón de soldadura	6	20°C
1.3.2	1G	En V de 60°	Cordón de soldadura	8	20°C
1.3.3	1G	En V de 60°	Cordón de soldadura	5	20°C
1.3.4	1G	En V de 60°	Cordón de soldadura	7	20°C
1.3.5	1G	En V de 60°	Cordón de soldadura	8	20°C
<b>INSPECCIÓN VISUAL</b>			<b>ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</b>		
Apariencia:	Excelente		Ensayo de radiografía:	--	Fecha: --
Socavamiento:	NO		Resultado:	--	
Porosidad:	NO		Ensayo de ultrasonido:	--	Fecha: --
Convexidad:	NO		Resultado:	--	
Fecha de ensayo:	NO		Ensayo de tintas:	--	Fecha: --
Inspeccionado por:	Milton Aldás		Resultados:		
<b>APLICA</b>					
TIPO DE ENSAYO	SI/NO	CARACTERÍSTICA	RESULTADO	OBSERVACIONES	
Ensayo de dureza:	SI	Buena	162 - 247 HB	Precalentada a 300°C	
Ensayo de flexión:	SI	Buena	130.7 – 167.9 Kgf	Precalentada a 300°C	
Ensayo de Impacto:	SI	Buena	5 – 8 J	Precalentada a 300°C	
Ensayo de tracción:	SI	Buena	34.7 – 61.9	Precalentada a 300°C	
Ensayo visual:	SI	Buena	Buena	Precalentada a 300°C	
Otros:	--	--	--	--	
Concluyo que el contenido del presente informe es correcto y concuerda con el código de soldadura AWS D 11.2 de hierro fundido y cumple con las pruebas de soldadura realizadas en función a este código.					
Elaborado por:	Milton Aldás		Fecha:	06-01-14 / 15-04-14	
Aprobado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		Institución:	UTA - FICM	



## ANEXO C

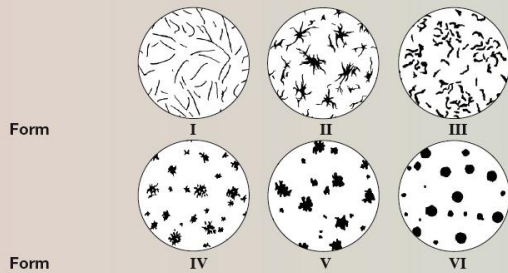
### ANEXO C1: Formas y tipos del grafito en fundiciones.



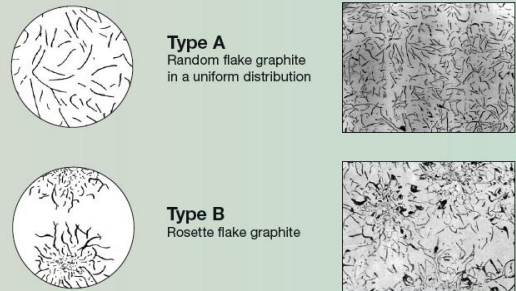
## Graphite Structures in Cast Irons

### Graphite forms

Diagrammatic representations of the standard graphite forms in cast irons

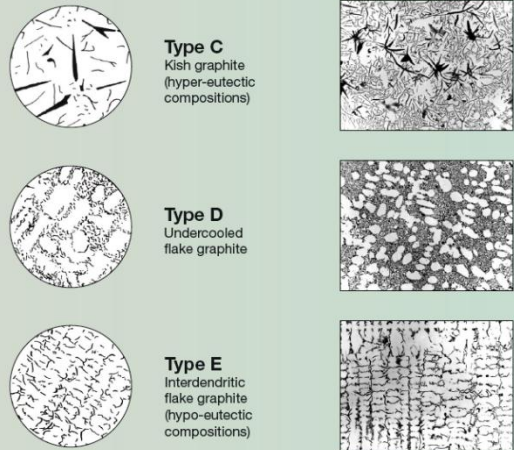
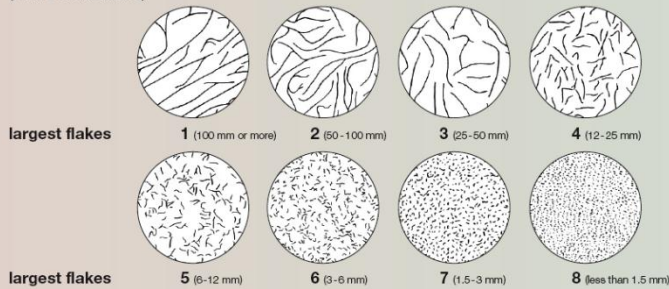


### Graphite distribution in grey cast iron



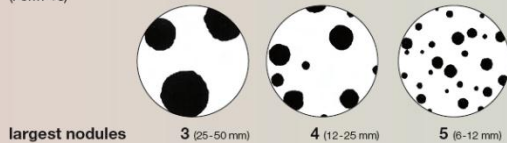
### Graphite sizes in grey cast iron

Diagrammatic representations of the standard flake graphite sizes in grey cast iron at x100 magnification (Form I Distribution A)



### Graphite size in ductile iron

Diagrammatic representations of the standard graphite nodule sizes in ductile iron at x100 magnification (Form VI)

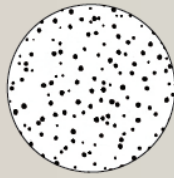


### Some abnormal graphite forms in ductile iron

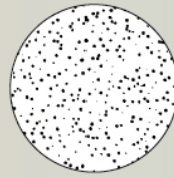


largest nodules

6 (3-6 mm)



7 (1.5-3 mm)



8 (less than 1.5 mm)

## Inoculants

Elkem manufactures and markets a series of high quality inoculants to treat cast iron and ensure the production of the ideal graphite form, distribution and freedom from chill (cementite). The following are examples taken from Elkem's extensive product portfolio.

Inoculant	Active Elements	Advantages and Uses
Superseed® 75/50	Si Sr	Low Al content. Low eutectic cell count through lower addition rates. High chill reduction.
Ultraseed®	Si Ca Ce (Al S O)	High nodule count. Improved nodularity. Helps to prevent micro-shrinkage. Reactivates "dead" irons.
Superseed® Extra	Si Sr Zr	In addition to the advantages of Superseed® 75 inoculant, Superseed® Extra produces grey irons with a refined graphite structure and enhanced mechanical properties.

All inoculants are available in sizes suitable for ladle or in-stream additions. Other inoculants for specialist applications are available.

## Preconditioner

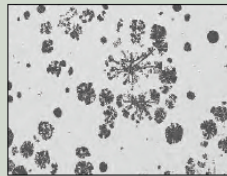
Product	Active Elements	Advantages and Uses
Preseed™	Si Al Ca Zr	Preseed™ is a powerful preconditioning agent for all cast irons to improve consistency in melting and increase mechanical properties.

## Nodularisers

Elkem manufactures and markets a range of high quality nodularising alloys to produce ductile and compacted graphite cast irons. They contain balanced ratios of the active elements to control reactivity, minimise slag and neutralise tramp elements.

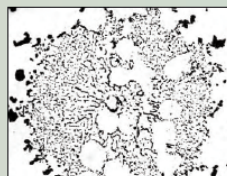
Product	Active Elements	Advantages and Uses
Elmag®	Si Mg Ca RE	A large number of grades ranging in chemistry from magnesium 4-10%, calcium from 0.2 to 3.5%, Rare Earths from 0.1 to 3%. Allows the choice of the ideal alloy for all foundry conditions.
Remag®	Si Mg Ca RE	High RE, low Mg alloy for low reactivity. Suited to thin section ductile iron castings.
Lamet®	Si Mg Ca La	Alloy for in-the-mould and ladle treatment of ductile iron. Helps to prevent shrinkage.
CompactMag™	Si Mg Ca RE	Highly effective alloy for the production of compacted graphite irons with reduced section sensitivity and wide production window.

Please refer to your local Elkem representative for further information on the range of products available for grey, compacted and ductile irons. Superseed®, Ultraseed®, Elmag®, Lamet® and Remag® are Registered Trademarks of Elkem AS. CompactMag™ and Preseed™ are trademarks of Elkem AS.



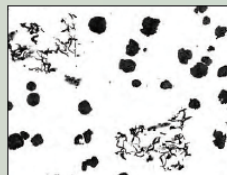
### Exploded graphite

Caused by high purity charge materials and excess rare earth additions in high carbon equivalent irons or in thicker section castings



### Chunky graphite

Caused by high purity charge materials and excess rare earth additions in large section castings or at high carbon equivalent



### Spiky graphite

Caused by small amounts of tramp elements, e.g. lead, bismuth, antimony and titanium, in the absence of cerium

The graphite form, distribution and size diagrams are taken from the international standard EN ISO 945:1994 by kind permission of the British Standards Institution, London, W4 4AL. Photographs of the graphite structures are reproduced by kind permission of Elkem Research, Kristiansand, Norway and the Castings Development Centre, Alvechurch, Birmingham, B48 7QB.

Description of a structure should follow the convention Form: Distribution: Size, e.g. Type IA4 for a grey cast iron Type V15 for a ductile iron

Fuente:

Elkem AS, Foundry Products Division, Hoffsvveien 65 b, P.O. Box 5211 Majorstua, N-0303 Oslo, Norway, [www.foundry.elkem.com](http://www.foundry.elkem.com)



Designation: A 247 – 67 (Reapproved 1998)

## Standard Test Method for Evaluating the Microstructure of Graphite in Iron Castings<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation A 247; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.*

### 1. Scope

1.1 This test method covers the classification of graphite in cast irons in terms of type, distribution, and size. This test method is intended to be applicable for all iron-carbon alloys containing graphite particles, and may be applied to gray irons, malleable irons, and the ductile (nodular) irons.

1.2 The reference standards included in this test method are in no way to be construed as specifications. In an appropriate specification for a specific material where graphite microstructure is an important consideration this test method may be used as a reference to define concisely the graphite microstructure required.

1.3 These standards are offered primarily to permit accurate reporting of microstructures of cast irons and to facilitate the comparison of reports by different laboratories or investigators.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety problems associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to consult and establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

### 2. Referenced Documents

- 2.1 *ASTM Standards:*
- E 3 Methods of Preparation of Metallographic Specimens<sup>2</sup>

### 3. Summary of Test Method

3.1 The reference diagrams included in this standard form the basis for classification. Characteristic features of graphite particles are designated by numerals and letters. Type, distribution, and size of observed graphite are compared with the idealized microstructures in the standard charts and rated accordingly as closely as possible to the equal or similar microstructures in the charts.

### 4. Significance and Use

4.1 The comparison of observed graphite particles with the structures shown in the charts give only purely descriptive information on the type, distribution, and size of the graphite in the sample being evaluated. It does not indicate except in a

very broad way the origin of the graphite, or the suitability of the iron-carbon alloy for a particular service.

### 5. Test Specimens or Samples

5.1 The preferred sample is a section cut from an actual casting that is being evaluated. When this is impractical, a test lug or projection often can be cast attached to the casting and sawed or broken off to be used as the sample. If neither of these methods is convenient, microscopical test coupons, such as that recommended by the Ductile Iron Research Committee (12K) of the American Foundrymen's Society<sup>3</sup> should be cast from metal representative of the castings poured.

### 6. Polishing

6.1 Grinding and polishing may follow the usual accepted metallographic procedures as covered in Methods E 3, except that care must be taken that the graphite is retained at the polished surface and not torn or dragged out. Use of diamond powder polishing compound in one of the final stages of polishing is very effective in retaining the graphite at the polished surface.

### 7. Classification of Graphite Form with Chart

7.1 The graphite form type chart (Plate I)<sup>4</sup> is used as a reference standard by scanning the polished specimen under the microscope and noting the graphite forms in the microstructure that more nearly correspond to type designations on the chart.

7.2 Type I is the normal and usually desirable graphite form in ductile iron, although the presence of Type II graphite forms has little or no adverse effect on properties. Graphite forms represented by Types IV through VI often occur in ductile iron in conjunction with Types I and II. The percentages of each graphite type are estimated by observation, or better, by counting the particles of each type. Types present in a sample are to be reported in percentages to total 100. Any convenient magnification that clearly reveals the graphite form may be used.

7.3 Type III is the graphite form most often seen in malleable iron castings after annealing. Some malleable irons may contain Types I or II graphite particles also.

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee A-4 on Iron Castings and is the direct responsibility of Subcommittee A04.21 on Testing. Current edition effective Aug. 25, 1967. Originally issued 1941. Replaces A 247-47.

<sup>2</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 03.01.

<sup>3</sup> *Transactions, American Foundrymen's Society*, 1960, p. 655.

<sup>4</sup> Plates I, II, and III may be obtained from ASTM Headquarters. Order ADIA0247.



7.4 Type VII is the flake graphite form usually seen in gray iron.

8. Classification of Graphite Distribution with Chart

8.1 The graphite distribution chart (Plate II)<sup>4</sup> is useful principally in rating flake graphite, Type VII, distributions in gray cast iron. Occasionally, however, graphite in malleable or ductile iron may occur in a nonrandom distribution pattern which the distributions B to E may be used to describe.

9. Classification of Graphite Size by Chart

9.1 Two series of size charts, one for flake graphite, and one for nodules, are shown in Plate III<sup>4</sup> to facilitate comparisons. At exactly 100 diameters magnification the *maximum* dimension of the graphite particles for the various size classes are shown in Table 1.

9.2 For direct comparison with the size classes in Plate III, the specimen to be evaluated should be projected on the ground glass screen, or photographed, at a magnification of exactly 100 diameters. Usually visual comparison with the chart is adequate to define the size class. If carefully calibrated, ocular

scales may be used to measure the serpentine length dimension of flakes or the diameter of nodules. Where a mixture of one or more sizes occurs in the same sample, the sizes may be reported as percentages of the total graphite area represented by the sizes involved. It is a common practice in malleable iron to use nodule count per unit area instead of a comparison chart as given here. Nodule count, with known free carbon content, is a measure of calculated average nodule area.

10. Report of Graphite Microstructure

10.1 To report the microstructure of graphite in cast iron the headings to be used are as follows: Sample identification; graphite form type or types; graphite distribution; graphite size class.

10.2 Graphite type, or types, is designated by a Roman numeral I through VII. Graphite distribution is designated by a capital letter A through E. Graphite size is designated by an Arabic numeral 1 through 8.

10.3 Graphite distribution is always designated for flake graphite irons, but may be omitted for malleable and ductile iron.

10.3.1 For example, a typical gray iron of normal graphite structure might be designated VII A4. If eutectiform graphite is present, the rating might be VII D7. Mixtures of these two may be described by giving both ratings with appropriate percentages, 70 % VII A4, 30 % VII D7.

10.3.2 A high-quality ductile iron could be designated I6. A slightly inferior ductile iron, with somewhat insufficient nodulizing alloy, might be 70 % I6, 30 % IV5.

10.3.3 Graphite in malleable irons may be similarly designated as Types III, II, or I and the size from the nodular size chart.

TABLE 1 Graphite Size

Size Class	Maximum Dimension at × 100, mm <sup>4</sup>
1	128
2	64
3	32
4	16
5	8
6	4
7	2
8	1

<sup>4</sup>The gradation of sizes shown in each size class from the maximum dimension were computer calculated at the National Bureau of Standards using data obtained from actual micrographs (Wyman, L. L., and Moore, G. A., "Quantitative Metallographic Evaluations of Graphite Microstructures," Modern Castings, Vol 43, No. 1, Jan. 1963, p. 7).

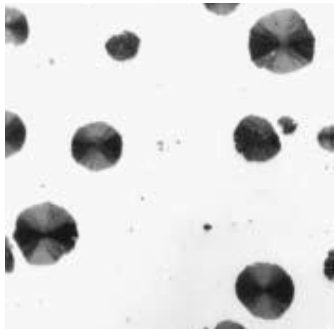
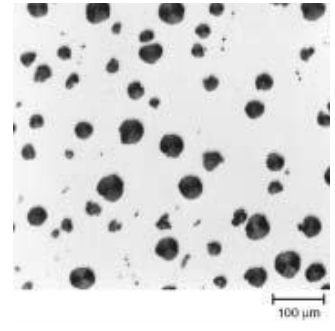
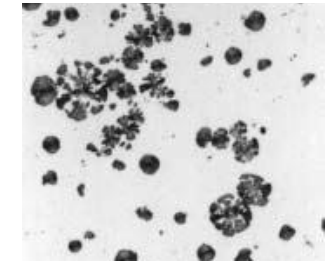
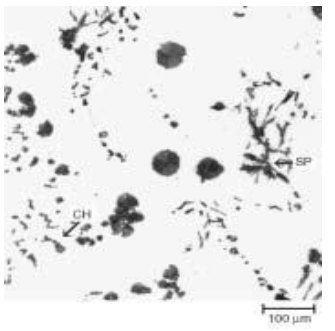
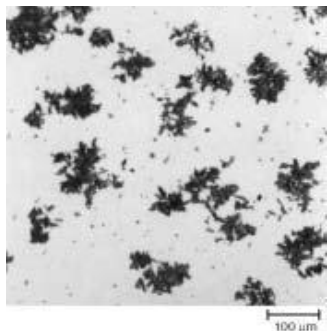
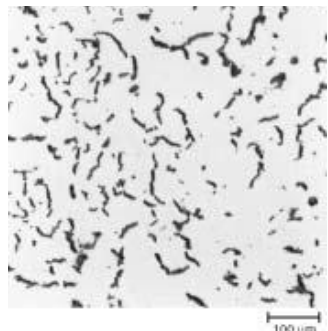
*The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

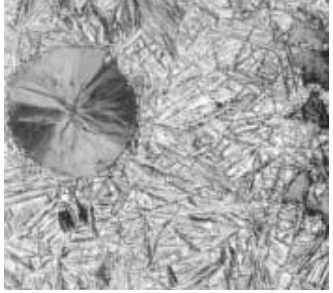
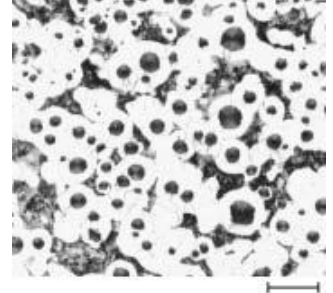
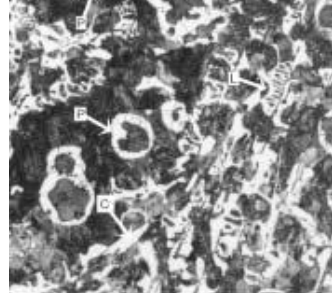
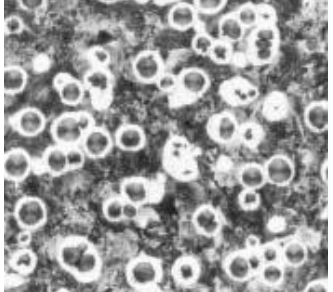
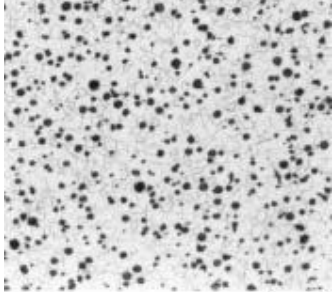
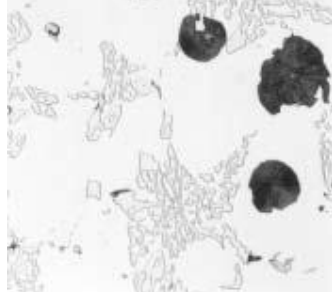
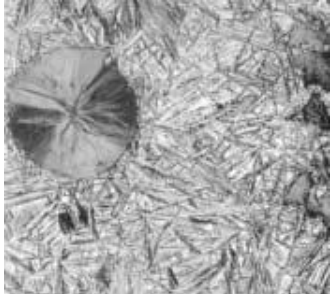
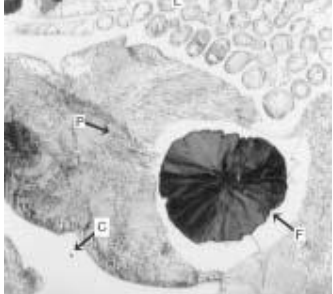
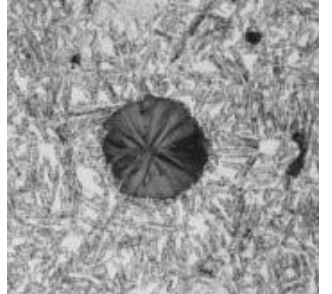
*This standard is copyrighted by ASTM, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).*

**ANEXO C3:** Comparación de microestructuras según el tipo de grafito.

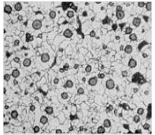
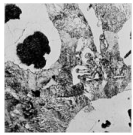
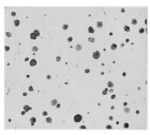
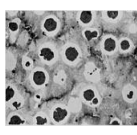
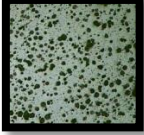
Del ensayo metalográfico realizado se tiene las micrografías del metal base de hierro nodular que serán comparadas con las del libro (ASM HANDBOOK Vol. 9, 2004, p. 248-253), Se puede producir una variedad de formas de grafito. La forma de grafito es el factor más importante que afecta a las propiedades mecánicas del hierro fundido nodular.

<b>MICROGRAFÍAS DEL HIERRO FUNDIDO SEGÚN LA FORMA DEL GRAFITO.</b>		
		
<p>Hierro fundido nodular con matriz ferrítica, muestran nódulos gruesos, con diámetros máximos de 40 Um respectivamente es de la forma <b>VI</b>. 400X.</p>	<p>Hierro fundido nodular matriz ferrítica. Forma imperfecta de los nódulos de grafito es de la forma <b>VI</b>. 100X</p>	<p>Hierro fundido nodular. Forma abierta causada por materiales de alta pureza y el exceso de tierras raras en las fundiciones de altos contenidos de carbono o en el colado de secciones gruesas de forma <b>V</b>, 100X.</p>
		
<p>Hierro nodular austemperizado tipo de grafito Chunky (CH) y de punta (SP) Causada por el exceso de adiciones de tierras raras en grandes piezas con altos contenidos de carbono, de forma <b>IV</b>, 100X</p>	<p>Hierro fundido maleable grafito tipo temper forma <b>II</b> o <b>III</b>, con un tamaño maximo de grano de 80Um, 100X</p>	<p>Hierro fundido con grafito compactado, forma de escamas hierros fundidos grises, de la forma <b>VII</b>, 100X</p>

**GRAFITO DE LA FORMA I o VI COMPARACION SEGÚN LA MATRIZ QUE RODEA AL GRAFITO NODULAR.**

	 <p align="right">100 μm</p>	 <p align="right">80 μm</p>
<p>Hierro fundido nodular austemperizado a 900°C, Ferrita y austenita Aciculares, nital 4%, 500X.</p>	<p>Hierro fundido nodular Ferrítico – perlitico, nital 4%, 100X.</p>	<p>Hierro fundido nodular cementita, ledeburita, perlita y ferrita alrededor de los nódulos de grafito, nital 4%, 100X.</p>
 <p align="right">100 μm</p>	 <p align="right">100 μm</p>	 <p align="right">20 μm</p>
<p>Hierro fundido nodular, matriz perlítica con ferrita alrededor de los nódulos de grafito, nital 4%, 100X.</p>	<p>Hierro fundido nodular, matriz Ferrítica recocido a 900°C, enfriamiento rápido hasta 730°C, enfriamiento lento hasta 600°C y refrigerado por aire, nital 4%, 100X.</p>	<p>Hierro fundido nodular austenitico, con carburos de austenita y tipo eutéctico M7C3, atacado con glicerina, 500X.</p>
		
<p>Hierro fundido nodular con ferrita y austenita a circulares, austemperizado a 900°C y enfriado en baño de sales a 360°C, nital 4%, 500X.</p>	<p>Hierro fundido nodular cementita, ledeburita, perlita y ferrita alrededor de los nódulos de grafito, nital 4%, 500X.</p>	<p>Hierro nodular con ferrita y austenita a circulares, austemperizado a 900°C y enfriado en baño de sales a 380°C, nital 4%, 500X.</p>

Comparación según los grados especificados en la norma ASTM A536 de la IRON CAST SECTION VIII.

<b>COMPARACIÓN DE PROPIEDADES SEGÚN EL GRADO DE HIERRO NODULAR (DÚCTIL) CON EL MATERIAL BASE DE LA INVESTIGACIÓN.</b>					
Grado →	60-40-18	65-45-12	<b>60-42-10</b>	70-50-05	<b>Material base.</b>
Propiedades ↓					
Resistencia a la tracción mín.	414 Mpa 60 Ksi	448 Mpa 65 Ksi	415 Mpa 60 Ksi	485 Mpa 70 Ksi	435.4 Mpa 63.3 Ksi
Limite elástico.	276 Mpa 40 Ksi	310 Mpa 45 Ksi	290 Mpa 42 Ksi	345 Mpa 50 Ksi	299 Mpa 43.2 Ksi
% de elongación.	18	12	10	05	11
Dureza HB.	149 – 187	170 – 207	150 – 220	170 – 240	176.73
Impacto J.	---	---	80 – 156	---	16.18
Matriz.	Ferrítica.	Mayor parte Ferrítica.	Hierro centrifugado Ferrítica	Ferrítica – perlítica.	Ferrítica.
Micrografía a 100X.					
<b>CONCLUSIÓN:</b>					
<p>El material base en comparación con los distintos grados que la norma estandariza se acopla de mejor manera con el grado 60 – 42 – 10 de donde se puede decir que el hierro fundido del presente estudio es de matriz Ferrítica, forma del grafito tipo VI, ASTM A536 de la iron cast section VIII, 1990, p. 6. Micrografías tomadas del Handbook Vol. 9 1992 p. 450 – 466.</p>					



## ANEXO C4: Norma ASTM A536 – 84 (1999)



Designation: A 536 – 84 (Reapproved 1999)<sup>e1</sup>

### Standard Specification for Ductile Iron Castings<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation A 536; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

<sup>e1</sup> Note—Keywords were added editorially in October 1999.

#### 1. Scope

1.1 This specification covers castings made of ductile iron, also known as spheroidal or nodular iron, that is described as cast iron with the graphite substantially spheroidal in shape and essentially free of other forms of graphite, as defined in Definitions A 644.

1.2 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard.

1.3 No precise quantitative relationship can be stated between the properties of the iron in various locations of the same casting or between the properties of castings and those of a test specimen cast from the same iron (see Appendix X1).

#### 2. Referenced Documents

##### 2.1 *ASTM Standards:*

A 370 Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products<sup>2</sup>

A 644 Terminology Relating to Iron Castings<sup>3</sup>

A 732/A 732M Specification for Castings, Investment, Carbon and Low-Alloy Steel for General Application, and Cobalt Alloy for High Strength at Elevated Temperatures<sup>3</sup>

E 8 Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials<sup>4</sup>

##### 2.2 *Military Standard:*

MIL-STD-129 Marking for Shipment and Storage<sup>5</sup>

#### 3. Ordering Information

3.1 Orders for material to this specification shall include the following information:

3.1.1 ASTM designation,

3.1.2 Grade of ductile iron required (see Table 1, and Sections 4 and 9),

3.1.3 Special properties, if required (see Section 7),

3.1.4 If a different number of samples are required (see Section 10),

3.1.5 Certification, if required (see Section 14), and

3.1.6 Special preparation for delivery, if required (see Section 15).

#### 4. Tensile Requirements

4.1 The iron represented by the test specimens shall conform to the requirements as to tensile properties presented in Table 1 and Table 2. The irons listed in Table 1 cover those in general use while those listed in Table 2 are used for special applications (such as pipes, fittings, etc.).

4.2 The yield strength shall be determined at 0.2 % offset by the offset method (see Test Methods E 8). Other methods may be used by mutual consent of the manufacturer and purchaser.

#### 5. Heat Treatment

5.1 The 60-40-18 grade will normally require a full ferritizing anneal. The 120-90-02 and the 100-70-03 grades generally require a quench and temper or a normalize and temper, or an isothermal heat treatment. The other two grades can be met either as-cast or by heat treatment. Ductile iron, that is heat treated by quenching to martensite and tempering, may have substantially lower fatigue strength than as cast material of the same hardness.

#### 6. Test Coupons

6.1 The separately cast test coupons from which the tension test specimens are machined shall be cast to the size and shape shown in Fig. 1 or Fig. 2. A modified keel block cast from the mold shown in Fig. 3 may be substituted for the 1-in. Y-block or the 1-in. keel block. The test coupons shall be cast in open molds made of suitable core sand having a minimum wall thickness of 1½ in. (38-mm) for the ½-in. (12.5 mm) and 1-in. (25-mm) sizes and 3-in. (75-mm) for the 3-in. size. The coupons shall be left in the mold until they have cooled to a black color (approximately 900°F (482°C) or less). The size of coupon cast to represent the casting shall be at the option of the purchaser. In case no option is expressed, the manufacturer shall make the choice.

<sup>1</sup> This specification is under the jurisdiction of the ASTM Committee A-4 on Castings and is the direct responsibility of Subcommittee A04.02 on Malleable and Ductile Iron Castings.

Current edition approved June 15, 1984. Published December 1984. Originally published as A 536 – 65T. Last previous edition A 536 – 80.

<sup>2</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.03.

<sup>3</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.02.

<sup>4</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

<sup>5</sup> Available from Standardization Documents Order Desk, Bldg. 4 Section D, 700 Robbins Ave., Philadelphia, PA 19111-5094, Attn: NPODS.

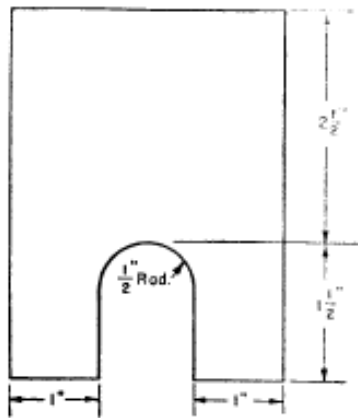
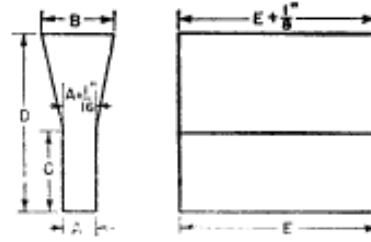


TABLE 1 Tensile Requirements

	Grade 60-40-18	Grade 65-45-12	Grade 80-55-06	Grade 100-70-03	Grade 120-90-02
Tensile strength, min, psi	60 000	65 000	80 000	100 000	120 000
Tensile strength, min, MPa	414	448	552	689	827
Yield strength, min, psi	40 000	45 000	55 000	70 000	90 000
Yield strength, min, MPa	276	310	379	483	621
Elongation in 2 in. or 50 mm, min, %	18	12	6.0	3.0	2.0

TABLE 2 Tensile Requirements for Special Applications

	Grade 60-42-10	Grade 70-50-05	Grade 80-60-03
Tensile strength, min, psi	60 000	70 000	80 000
Tensile strength, min, MPa	415	485	555
Yield strength, min, psi	42 000	50 000	60 000
Yield strength, min, MPa	290	345	415
Elongation in 2 in. or 50 mm, min, %	10	5	3



Metric Equivalents			
In.	mm	In.	mm
1/2	12.7	1 1/2	38.1
1	25.4	2 1/2	63.5

NOTE—The length of the keel block shall be 6 in. (152 mm).  
FIG. 1 Keel Block for Test Coupons

6.2 When investment castings are made to this specification, the manufacturer may use test specimens cast to size incorporated in the mold with the castings, or separately cast to size using the same type of mold and the same thermal conditions that are used to produce the castings. These test specimens shall be made to the dimensions shown in Fig. 1 of Specification A 732 or Figs. 5 and 6 of Methods and Definitions A 370.

6.3 The manufacturer may use separately cast test coupons or test specimens cut from castings when castings made to this specification are nodularized or inoculated in the mold. Separately cast test coupons shall have a chemistry that is representative of castings produced from the ladle poured and a cooling rate equivalent to that obtained with the test molds shown in Figs. 1 and 2, Figs. 4-6, or Appendix X2. The size (cooling rate) of the coupon chosen to represent the casting

Dimensions	"Y" Block Size					
	For Castings of Thickness Less Than 1/2 in. (13 mm)		For Castings of Thickness 1/2 in. (13 mm) to 1 1/2 in. (38 mm)		For Castings of Thickness of 1 1/2 in. (38 mm) and Over	
	In.	mm	In.	mm	In.	mm
A	1/2	13	1	25	3	75
B	1 1/4	40	2 1/4	54	5	125
C	2	50	3	75	4	100
D	4	100	6	150	8	200
E	7	175	7	175	7	175
	approx	approx	approx	approx	approx	approx

FIG. 2 Y-Blocks for Test Coupons

should be decided by the purchaser. If test coupon size is not specified, the manufacturer shall make the choice. When test bars will be cut from castings, test bar location shall be agreed on by the purchaser and manufacturer and indicated on the casting drawing. The manufacturer shall maintain sufficient controls and control documentation to assure the purchaser that properties determined from test coupons or test bars are representative of castings shipped.

6.4 The test coupons shall be poured from the same ladle or heat as the castings they represent.

6.5 Test coupons shall be subjected to the same thermal treatment as the castings they represent.

### 7. Special Requirements

7.1 When specified in the contract or purchase order, castings shall meet special requirements as to hardness, chemical composition, microstructure, pressure tightness, radiographic soundness, magnetic particle inspection dimensions, and surface finish.

### 8. Workmanship, Finish, and Appearance

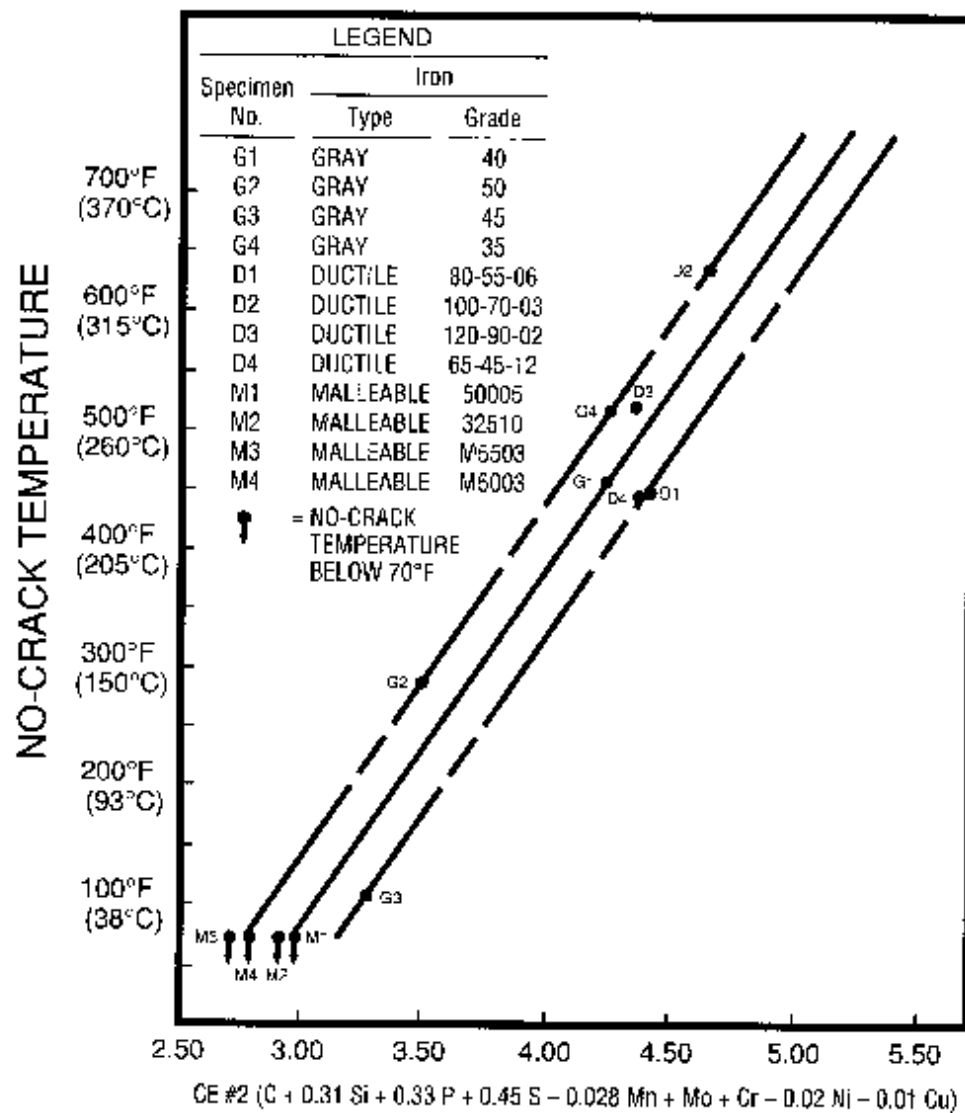
8.1 The castings shall be smooth, free of injurious defects, and shall conform substantially to the dimensions of the drawing or pattern supplied by the purchaser.

**ANEXO C5: Section VIII the ductile iron cast (DATA FOR DESIGN ENGINEERS)**

**DUCTILE IRON DATA  
FOR DESIGN ENGINEERS**

**WELDING, BRAZING, DIFFUSION BONDING, ADHESIVE BONDING**

*Figure 8.1 Relationship between carbon equivalent and no-crack temperature for cast irons.*



ANEXO C6: Ductile Iron Cast Section VIII.

**ASTM A 476 DUCTILE IRON CASTINGS FOR PAPER MILL DRYER ROLLS**

**Chemical Requirements**

The castings shall conform to the following chemical requirements:

Total carbon, min, %	3.0
Silicon, max, %	3.0
Phosphorus, max, %	0.08
Sulfur, max, %	0.05

The castings shall have a carbon equivalent of 3.8 to 4.5 inclusive.

**Tensile Requirements**

Test Coupon Section Thickness	1 in.	3 in.
Tensile strength, min, ksi	80	80
Yield strength, min, ksi	60	60
Elongation in 2 in., min, %	3.0	1.0

**ASTM A 536 DUCTILE IRON CASTINGS**

**Tensile Requirements**

	Grade 60/40/18	Grade 65/45/12	Grade 80/55/06	Grade 100/70/03	Grade 120/90/02
Tensile strength, min, psi	60 000	65 000	80 000	100 000	120 000
Tensile strength, min, MPa	414	448	552	689	827
Yield strength, min, psi	40 000	45 000	55 000	70 000	90 000
Yield strength, min, MPa	276	310	379	483	621
Elongation in 2 in. or 50 mm, min, %	18	12	6.0	3.0	2.0

**Tensile Requirements for Special Applications**

	Grade 60/42/10	Grade 70/50/05	Grade 80/60/03
Tensile strength, min, psi	60 000	70 000	80 000
Tensile strength, min, MPa	415	485	555
Yield strength, min, psi	42 000	50 000	60 000
Yield strength, min, MPa	290	345	415
Elongation in 2 in. or 50 mm, min, %	10	5	3

**SECTION XII**



Designation: E 8 – 01

American Association State  
Highway and Transportation Officials Standard  
AASHTO No.: T88  
An American National Standard

## Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation E 8; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.*

### 1. Scope \*

1.1 These test methods cover the tension testing of metallic materials in any form at room temperature, specifically, the methods of determination of yield strength, yield point elongation, tensile strength, elongation, and reduction of area.

NOTE 1—A complete metric companion to Test Methods E 8 has been developed, therefore, no metric equivalents are shown in these test methods. Committee E28 was granted an exception in 1997 by the Committee on Standards to maintain E8 and E8M as separate companion standards rather than combining standards as recommended by the Form and Style Manual.

NOTE 2—Gage lengths in these test methods are required to be 4D for most round specimens. Test specimens made from powder metallurgy (PM) materials are exempt from this requirement by industry-wide agreement to keep the pressing of the material to a specific projected area and density.

NOTE 3—Exceptions to the provisions of these test methods may need to be made in individual specifications or test methods for a particular material. For examples, see Test Methods and Definitions A 370 and Test Methods B 557.

NOTE 4—Room temperature shall be considered to be 50 to 100°F unless otherwise specified.

1.2 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

### 2. Referenced Documents

#### 2.1 ASTM Standards:

A 356/A 356M Specification for Steel Castings, Carbon, Low Alloy, and Stainless Steel, Heavy-Walled for Steam Turbines<sup>2</sup>

A 370 Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products<sup>3</sup>

B 557 Test Methods of Tension Testing Wrought and Cast

#### Aluminum- and Magnesium-Alloy Products<sup>4</sup>

E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines<sup>5</sup>

E 6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing<sup>5</sup>

E 8M Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials [Metric]<sup>5</sup>

E 29 Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications<sup>6</sup>

E 83 Practice for Verification and Classification of Extensometers<sup>5</sup>

E 345 Test Methods of Tension Testing of Metallic Foil<sup>5</sup>

E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method<sup>6</sup>

E 1012 Practice for Verification of Specimen Alignment Under Tensile Loading<sup>5</sup>

### 3. Terminology

3.1 *Definitions*—The definitions of terms relating to tension testing appearing in Terminology E 6 shall be considered as applying to the terms used in these test methods of tension testing. Additional terms being defined are as follows:

3.1.1 *discontinuous yielding*—a hesitation or fluctuation of force observed at the onset of plastic deformation, due to localized yielding. (The stress-strain curve need not appear to be discontinuous.)

3.1.2 *lower yield strength, LYS* [ $FL^{-2}$ ]*—*the minimum stress recorded during discontinuous yielding, ignoring transient effects.

3.1.3 *upper yield strength, UYS* [ $FL^{-2}$ ]*—*the first stress maximum (stress at first zero slope) associated with discontinuous yielding.

3.1.4 *yield point elongation, YPE*—the strain (expressed in percent) separating the stress-strain curve's first point of zero slope from the point of transition from discontinuous yielding to uniform strain hardening. If the transition occurs over a range of strain, the YPE end point is the intersection between (a) a horizontal line drawn tangent to the curve at the last zero slope and (b) a line drawn tangent to the strain hardening portion of the stress-strain curve at the point of inflection. If

<sup>1</sup> These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee E28 on Mechanical Testing and are the direct responsibility of Subcommittee E28.04 on Uniaxial Testing.

Current edition approved Oct. 10, 2001. Published December 2001. Originally published as E 8 – 24 T. Last previous edition E 8 – 00b.

<sup>2</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.02.

<sup>3</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.03.

<sup>4</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 02.02.

<sup>5</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

<sup>6</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

\*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.



This standard is issued under the fixed designation E 8; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.*

## 1. Scope <sup>+</sup>

1.1 These test methods cover the tension testing of metallic materials in any form at room temperature, specifically, the methods of determination of yield strength, yield point elongation, tensile strength, elongation, and reduction of area.

NOTE 1—A complete metric companion to Test Methods E 8 has been developed, therefore, no metric equivalents are shown in these test methods. Committee E28 was granted an exception in 1997 by the Committee on Standards to maintain E8 and E8M as separate companion standards rather than combining standards as recommended by the Form and Style Manual.

NOTE 2—Gage lengths in these test methods are required to be 4D for most round specimens. Test specimens made from powder metallurgy (P/M) materials are exempt from this requirement by industry-wide agreement to keep the pressing of the material to a specific projected area and density.

NOTE 3—Exceptions to the provisions of these test methods may need to be made in individual specifications or test methods for a particular material. For examples, see Test Methods and Definitions A 370 and Test Methods B 557.

NOTE 4—Room temperature shall be considered to be 50 to 100°F unless otherwise specified.

1.2 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

## 2. Referenced Documents

### 2.1 ASTM Standards:

A 356/A 356M Specification for Steel Castings, Carbon, Low Alloy, and Stainless Steel, Heavy-Walled for Steam Turbines<sup>2</sup>

A 370 Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products<sup>3</sup>

B 557 Test Methods of Tension Testing Wrought and Cast

Aluminum- and Magnesium-Alloy Products<sup>4</sup>

E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines<sup>5</sup>

E 6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing<sup>5</sup>

E 8M Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials [Metric]<sup>5</sup>

E 29 Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications<sup>6</sup>

E 83 Practice for Verification and Classification of Extensometers<sup>5</sup>

E 345 Test Methods of Tension Testing of Metallic Foil<sup>5</sup>

E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method<sup>6</sup>

E 1012 Practice for Verification of Specimen Alignment Under Tensile Loading<sup>5</sup>

## 3. Terminology

3.1 *Definitions*—The definitions of terms relating to tension testing appearing in Terminology E 6 shall be considered as applying to the terms used in these test methods of tension testing. Additional terms being defined are as follows:

3.1.1 *discontinuous yielding*—a hesitation or fluctuation of force observed at the onset of plastic deformation, due to localized yielding. (The stress-strain curve need not appear to be discontinuous.)

3.1.2 *lower yield strength, LYS* [ $FL^{-2}$ ]—the minimum stress recorded during discontinuous yielding, ignoring transient effects.

3.1.3 *upper yield strength, UYS* [ $FL^{-2}$ ]—the first stress maximum (stress at first zero slope) associated with discontinuous yielding.

3.1.4 *yield point elongation, YPE*—the strain (expressed in percent) separating the stress-strain curve's first point of zero slope from the point of transition from discontinuous yielding to uniform strain hardening. If the transition occurs over a range of strain, the YPE end point is the intersection between (a) a horizontal line drawn tangent to the curve at the last zero slope and (b) a line drawn tangent to the strain hardening portion of the stress-strain curve at the point of inflection. If

<sup>1</sup> These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee E28 on Mechanical Testing and are the direct responsibility of Subcommittee E28.04 on Uniaxial Testing.

Current edition approved Oct. 10, 2001. Published December 2001. Originally published as E 8 - 24 T. Last previous edition E 8 - 00b.

<sup>2</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.02.

<sup>3</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.03.

<sup>4</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 02.02.

<sup>5</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

<sup>6</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

\*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.

there is no point at or near the onset of yielding at which the slope reaches zero, the material has 0 % YPE.

3.1.5 *uniform elongation,  $El_u$ , [%]*—the elongation determined at the maximum force sustained by the test piece just prior to necking and/or fracture.

3.1.5.1 *Discussion*—Uniform elongation includes both elastic and plastic elongation.

#### 4. Significance and Use

4.1 Tension tests provide information on the strength and ductility of materials under uniaxial tensile stresses. This information may be useful in comparisons of materials, alloy development, quality control, and design under certain circumstances.

4.2 The results of tension tests of specimens machined to standardized dimensions from selected portions of a part or material may not totally represent the strength and ductility properties of the entire end product or its in-service behavior in different environments.

4.3 These test methods are considered satisfactory for acceptance testing of commercial shipments. The test methods have been used extensively in the trade for this purpose.

#### 5. Apparatus

5.1 *Testing Machines*—Machines used for tension testing shall conform to the requirements of Practices E 4. The forces used in determining tensile strength and yield strength shall be within the verified force application range of the testing machine as defined in Practices E 4.

##### 5.2 *Gripping Devices*:

5.2.1 *General*—Various types of gripping devices may be used to transmit the measured force applied by the testing machine to the test specimens. To ensure axial tensile stress within the gage length, the axis of the test specimen should coincide with the center line of the heads of the testing machine. Any departure from this requirement may introduce bending stresses that are not included in the usual stress computation (force divided by cross-sectional area).

NOTE 5—The effect of this eccentric force application may be illustrated by calculating the bending moment and stress thus added. For a standard 1/8-in. diameter specimen, the stress increase is 1.5 percentage points for each 0.001 in. of eccentricity. This error increases to 2.24 percentage points/0.001 in. for a 0.350-in. diameter specimen and to 3.17 percentage points/0.001 in. for a 0.250-in. diameter specimen.

NOTE 6—Alignment methods are given in Practice E 1012.

5.2.2 *Wedge Grips*—Testing machines usually are equipped with wedge grips. These wedge grips generally furnish a satisfactory means of gripping long specimens of ductile metal and flat plate test specimens such as those shown in Fig. 1. If, however, for any reason, one grip of a pair advances farther than the other as the grips tighten, an undesirable bending stress may be introduced. When liners are used behind the wedges, they must be of the same thickness and their faces must be flat and parallel. For best results, the wedges should be supported over their entire lengths by the heads of the testing machine. This requires that liners of several thicknesses be available to cover the range of specimen thickness. For proper gripping, it is desirable that the entire length of the serrated face of each wedge be in contact with the specimen. Proper

alignment of wedge grips and liners is illustrated in Fig. 2. For short specimens and for specimens of many materials it is generally necessary to use machined test specimens and to use a special means of gripping to ensure that the specimens, when under load, shall be as nearly as possible in uniformly distributed pure axial tension (see 5.2.3, 5.2.4, and 5.2.5).

5.2.3 *Grips for Threaded and Shouldered Specimens and Brittle Materials*—A schematic diagram of a gripping device for threaded-end specimens is shown in Fig. 3, while Fig. 4 shows a device for gripping specimens with shouldered ends. Both of these gripping devices should be attached to the heads of the testing machine through properly lubricated spherical-seated bearings. The distance between spherical bearings should be as great as feasible.

5.2.4 *Grips for Sheet Materials*—The self-adjusting grips shown in Fig. 5 have proven satisfactory for testing sheet materials that cannot be tested satisfactorily in the usual type of wedge grips.

5.2.5 *Grips for Wire*—Grips of either the wedge or snubbing types as shown in Fig. 5 and Fig. 6 or flat wedge grips may be used.

5.3 *Dimension-Measuring Devices*—Micrometers and other devices used for measuring linear dimensions shall be accurate and precise to at least one half the smallest unit to which the individual dimension is required to be measured.

5.4 *Extensometers*—Extensometers used in tension testing shall conform to the requirements of Practice E 83 for the classifications specified by the procedure section of this test method. Extensometers shall be used and verified to include the strains corresponding to the yield strength and elongation at fracture (if determined).

5.4.1 Extensometers with gage lengths equal to or shorter than the nominal gage length of the specimen (dimension shown as "G-Gage Length" in the accompanying figures) may be used to determine the yield behavior. For specimens without a reduced section (for example, full cross sectional area specimens of wire, rod, or bar), the extensometer gage length for the determination of yield behavior shall not exceed 80 % of the distance between grips. For measuring elongation at fracture with an appropriate extensometer, the gage length of the extensometer shall be equal to the nominal gage length required for the specimen being tested.

#### 6. Test Specimens

##### 6.1 *General*:

6.1.1 *Specimen Size*—Test specimens shall be either substantially full size or machined, as prescribed in the product specifications for the material being tested.

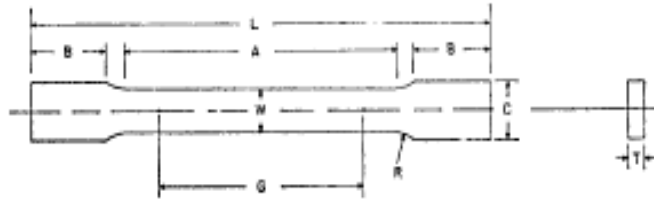
6.1.2 *Location*—Unless otherwise specified, the axis of the test specimen shall be located within the parent material as follows:

6.1.2.1 At the center for products 1 1/2 in. or less in thickness, diameter, or distance between flats.

6.1.2.2 Midway from the center to the surface for products over 1 1/2 in. in thickness, diameter, or distance between flats.

6.1.3 *Specimen Machining*—Improperly prepared test specimens often are the reason for unsatisfactory and incorrect test results. It is important, therefore, that care be exercised in the preparation of specimens, particularly in the machining, to





	Dimensions		
	Standard Specimens		Subsize Specimen
	Plate-Type, 1½-in. Wide	Sheet-Type, ½-in. Wide	¼-in. Wide
	In.	In.	In.
G—Gage length (Note 1 and Note 2)	8.00 ± 0.01	2.000 ± 0.005	1.000 ± 0.003
W—Width (Note 3 and Note 4)	1½ + ¼, - ¼	0.500 ± 0.010	0.250 ± 0.005
T—Thickness (Note 5)		thickness of material	
R—Radius of fillet, min (Note 6)	1	½	¼
L—Over-all length, (Note 2, Note 7 and Note 8)	18	8	4
A—Length of reduced section, min	9	2¼	1¼
B—Length of grip section, (Note 8)	3	2	1¼
C—Width of grip section, approximate (Note 4 and Note 9)	2	¾	¾

NOTE 1—For the 1½-in. wide specimen, punch marks for measuring elongation after fracture shall be made on the flat or on the edge of the specimen and within the reduced section. Either a set of nine or more punch marks 1 in. apart, or one or more pairs of punch marks 8 in. apart may be used.

NOTE 2—When elongation measurements of 1½-in. wide specimens are not required, a minimum length of reduced section (A) of 2¼ in. may be used with all other dimensions similar to those of the plate-type specimen.

NOTE 3—For the three sizes of specimens, the ends of the reduced section shall not differ in width by more than 0.004, 0.002 or 0.001 in., respectively. Also, there may be a gradual decrease in width from the ends to the center, but the width at each end shall not be more than 0.015, 0.005, or 0.003 in., respectively, larger than the width at the center.

NOTE 4—For each of the three sizes of specimen, narrower widths (W and C) may be used when necessary. In such cases the width of the reduced section should be as large as the width of the material being tested permits; however, unless stated specifically, the requirements for elongation in a product specification shall not apply when these narrower specimens are used.

NOTE 5—The dimension T is the thickness of the test specimen as provided for in the applicable material specifications. Minimum thickness of 1½-in. wide specimens shall be ⅜ in. Maximum thickness of ½-in. and ¼-in. wide specimens shall be ¼ in. and ⅛ in., respectively.

NOTE 6—For the 1½-in. wide specimen, a ½-in. minimum radius at the ends of the reduced section is permitted for steel specimens under 100 000 psi in tensile strength when a profile cutter is used to machine the reduced section.

NOTE 7—The dimension shown is suggested as a minimum. In determining the minimum length, the grips must not extend in to the transition section between Dimensions A and B, see Note 9.

NOTE 8—To aid in obtaining axial force application during testing of ½-in. wide specimens, the over-all length should be as large as the material will permit, up to 8.00 in.

NOTE 9—It is desirable, if possible, to make the length of the grip section large enough to allow the specimen to extend into the grips a distance equal to two thirds or more of the length of the grips. If the thickness of ½-in. wide specimens is over ¼ in., longer grips and correspondingly longer grip sections of the specimen may be necessary to prevent failure in the grip section.

NOTE 10—For the three sizes of specimens, the ends of the specimen shall be symmetrical in width with the center line of the reduced section within 0.10, 0.05 and 0.005 in., respectively. However, for referee testing and when required by product specifications, the ends of the ½-in. wide specimen shall be symmetrical within 0.01 in.

NOTE 11—For each specimen type, the radii of all fillets shall be equal to each other within a tolerance of 0.05 in., and the centers of curvature of the two fillets at a particular end shall be located across from each other (on a line perpendicular to the centerline) within a tolerance of 0.10 in.

NOTE 12—Specimens with sides parallel throughout their length are permitted, except for referee testing, provided: (a) the above tolerances are used; (b) an adequate number of marks are provided for determination of elongation; and (c) when yield strength is determined, a suitable extensometer is used. If the fracture occurs at a distance of less than 2W from the edge of the gripping device, the tensile properties determined may not be representative of the material. In acceptance testing, if the properties meet the minimum requirements specified, no further testing is required, but if they are less than the minimum requirements, discard the test and retest.

FIG. 1 Rectangular Tension Test Specimens

maximize precision and minimize bias in test results.

6.1.3.1 The reduced sections of prepared specimens should be free of cold work, notches, chatter marks, grooves, gouges, burrs, rough surfaces or edges, overheating, or any other condition which can deleteriously affect the properties to be measured.

NOTE 7—Punching or blanking of the reduced section may produce significant cold work or shear burrs, or both, along the edges which should be removed by machining.

6.1.3.2 Within the reduced section of rectangular speci-

mens, edges or corners should not be ground or abraded in a manner which could cause the actual cross-sectional area of the specimen to be significantly different from the calculated area.

6.1.3.3 For brittle materials, large radius fillets at the ends of the gage length should be used.

6.1.3.4 The cross-sectional area of the specimen should be smallest at the center of the reduced section to ensure fracture within the gage length. For this reason, a small taper is permitted in the reduced section of each of the specimens described in the following sections.

## ANEXO C8: ASTM E10



Designation: E 10 – 01<sup>e1</sup>

American Association State Highway  
and Transportation Officials Standard  
AASHTO No.: T70–86

### Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation E 10; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.*

<sup>e1</sup> NOTE—Section 8.4.1 was editorially updated in June 2004.

#### 1. Scope<sup>2</sup>

1.1 This test method (Test Method A) covers the determination of the Brinell hardness of metallic materials, including methods for the verification of Brinell hardness testing machines (Test Method B) and the calibration of standardized hardness test blocks (Test Method C).

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard.

NOTE 1—In common terminology, the equivalent force in kgf is substituted for N.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

#### 2. Referenced Documents

##### 2.1 ASTM Standards:

- E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines<sup>2</sup>
- E 29 Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications<sup>3</sup>
- E 74 Practice of Calibration of Force-Measuring Instruments for Verifying the Force Indication of Testing Machines<sup>2</sup>
- E 140 Hardness Conversion Tables for Metals Relationship Among Brinell Hardness, Vickers Hardness, Rockwell Hardness, Rockwell Superficial Hardness, Knoop Hardness, and Scleroscope Hardness<sup>2</sup>

#### 3. Terminology

##### 3.1 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.1.1 *Brinell hardness number*—a number, which is proportional to the quotient obtained by dividing the test force by the

curved surface area of the indentation which is assumed to be spherical and of the diameter of the ball.

$$\text{HBW} = 0.102 \times \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (\text{See Table 1}) \quad (1)$$

where:

$D$  = diameter of the ball, mm,

$F$  = test force, N, and

$d$  = mean diameter of the indentation, mm.

The Brinell hardness is denoted by the symbol: HBW.

3.1.1.1 *Discussion*—In former standards, a steel ball was allowed for hardness values below 450. In cases when a steel ball was used, the Brinell hardness was denoted by HB or HBS.

3.1.1.2 *Discussion*—The symbol HBW is preceded by the hardness value. When conditions other than those specified in 11.1.2 are used, the hardness value is supplemented by an index indicating the test conditions in the order:

(1) Diameter of the ball, in mm,

(2) A value representing the test force in kgf (see Table 3), and,

(3) Duration of loading, in s.

Examples:

350 HBW 5/750 = Brinell hardness of 350 determined with a ball of 5-mm diameter and with a test force of 7.355 kN (750 kgf) applied for 10 to 15 s.

600 HBW 1/30/20 = Brinell hardness of 600 determined with a ball of 1-mm diameter and with a test force of 294.2 N (30 kgf) applied for 20 s.

3.1.1.3 *Discussion*—Brinell hardness numbers vary with the test force used; however, test results will generally be in agreement when the ratio of the test force to the square of the ball diameter is held constant (see Table 3).

3.1.1.4 *Discussion*—Table 2 lists the Brinell hardness numbers corresponding to various diameters of indentations for 29.4 kN (3000 kgf), 14.7 kN (1500 kgf), and 4.90 kN (500 kgf) test forces making it unnecessary to calculate for each test the value of the Brinell hardness number by the above equation in Table 1 when these forces are used with a 10-mm diameter ball.

3.1.2 *Brinell hardness test*—an indenter (tungsten carbide ball with diameter  $D$ ) is forced into the surface of a test piece and the diameter of the indentation  $d$  left in the surface after removal of the test force,  $F$ , is measured. (see Table 1 and Figs. 1 and 2.)

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee E28 on Mechanical Testing and is the direct responsibility of Subcommittee E28.06 on Indentation Hardness Testing.

Current edition approved February 10, 2001. Published April 2001. Originally published as E 10 – 24 T. Last previous edition E 10 – 00a.

<sup>2</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 03.01.

<sup>3</sup> *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 14.02.



TABLE 1 Symbols and Designations

NOTE 1—Constant =  $\frac{1}{\sigma_n} = \frac{1}{9.80665} = 0.102$

Symbol	Designation
<i>D</i>	Diameter of the ball, mm
<i>F</i>	Test force, N
<i>d</i>	Mean diameter of the indentation, mm
<i>h</i>	Depth of the indentation, mm
HBW	$\frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2}$
	Brinell hardness
	= Constant × $\frac{\text{Test force}}{\text{Surface area of indentation}}$
	= $0.102 \times \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$

3.1.2.1 *Discussion*—The tungsten carbide ball may be used for materials with a Brinell hardness not exceeding 650.

3.1.3 *calibration*—adjustment of the significant parameters by comparison with values indicated by a reference instrument or by a set of reference standards.

3.1.4 *verification*—checking or testing to assure conformance with the specification.

4. Significance and Use

4.1 The Brinell hardness test is an empirical indentation hardness test. Brinell hardness tests provide useful information about metallic materials. This information may correlate to tensile strength, wear resistance, ductility, or other physical characteristics of metallic materials, and may be useful in quality control and selection of materials. Brinell hardness testing at the specific location on a part may not represent the physical characteristics of the whole part or end product. Brinell hardness tests are considered satisfactory for acceptance testing of commercial shipments, and they have been used extensively in industry for this purpose.

TEST METHOD A—GENERAL DESCRIPTION AND TEST PROCEDURE FOR BRINELL HARDNESS TESTS

5. Apparatus

5.1 *Testing Machine*—Equipment for Brinell hardness testing usually consists of a testing machine which supports the test specimen and applies an indenting force to a ball in contact with the specimen. The design of the testing machines shall be such that no rocking or lateral movement of the indenter or specimen occurs while the force is being applied. The design of the testing machine shall ensure that the force to the indenter shall be applied smoothly and without impact forces. Precautions shall be taken to prevent a momentary high test force caused by the inertia of the system, hydraulic system overshoot, etc. See equipment manufacturer’s instruction manual for a description of the machine’s characteristics, limitations, and respective operating procedure.

5.2 *Brinell Balls*:

5.2.1 The standard ball for Brinell hardness testing shall be 10.000 mm in diameter with a deviation from this value of not more than 0.005 mm in any diameter. The ball shall be polished and free of surface defects. Smaller balls having the diameters

and tolerances indicated in Table 4 may be used also provided the precautions set forth in 8.1 are observed.

5.2.2 The tungsten carbide ball indenter shall have a minimum hardness of 1500 HV10.

NOTE 2—*Caution*: The Brinell test is not recommended for material having hardness over 650 HBW (see 8.1).

5.2.2.1 The chemical composition of tungsten carbide balls shall be:

Tungsten Carbide (WC)	Balance
Cobalt (Co)	5.0 to 7.0 %
Total other Carbides	2.0 % max

5.2.2.2 The use of hardened steel ball indenters has been eliminated from this test method. Only tungsten carbide balls may now be used for this test method.

5.2.3 If a ball is used to test a specimen which shows a Brinell hardness greater than 650, the result should be considered suspect and the ball inspected for damage. If there is any evidence of damage, the ball shall be replaced.

5.3 *Measuring Device*—The divisions of the micrometer scale of the microscope or other measuring devices used for the measurement of the diameter of the indentations shall be such as to permit the direct measuring of the diameter to 0.1 mm and the estimation of the diameter to 0.05 mm.

NOTE 3—This requirement applies to the construction of the device only and is not a requirement for measurement of the indentation.

6. Test Specimen

6.1 There is no standard shape or size for a Brinell test specimen. The specimen upon which the indentation is made shall conform to the following:

6.1.1 *Thickness*—The thickness of the specimen tested shall be such that no bulge or other marking showing the effect of the test force appears on the side of the piece opposite the indentation. As a general rule, the thickness of the specimen shall be at least ten times the depth of the indentation (Table 5).

6.1.2 The minimum width shall conform with the requirements of 8.3.

6.1.3 *Finish*—When necessary, the surface on which the indentation is to be made shall be filed, ground, machined or polished with abrasive material so that the edge of the indentation shall be clearly defined to permit the measurement of the diameter to the specified accuracy (see 9.1). Care should be taken to avoid overheating or cold working the surface.

7. Verification of Testing Machine

7.1 *Verification Methods*—The hardness testing machine shall be verified in accordance with one of the two acceptable methods of verifying Brinell hardness testing machines as given in Test Method B.

7.2 *Test Force Range*—When direct verification is used, the Brinell hardness testing machine is acceptable for use over a test force range within which the error in test force does not exceed ±1 %. When indirect verification is used, the Brinell hardness machine is acceptable for use over a test force range within which the mean hardness value obtained is within ±3 % of the Brinell hardness of the standardized test blocks used.

**TABLE 2 Brinell Hardness Numbers<sup>a</sup>**  
(Ball 10 mm in Diameter, Applied Forces of 500, 1500, and 3000 kgf)

NOTE 1—The values given in this table for Brinell hardness numbers are merely solutions of the equation given in the definition in 3.1.1, and include values for indentation diameters outside the ranges recommended in 8.1. These values are indicated by italics.

Diameter of Indentation, mm	Brinell Hardness Number			Diameter of Indentation, mm	Brinell Hardness Number			Diameter of Indentation, mm	Brinell Hardness Number			Diameter of Indentation, mm	Brinell Hardness Number		
	500-kgf Force	1500-kgf Force	3000-kgf Force		500-kgf Force	1500-kgf Force	3000-kgf Force		500-kgf Force	1500-kgf Force	3000-kgf Force		500-kgf Force	1500-kgf Force	3000-kgf Force
2.00	158	473	945	2.60	92.6	278	555	3.20	60.5	182	363	3.80	42.4	127	255
2.01	156	468	936	2.61	91.8	276	551	3.21	60.1	180	361	3.81	42.2	127	253
2.02	154	463	926	2.62	91.1	273	547	3.22	59.8	179	359	3.82	42.0	126	252
2.03	153	459	917	2.63	90.4	271	543	3.23	59.4	178	356	3.83	41.7	125	250
2.04	151	454	908	2.64	89.7	269	538	3.24	59.0	177	354	3.84	41.5	125	249
2.05	150	450	899	2.65	89.0	267	534	3.25	58.6	176	352	3.85	41.3	124	248
2.06	148	445	890	2.66	88.4	265	530	3.26	58.3	175	350	3.86	41.1	123	246
2.07	147	441	882	2.67	87.7	263	526	3.27	57.9	174	347	3.87	40.9	123	245
2.08	146	437	873	2.68	87.0	261	522	3.28	57.5	173	345	3.88	40.6	122	244
2.09	144	432	865	2.69	86.4	259	518	3.29	57.2	172	343	3.89	40.4	121	242
2.10	143	428	856	2.70	85.7	257	514	3.30	56.8	170	341	3.90	40.2	121	241
2.11	141	424	848	2.71	85.1	255	510	3.31	56.5	169	339	3.91	40.0	120	240
2.12	140	420	840	2.72	84.4	253	507	3.32	56.1	168	337	3.92	39.8	119	239
2.13	139	416	832	2.73	83.8	251	503	3.33	55.8	167	335	3.93	39.6	119	237
2.14	137	412	824	2.74	83.2	250	499	3.34	55.4	166	333	3.94	39.4	118	236
2.15	136	408	817	2.75	82.6	248	495	3.35	55.1	165	331	3.95	39.1	117	235
2.16	135	404	809	2.76	81.9	246	492	3.36	54.8	164	329	3.96	38.9	117	234
2.17	134	401	802	2.77	81.3	244	488	3.37	54.4	163	326	3.97	38.7	116	232
2.18	132	397	794	2.78	80.8	242	485	3.38	54.1	162	325	3.98	38.5	116	231
2.19	131	393	787	2.79	80.2	240	481	3.39	53.8	161	323	3.99	38.3	115	230
2.20	130	390	780	2.80	79.6	239	477	3.40	53.4	160	321	4.00	38.1	114	229
2.21	129	386	772	2.81	79.0	237	474	3.41	53.1	159	319	4.01	37.9	114	228
2.22	128	383	765	2.82	78.4	235	471	3.42	52.8	158	317	4.02	37.7	113	226
2.23	126	379	758	2.83	77.9	234	467	3.43	52.5	157	315	4.03	37.5	113	225
2.24	125	376	752	2.84	77.3	232	464	3.44	52.2	156	313	4.04	37.3	112	224
2.25	124	372	745	2.85	76.8	230	461	3.45	51.8	156	311	4.05	37.1	111	223
2.26	123	369	738	2.86	76.2	229	457	3.46	51.5	155	309	4.06	37.0	111	222
2.27	122	366	732	2.87	75.7	227	454	3.47	51.2	154	307	4.07	36.8	110	221
2.28	121	363	725	2.88	75.1	225	451	3.48	50.9	153	306	4.08	36.6	110	219
2.29	120	359	719	2.89	74.6	224	448	3.49	50.6	152	304	4.09	36.4	109	218
2.30	119	356	712	2.90	74.1	222	444	3.50	50.3	151	302	4.10	36.2	109	217
2.31	118	353	706	2.91	73.6	221	441	3.51	50.0	150	300	4.11	36.0	108	216
2.32	117	350	700	2.92	73.0	219	438	3.52	49.7	149	298	4.12	35.8	108	215
2.33	116	347	694	2.93	72.5	218	435	3.53	49.4	148	297	4.13	35.7	107	214
2.34	115	344	688	2.94	72.0	216	432	3.54	49.2	147	295	4.14	35.5	106	213
2.35	114	341	682	2.95	71.5	215	429	3.55	48.9	147	293	4.15	35.3	106	212
2.36	113	338	676	2.96	71.0	213	426	3.56	48.6	146	292	4.16	35.1	105	211
2.37	112	335	670	2.97	70.5	212	423	3.57	48.3	145	290	4.17	34.9	105	210
2.38	111	332	665	2.98	70.1	210	420	3.58	48.0	144	288	4.18	34.8	104	209
2.39	110	330	659	2.99	69.6	209	417	3.59	47.7	143	286	4.19	34.6	104	208
2.40	109	327	653	3.00	69.1	207	415	3.60	47.5	142	285	4.20	34.4	103	207
2.41	108	324	648	3.01	68.6	206	412	3.61	47.2	142	283	4.21	34.2	103	205
2.42	107	322	643	3.02	68.2	205	409	3.62	46.9	141	282	4.22	34.1	102	204
2.43	106	319	637	3.03	67.7	203	406	3.63	46.7	140	280	4.23	33.9	102	203
2.44	105	316	632	3.04	67.3	202	404	3.64	46.4	139	278	4.24	33.7	101	202
2.45	104	313	627	3.05	66.8	200	401	3.65	46.1	138	277	4.25	33.6	101	201
2.46	104	311	621	3.06	66.4	199	398	3.66	45.9	138	275	4.26	33.4	100	200
2.47	103	308	616	3.07	65.9	198	395	3.67	45.6	137	274	4.27	33.2	99.7	199
2.48	102	306	611	3.08	65.5	196	393	3.68	45.4	136	272	4.28	33.1	99.2	198
2.49	101	303	606	3.09	65.0	195	390	3.69	45.1	135	271	4.29	32.9	98.8	198
2.50	100	301	601	3.10	64.6	194	388	3.70	44.9	135	269	4.30	32.8	98.3	197
2.51	99.4	298	597	3.11	64.2	193	385	3.71	44.6	134	268	4.31	32.6	97.8	196
2.52	98.6	296	592	3.12	63.8	191	383	3.72	44.4	133	266	4.32	32.4	97.3	195
2.53	97.8	294	587	3.13	63.3	190	380	3.73	44.1	132	265	4.33	32.3	96.8	194
2.54	97.1	291	582	3.14	62.9	189	378	3.74	43.9	132	263	4.34	32.1	96.4	193
2.55	96.3	289	578	3.15	62.5	188	375	3.75	43.6	131	262	4.35	32.0	95.9	192
2.56	95.5	287	573	3.16	62.1	186	373	3.76	43.4	130	260	4.36	31.8	95.5	191
2.57	94.8	284	569	3.17	61.7	185	370	3.77	43.1	129	259	4.37	31.7	95.0	190
2.58	94.0	282	564	3.18	61.3	184	368	3.78	42.9	129	257	4.38	31.5	94.5	189
2.59	93.3	280	560	3.19	60.9	183	366	3.79	42.7	128	256	4.39	31.4	94.1	188

## 8. Procedure

8.1 *Magnitude of Test Force*—Typically, the force in the standard Brinell test shall be 29.42 kN (3000 kgf), 14.7 kN

(1500 kgf), or 4.90 kN (500 kgf). It is recommended that the diameter of the indentation be between 24 and 60 % of the ball diameter. A lower limit in indentation diameter is necessary

ANEXO C9: Tabla de conversión de durezas.

# Tabla de Conversión de Dureza

Vickers HV	Rockwell				Rockwell Superficial			Brinell HB	Shore HS	Vickers HV	Rockwell		Rockwell Superficial		
	HRA	HRB	HRC	HRD	15N	30N	45N				HRB	HS	HRB	HRF	15T
	588.4 N (50 kgf) Diamante	900.7 N (100 kgf) Bola 1/16"	1431 N (15 kgf) Diamante	588.2 N (100 kgf) Diamante	147.1 N (0.5 kgf) Diamante	294.2 N (30 kgf) Diamante	441.3 N (45 kgf) Diamante	294.2 KN (300 kgf) Bola 10 mm	JIS Bola 1/16 pulg		900.7 N (100 kgf) Bola 1/16"	588.4 N (60 kgf) Bola 1/16"	1431 N (0.5 kgf) Bola 1/16"	294.2 N (30 kgf) Bola 1/16"	441.3 N (45 kgf) Bola 1/16"
910	85.6	-	68.0	76.9	932	844	754	-	98.0	196	93.5	110.0	90.0	77.5	66.0
920	85.3	-	67.5	76.5	930	840	743	-	96.8	194	-	109.5	-	-	65.5
900	85.0	-	67.0	76.1	929	836	742	-	95.6	192	93.0	-	-	77.0	65.0
880	84.7	-	66.4	75.7	927	831	736	-	94.3	190	92.5	109.0	-	76.5	64.5
860	84.4	-	65.9	75.3	925	827	731	-	93.1	188	92.0	-	89.5	-	64.0
840	84.1	-	65.3	74.8	923	822	722	-	91.7	186	91.5	108.5	-	76.0	63.5
820	83.8	-	64.7	74.3	921	817	718	733	90.4	184	91.0	-	-	75.5	63.0
800	83.4	-	64.0	73.8	918	811	710	722	89.0	182	90.5	108.0	89.0	-	62.5
780	83.0	-	63.3	73.3	915	804	702	710	87.6	180	90.0	107.5	-	75.0	62.0
760	82.6	-	62.5	72.6	912	797	694	697	86.2	178	89.0	-	-	74.5	61.5
740	82.2	-	61.8	72.1	910	791	686	684	84.8	176	88.5	107.0	-	-	61.0
720	81.8	-	61.0	71.5	907	784	677	670	83.3	174	88.0	-	88.5	74.0	60.5
700	81.3	-	60.1	70.8	903	776	667	656	81.8	172	87.5	106.5	-	73.5	60.0
680	81.1	-	59.7	70.5	901	772	662	648	81.0	170	87.0	-	-	-	59.5
660	80.8	-	59.2	70.1	898	768	657	639	80.2	168	86.0	106.0	88.0	73.0	59.0
670	80.6	-	58.8	69.8	897	764	653	630	79.4	166	85.5	-	-	72.5	58.5
660	80.3	-	58.3	69.4	895	759	647	621	78.6	164	85.0	105.5	-	72.0	58.0
650	80.0	-	57.8	69.0	892	755	641	612	77.8	162	84.0	105.0	87.5	-	57.5
640	79.8	-	57.3	68.7	890	751	635	602	77.0	160	83.5	-	-	71.5	56.5
630	79.5	-	56.8	68.3	888	746	630	592	76.2	158	83.0	104.5	-	71.0	56.0
620	79.2	-	56.3	67.9	885	742	624	583	75.4	156	82.0	104.0	87.0	70.5	55.5
610	78.9	-	55.7	67.5	882	736	617	574	74.5	154	81.5	103.5	-	70.0	54.5
600	78.6	-	55.2	67.0	880	732	612	565	73.7	152	80.5	103.0	-	-	54.0
590	78.4	-	54.7	66.7	878	727	605	555	72.8	150	80.0	-	86.5	69.5	53.5
580	78.0	-	54.1	66.2	875	721	599	546	72.0	148	79.0	102.5	-	69.0	53.0
570	77.8	-	53.6	65.8	872	717	593	536	71.1	146	78.0	102.0	-	68.5	52.5
560	77.4	-	53.0	65.4	869	712	586	525	70.2	144	77.5	101.5	86.0	68.0	51.5
550	77.0	-	52.3	64.8	866	705	578	517	69.3	142	77.0	101.0	-	67.5	51.0
540	76.7	-	51.7	64.4	863	700	570	508	68.4	140	76.0	100.5	85.5	67.0	50.0
530	76.4	-	51.1	63.9	860	695	562	498	67.5	138	75.0	100.0	-	66.5	49.0
520	76.1	-	50.5	63.5	857	690	556	488	66.6	136	74.5	99.5	85.0	66.0	48.0
510	75.7	-	49.8	62.9	854	683	547	479	65.6	134	73.5	99.0	-	65.5	47.5
500	75.3	-	49.1	62.2	850	677	539	470	64.7	132	73.0	98.5	84.5	65.0	46.5
490	74.9	-	48.4	61.6	847	671	531	461	63.7	130	72.0	98.0	84.0	64.5	46.5
480	74.5	-	47.7	61.3	843	664	522	451	62.8	128	71.0	97.5	-	63.5	45.0
470	74.1	-	46.9	60.7	839	657	513	442	61.8	126	70.0	97.0	83.5	63.0	44.0
460	73.6	-	46.1	60.1	836	649	504	434	60.8	124	69.0	96.5	-	62.5	43.0
450	73.3	-	45.3	59.4	832	643	494	425	59.8	122	68.0	96.0	83.0	62.0	42.0
440	72.8	-	44.5	58.8	828	635	484	415	58.8	120	67.0	95.5	-	61.0	41.0
430	72.3	-	43.6	58.2	823	627	474	405	57.8	118	66.0	95.0	82.5	60.5	40.0
420	71.8	-	42.7	57.5	818	619	464	397	56.7	116	65.0	94.5	82.0	60.0	39.0
410	71.4	-	41.8	56.8	814	611	453	388	55.7	114	64.0	94.0	81.5	59.5	38.0
400	70.8	-	40.8	56.0	810	602	441	379	54.6	112	63.0	93.0	81.0	58.5	37.0
390	70.3	-	39.8	55.2	803	593	429	369	53.6	110	62.0	92.6	80.5	58.0	36.5
380	69.8	110.0	38.8	54.4	798	584	417	360	52.5	108	61.0	92.0	-	57.0	34.5
370	69.2	-	37.7	53.6	792	574	404	350	51.4	106	59.5	91.2	80.0	56.0	33.0
360	68.7	109.0	36.6	52.8	786	564	391	341	50.3	104	58.0	90.5	79.5	55.0	32.0
350	68.1	-	35.5	51.9	780	554	378	331	49.2	102	57.0	89.8	79.0	54.5	30.5
340	67.6	108.0	34.4	51.1	774	544	365	322	48.1	100	56.0	89.0	78.5	53.5	29.5
330	67.0	-	33.3	50.2	768	536	352	313	46.9	98	54.0	88.0	78.0	52.5	28.0
320	66.4	107.0	32.2	49.4	762	523	339	303	45.7	96	53.0	87.2	77.5	51.5	26.5
310	65.8	-	31.0	48.4	756	513	325	294	44.6	94	51.0	86.3	77.0	50.5	24.5
300	65.2	105.5	29.8	47.5	749	502	311	284	43.4	92	49.5	85.4	76.5	49.0	23.0
295	64.8	-	29.2	47.1	746	497	304	280	42.8	90	47.5	84.4	75.5	48.0	21.0
290	64.5	104.5	28.5	46.5	742	490	295	275	42.2	88	46.0	83.5	75.0	47.0	19.0
285	64.2	-	27.8	46.0	738	484	287	270	41.6	86	44.0	82.3	74.5	45.5	17.0
280	63.8	103.5	27.1	45.3	734	478	279	265	41.0	84	42.0	81.2	73.5	44.0	14.5
275	63.5	-	26.4	44.9	730	472	271	261	40.4	82	40.0	80.0	73.0	43.0	12.5
270	63.1	102.0	25.6	44.3	726	464	262	256	39.7	80	37.5	78.6	72.0	41.0	10.0
265	62.7	-	24.8	43.7	721	457	252	252	39.1	78	35.0	77.4	71.5	39.5	7.5
260	62.4	101.0	24.0	43.1	716	450	243	247	38.5	76	32.5	76.0	70.5	38.0	4.5
255	62.0	-	23.1	42.2	706	442	232	243	37.9	74	30.0	74.8	70.0	36.0	1.0
250	61.6	99.5	22.2	41.7	706	434	222	238	37.2	72	27.5	73.2	69.0	34.0	-
245	61.2	-	21.3	41.1	701	425	211	233	36.6	70	24.5	71.6	68.0	32.0	-
240	60.7	98.1	20.3	40.3	696	417	199	228	36.0	68	21.5	70.0	67.0	30.0	-
230	-	96.7	18.0	-	-	-	-	219	34.7	66	18.5	68.5	66.0	28.0	-
220	-	95.0	15.7	-	-	-	-	209	33.4	64	15.5	66.8	65.0	25.5	-
210	-	93.4	13.4	-	-	-	-	200	32.0	62	12.5	65.0	63.5	23.0	-
200	-	91.5	11.0	-	-	-	-	190	30.7	60	10.0	63.0	62.5	20.0	-
190	-	89.5	8.5	-	-	-	-	181	29.4	58	-	61.0	61.0	18.0	-
180	-	87.1	6.0	-	-	-	-	171	28.0	56	-	58.8	60.0	15.0	-
170	-	85.0	3.0	-	-	-	-	162	26.6	54	-	56.5	58.5	12.0	-
160	-	81.7	0.0	-	-	-	-	152	25.2	52	-	53.5	57.0	-	-
150	-	78.7	-	-	-	-	-	143	23.8	50	-	50.5	55.5	-	-
140	-	75.0	-	-	-	-	-	133	22.3	49	-	49.0	54.5	-	-
130	-	71.2	-	-	-	-	-	124	20.8	48	-	47.0	53.5	-	-
120	-	66.7	-	-	-	-	-	114	19.4	47	-	45.0	-	-	-
110	-	62.3	-	-	-	-	-	105	17.9	46	-	43.0	-	-	-
100	-	56.2	-	-	-	-	-	95	16.3	45	-	40.0	-	-	-





## ANEXO C10: Norma ASTM E23 - 02<sup>a</sup>

This document is not an ASTM standard and is intended only to provide the user of an ASTM standard an indication of what changes have been made to the previous version. Because it may not be technically possible to adequately depict all changes accurately, ASTM recommends that users consult prior editions as appropriate. In all cases only the current version of the standard as published by ASTM is to be considered the official document.



Designation: E 23 – 02a

### Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation E 23; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.*

#### 1. Scope

1.1 These test methods describe notched-bar impact testing of metallic materials by the Charpy (simple-beam) test and the Izod (cantilever-beam) test. They give the requirements for: test specimens, test procedures, test reports, test machines (see Annex A1) verifying Charpy impact machines (see Annex A2), optional test specimen configurations (see Annex A3), precracking Charpy V-notch specimens (see Annex A4), designation of test specimen orientation (see Annex A5), and determining the percent of shear fracture on the surface of broken impact specimens (see Annex A6). In addition, information is provided on the significance of notched-bar impact testing (see Appendix X1), methods of measuring the center of strike (see Appendix X2), and the availability of Charpy V-notch verification specimens (see Appendix X3).

1.2 These test methods do not address the problems associated with impact testing at temperatures below  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-320\text{ }^{\circ}\text{F}$ ,  $77\text{-}^{\circ}\text{K}$ ).

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. Inch-pound units are provided for information only.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.* Specific precautionary statements are given in Section 5.

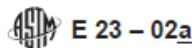
#### 2. Referenced Documents

##### 2.1 ASTM Standards:

E 177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods<sup>2</sup>

<sup>1</sup> These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee E28 on Mechanical Testing and are the direct responsibility of Subcommittee E28.07 on Impact Testing.

Current edition approved May 10, 2002. Published June 2002. May 2003. Originally published as E 23 – 22 T, approved in 1933. Last previous edition approved 2002 as E 23 – 01+2.



E 399 Test Method for Plane-Strain Fracture Toughness of Metallic Materials<sup>3</sup>

E 604 Test Method for Dynamic Tear Energy of Metallic Materials<sup>3</sup>

E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method<sup>2</sup>

E 1271 Practice for Qualifying Charpy Verification Specimens of Heat-treated Steel<sup>3</sup>

E 1313 Guide for Recommended Formats for Data Records Used in Computerization of Mechanical Test Data for Metals<sup>4</sup>

#### 3. Summary of Test Method

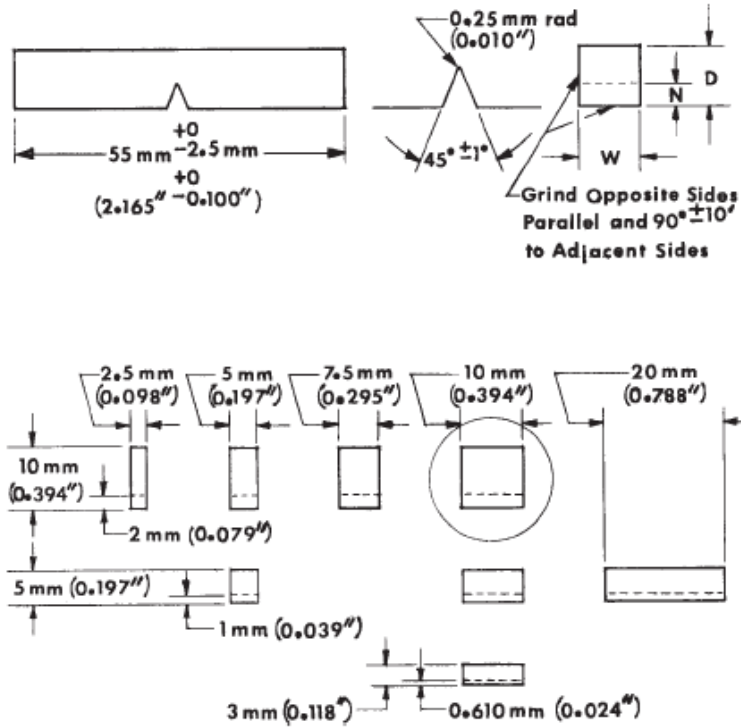
3.1 The essential features of an impact test are: a suitable specimen (specimens of several different types are recognized), ~~a set of anvils~~, and ~~specimen support assembly supports~~ on which the test specimen is placed to receive the blow of the moving mass, a moving mass that has sufficient energy to break the specimen placed in its path, and a device for measuring the energy absorbed by the broken specimen.

#### 4. Significance and Use

4.1 These test methods of impact testing relate specifically to the behavior of metal when subjected to a single application of a force resulting in multi-axial stresses associated with a notch, coupled with high rates of loading and in some cases with high or low temperatures. For some materials and temperatures the results of impact tests on notched specimens, when correlated with service experience, have been found to predict the likelihood of brittle fracture accurately. Further information on significance appears in Appendix X1.

**E 23 – 02a**

On subsize specimens the length, notch angle, and notch radius are constant (see Fig. 1); depth (*D*), notch depth (*N*), and width (*W*) vary as indicated below.



NOTE 1—Circled specimen is the standard specimen (see Fig. 1).

NOTE 2—Permissible variations shall be as follows:

Cross-section dimensions	±1 % or ±0.075 mm (0.003 in.), whichever is smaller
Radius of notch	±0.025 mm (0.001 in.)
Depth of notch	±0.025 mm (0.001 in.)
Finish requirements	2 μm (83 μin.) on notched surface and opposite face; 4 μm (125 μin.) on other two surfaces

**FIG. A3.1 Charpy (Simple-Beam) Subsize (Type A) Impact Test Specimens**



Designation: E 190 – 92 (Reapproved 2003)

## Standard Test Method for Guided Bend Test for Ductility of Welds<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation E 190; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

### 1. Scope

1.1 This test method covers a guided bend test for the determination of soundness and ductility of welds in ferrous and nonferrous products. Defects, not shown by X rays, may appear in the surface of a specimen when it is subjected to progressive localized overstressing. This guided bend test has been developed primarily for plates and is not intended to be substituted for other methods of bend testing.

1.2 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard. The SI equivalents are in parentheses and may be approximate.

NOTE 1—For additional information see Terminology E 6, and American Welding Society Standard D 1.1.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

### 2. Referenced Documents

#### 2.1 ASTM Standards:

E 6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing<sup>2</sup>

#### 2.2 AWS Standard:

D1.1 Structural Welding Code, Steel<sup>3</sup>

### 3. Summary of Test Method

3.1 The specimen is bent in a U-shaped die by means of a centrally applied force to the weldment in a flat specimen supported at two positions equidistant from the line of force application. The specimen is forced into the die by a plunger having the shape necessary to produce the desired contour. The convex surface of the bent specimen is examined for cracks or other open defects.

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee E28 on Mechanical Testing and is the direct responsibility of Subcommittee E28.02 on Ductility and Flexure.

Current edition approved Aug. 10, 2003. Published September 2003. Originally approved in 1961. Last previous edition approved in 1997 as E 190 – 92 (1997).

<sup>2</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

<sup>3</sup> Available from The American Welding Society (AWS), 550 NW LeJeune Rd., Miami, FL 33126.

### 4. Significance and Use

4.1 The guided bend test as described in this test method is used to evaluate the quality of welds as a function of ductility as evidenced by their ability to resist cracking during bending.

### 5. Apparatus

5.1 The guided bend test jig is shown in Fig. 1 (see Explanatory Notes at end of this test method).

### 6. Sampling

6.1 Sampling is performed in accordance with the requirements of relevant specifications and codes.

### 7. Test Specimens

7.1 The types of specimens generally used for guided bend testing are rectangular ones machined from plates and pipes. The face surface of the flat specimen contains the greater width of the weld material, while the opposite side is called the root surface.

7.1.1 *Transverse Side Bend*—The weld is transverse to the longitudinal axis of the specimen which is bent so that either one of the side surfaces becomes the convex surface of the bent specimen (Fig. 2 and Fig. 3).

7.1.2 *Transverse Face Bend*—The weld is transverse to the longitudinal axis of the specimen which is bent so that the weld face surface becomes the convex surface of the bent specimen (Fig. 4).

7.1.3 *Transverse Root Bend*—The weld is transverse to the longitudinal axis of the specimen which is bent so that the weld-root surface becomes the convex surface of the bent specimen (Fig. 4).

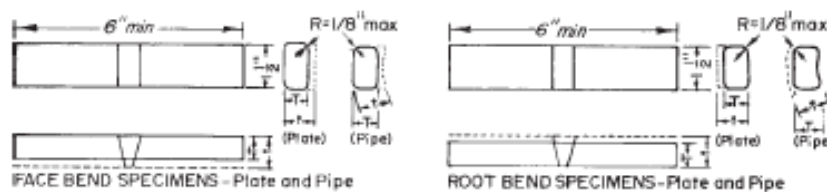
7.1.4 *Longitudinal Face Bend*—The weld is parallel to the longitudinal axis of the specimen which is bent so that the weld-face surface becomes the convex surface of the bent specimen (Fig. 5).

7.1.5 *Longitudinal Root Bend*—The weld is parallel to the longitudinal axis of the specimen which is bent so that the weld root surface becomes the convex surface of the bent specimen (Fig. 5).





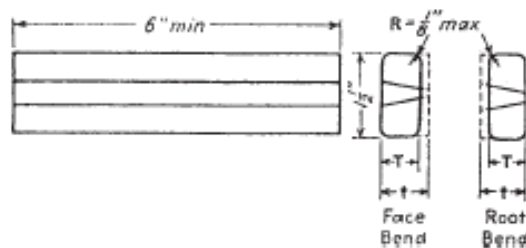
ASTM E 190 – 92 (2003)



NOTE 1— $\frac{1}{8}$  in. = 3.2 mm;  $\frac{1}{4}$  in. = 38 mm; 6 in. = 152 mm.

NOTE 2—Weld reinforcement and backing strip or backing ring, if any, shall be removed flush with the surface of the specimen. The specimen shall be machined to a thickness,  $T$ , which must be specified in relation to  $t$ . If a recessed ring is used, this surface of the specimen may be machined to a depth not exceeding the depth of the recess to remove the ring, except that in such cases the thickness of the finished specimen shall meet the specified relationship to  $t$ . Do not flame-cut nonferrous material. When the original wall thickness of pipe exceeds  $\frac{1}{8}$  in. (9.5 mm), excess material shall be machined from the inside surface of face-bend specimens and the outside surface of root-bend specimens. For Boiler Code nonferrous materials, see Table QN-8, Section IX on Welding Qualifications of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code, 1965.

FIG. 4 Transverse Face- and Root-Bend Specimens, Plate and Pipe



NOTE 1— $\frac{1}{8}$  in. = 3.2 mm;  $\frac{1}{4}$  in. = 38 mm; 6 in. = 152 mm.

NOTE 2—Weld reinforcement and backing strip, if any, shall be removed flush with the surface of the specimen. The specimen shall be machined to a thickness,  $T$ , which must be specified in relation to  $t$ . If a recessed strip is used, this surface of the specimen may be machined to a depth not exceeding the depth of the recess to remove the strip, except that in such cases the thickness of the finished specimen shall meet the specified relationship to  $t$ . For Boiler Code Materials, see Table QN-8, Section IX on Welding Qualifications of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code, 1965.

FIG. 5 Longitudinal Face- and Root-Bend Specimens, Plate

EXPLANATORY NOTES

EXPLANATORY NOTES ON BEND TEST JIG

NOTE 1—Either hardened and greased shoulders or hardened rollers free to rotate shall be used.

NOTE 2—The shoulders or rollers shall have a minimum width of 2 in. (50.8 mm) for the placement of the specimen.

NOTE 3—The length of the specimen shall be such that the ends will not interfere with the seating of the specimen.

NOTE 4—The plunger shall be fitted with an appropriate base and

provisions for attachment to the testing machine; and shall be designed to minimize deflection and misalignment.

NOTE 5—The die member shall be fitted with an appropriate base designed to safeguard against deflection or misalignment and equipped with means for keeping the shoulders or rollers over the midpoint and aligned with respect to the plunger.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9555 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).



# Especificaciones de la norma API 1104

## 5.6 TESTING OF WELDED JOINTS—BUTT WELDS

### 5.6.1 Preparation

To test the butt-welded joint, test specimens shall be cut from the joint at the locations shown in Figure 3. (See Section 13 for testing requirements for the flash welding procedure.) The minimum number of test specimens and the tests to which they shall be subjected are given in Table 2. The specimens shall be prepared as shown in Figure 4, 5, 6, or 7. For pipe less than 2.375 in. (60.3 mm) in outside diameter, two test welds shall be performed to obtain the required number of test specimens. The specimens shall be air cooled to ambient temperature prior to being tested. For pipe less than or equal to 1.315 in. (33.4 mm) in outside diameter, one full-section specimen may be substituted for the four reduced-section nick-break and root-bend specimens. The full-section specimen shall be tested in accordance with 5.6.2.2 and shall meet the requirements of 5.6.2.3.

### 5.6.2 Tensile-Strength Test

#### 5.6.2.1 Preparation

The tensile-strength test specimens (see Figure 4) shall be approximately 9 in. (230 mm) long and approximately 1 in. (25 mm) wide. They may be machine cut or oxygen cut, and no other preparation is needed unless the sides are notched or are not parallel. If necessary, the specimens shall be machined so that the sides are smooth and parallel.

#### 5.6.2.2 Method

The tensile-strength test specimens shall be broken under tensile load using equipment capable of measuring the load at

which failure occurs. The tensile strength shall be computed by dividing the maximum load at failure by the smallest cross-sectional area of the specimen, as measured before the load is applied.

#### 5.6.2.3 Requirements

The tensile strength of the weld, including the fusion zone of each specimen, shall be greater than or equal to the specified minimum tensile strength of the pipe material but need not be greater than or equal to the actual tensile strength of the material. If the specimen breaks outside the weld and fusion zone (that is, in the parent pipe material) and meets the minimum tensile-strength requirements of the specification, the weld shall be accepted as meeting the requirements.

If the specimen breaks in the weld or fusion zone and the observed strength is greater than or equal to the specified minimum tensile strength of the pipe material and meets the soundness requirements of 5.6.3.3, the weld shall be accepted as meeting the requirements.

If the specimen breaks below the specified minimum tensile strength of the pipe material, the weld shall be set aside and a new test weld shall be made.

### 5.6.3 Nick-Break Test

#### 5.6.3.1 Preparation

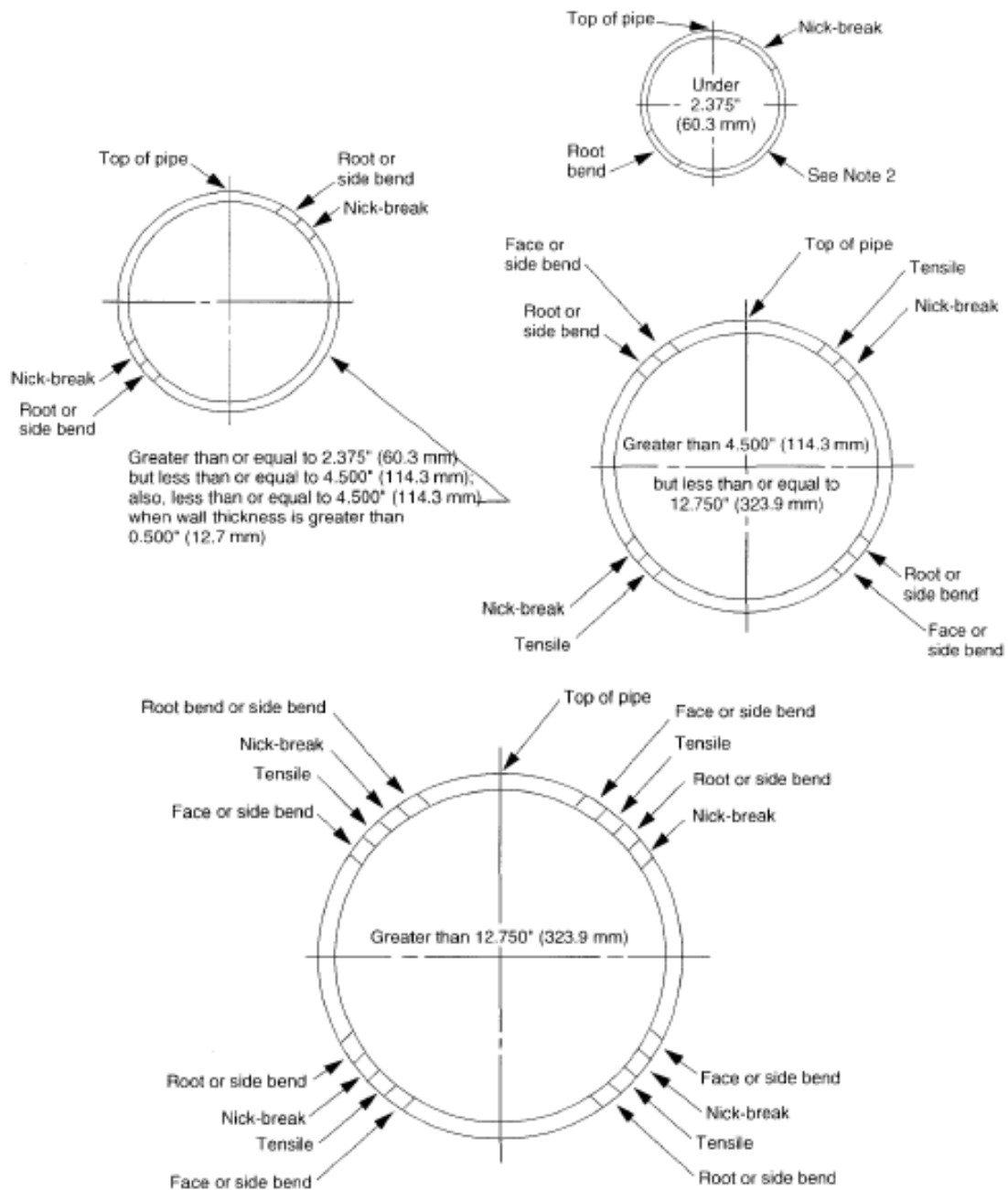
The nick-break test specimens (see Figure 5) shall be approximately 9 in. (230 mm) long and approximately 1 in. (25 mm) wide and may be machine cut or oxygen cut. They shall be notched with a hacksaw on each side at the center of the weld, and each notch shall be approximately 1/8 inch (3 mm) deep.

Table 2—Type and Number of Test Specimens for Procedure Qualification Test

Outside Diameter of Pipe		Number of Specimens					Total
Inches	Millimetres	Tensile Strength	Nick-Break	Root Bend	Face Bend	Side Bend	
Wall Thickness ≤ 0.500 inch (12.7 mm)							
< 2.375	< 60.3	0 <sup>b</sup>	2	2	0	0	4 <sup>a</sup>
2.375–4.500	60.3–114.3	0 <sup>b</sup>	2	2	0	0	4
> 4.500–12.750	114.3–323.9	2	2	2	2	0	8
> 12.750	> 323.9	4	4	4	4	0	16
Wall Thickness > 0.500 inch (12.7 mm)							
≤ 4.500	≤ 114.3	0 <sup>b</sup>	2	0	0	2	4
> 4.500–12.750	> 114.3–323.9	2	2	0	0	4	8
> 12.750	> 323.9	4	4	0	0	8	16

<sup>a</sup>One nick-break and one root-bend specimen shall be taken from each of two test welds, or for pipe less than or equal to 1.315 inches (33.4 mm) in diameter, one full-section tensile-strength specimen shall be taken.

<sup>b</sup>For materials with specified minimum yield strengths greater than 42,000 psi (290 MPa), a minimum of one tensile test shall be required.



## Notes:

1. At the company's option, the locations may be rotated, provided they are equally spaced around the pipe; however, specimens shall not include the longitudinal weld.
2. One full-section tensile specimen may be used for pipe with an outside diameter less than or equal to 1.315 in. (33.4 mm).

Figure 3—Location of Test Butt-Weld Specimens for Procedure Qualification Test

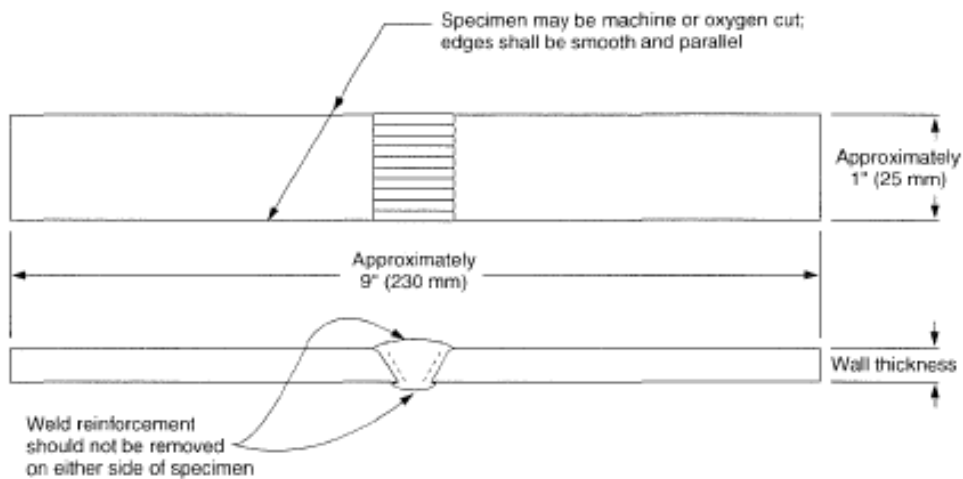


Figure 4—Tensile-Strength Test Specimen

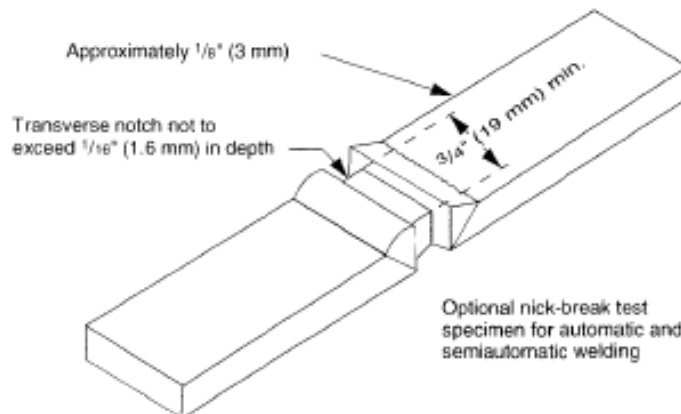
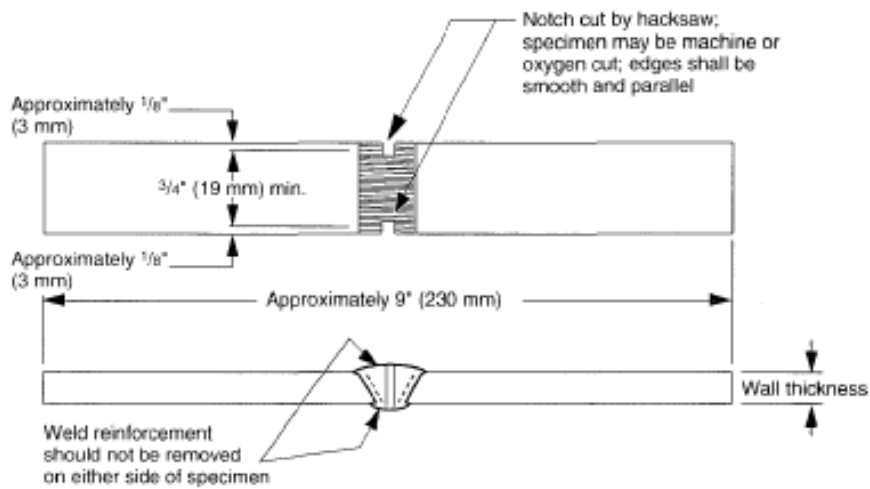


Figure 5—Nick-Break Test Specimen

Nick-break specimens prepared in this manner from welds made with certain automatic and semiautomatic processes may fail through the pipe instead of the weld. When previous testing experience indicates that failures through the pipe can be expected, the external reinforcement may be notched to a depth of not more than  $1/16$  in. (1.6 mm), measured from the original weld surface.

At the company's option, nick-break specimens for qualification of a procedure using a semiautomatic or automatic welding process may be macro-etched prior to being nicked.

### 5.6.3.2 Method

The nick-break specimens shall be broken by pulling in a tensile machine, by supporting the ends and striking the center, or by supporting one end and striking the other end with a hammer. The exposed area of the fracture shall be at least  $3/4$  in. (19 mm) wide.

### 5.6.3.3 Requirements

The exposed surfaces of each nick-break specimen shall show complete penetration and fusion. The greatest dimension of any gas pocket shall not exceed  $1/16$  in. (1.6 mm), and the combined area of all gas pockets shall not exceed 2% of the exposed surface area. Slag inclusions shall not be more than  $1/32$  in. (0.8 mm) in depth and shall not be more than  $1/8$  in. (3 mm) or one-half the nominal wall thickness in length, whichever is smaller. There shall be at least  $1/2$  in. (13 mm) separation between adjacent slag inclusions. The dimensions should be measured as shown in Figure 8. Fisheyes, as defined in AWS A3.0, are not cause for rejection.

## 5.6.4 Root- and Face-Bend Test

### 5.6.4.1 Preparation

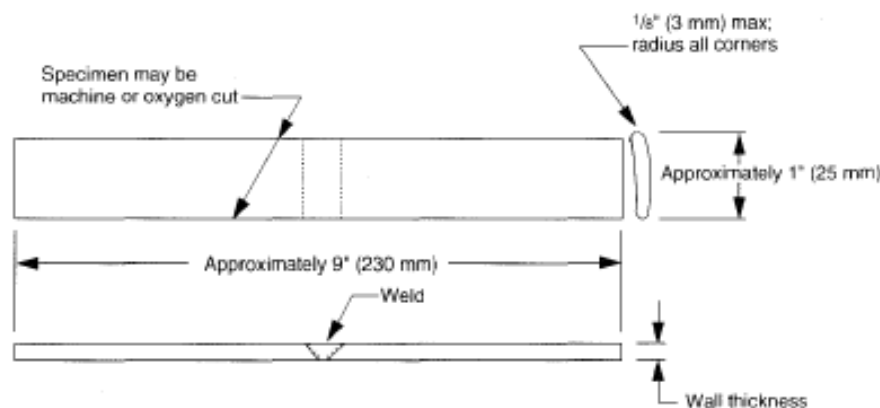
The root- and face-bend test specimens (see Figure 6) shall be approximately 9 in. (230 mm) long and approximately 1 in. (25 mm) wide, and their long edges shall be rounded. They may be machine cut or oxygen cut. The cover and root-bead reinforcements shall be removed flush with the surfaces of the specimen. These surfaces shall be smooth, and any scratches that exist shall be light and transverse to the weld.

### 5.6.4.2 Method

The root- and face-bend specimens shall be bent in a guided-bend test jig similar to that shown in Figure 9. Each specimen shall be placed on the die with the weld at mid span. Face-bend specimens shall be placed with the face of the weld toward the gap, and root-bend specimens shall be placed with the root of the weld toward the gap. The plunger shall be forced into the gap until the curvature of the specimen is approximately U-shaped.

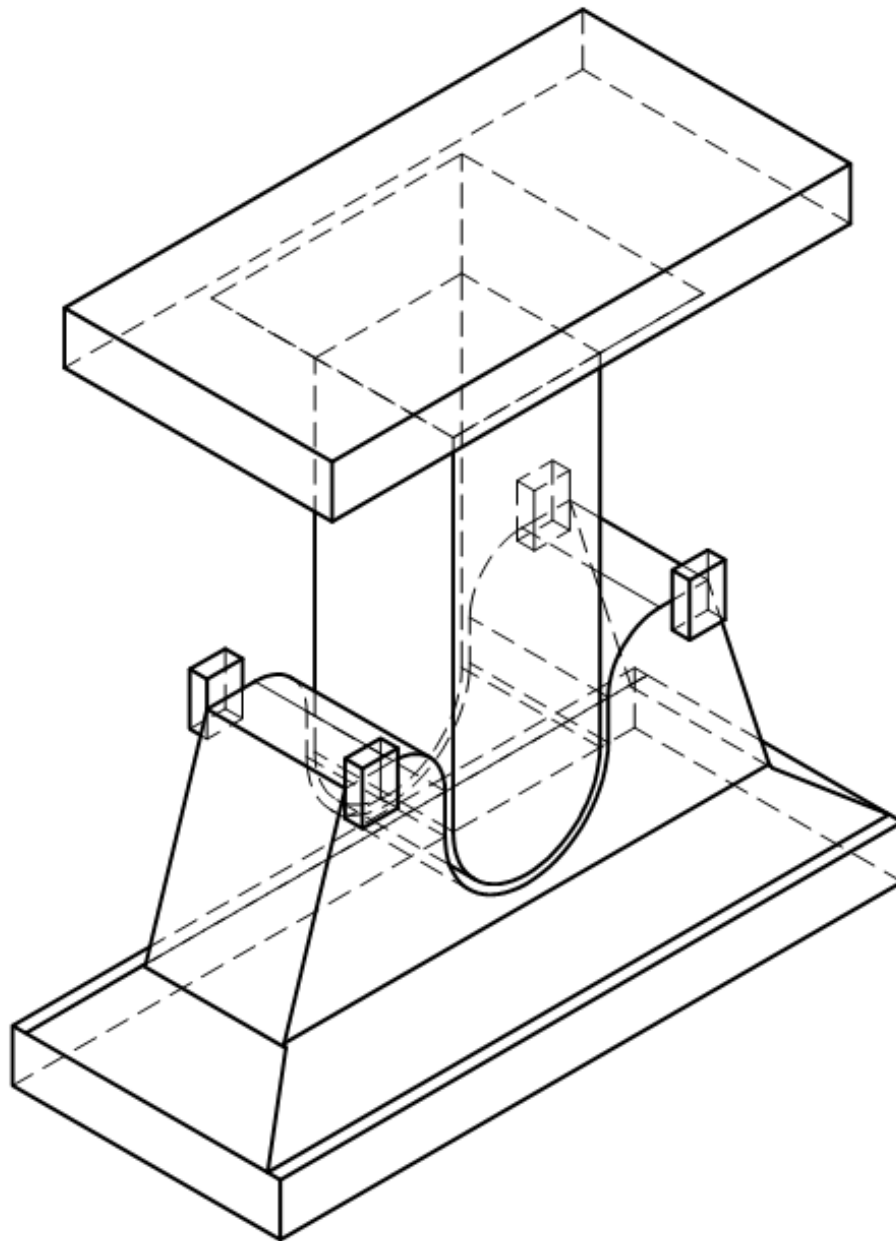
### 5.6.4.3 Requirements

The bend test shall be considered acceptable if no crack or other imperfection exceeding  $1/8$  in. (3 mm) or one-half the nominal wall thickness, whichever is smaller, in any direction is present in the weld or between the weld and the fusion zone after bending. Cracks that originate on the outer radius of the bend along the edges of the specimen during testing and that are less than  $1/4$  in. (6 mm), measured in any direction, shall not be considered unless obvious imperfections are observed. Each specimen subjected to the bend test shall meet these requirements.



Note: The weld reinforcement shall be removed from both faces with the surface of the specimen. The specimen shall not be flattened prior to testing.

Figure 6—Root- and Face-Bend Test Specimen: Wall Thicknesses Less Than or Equal to 0.500 in. (12.7 mm)



Note: This figure is not drawn to scale. Radius of plunger,  $A = 1\frac{3}{4}$  in. (45 mm); radius of die,  $B = 2\frac{5}{16}$  in. (60 mm); width of die,  $C = 2$  in. (50 mm).

Figure 9—Jig for Guided-Bend Tests

## ANEXO C12: ASTM E3



Designation: E 3 – 01

### Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation E 3; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.*

#### 1. Scope

1.1 The primary objective of metallographic examinations is to reveal the constituents and structure of metals and their alloys by means of a light optical or scanning electron microscope. In special cases, the objective of the examination may require the development of less detail than in other cases but, under nearly all conditions, the proper selection and preparation of the specimen is of major importance. Because of the diversity in available equipment and the wide variety of problems encountered, the following text presents for the guidance of the metallographer only those practices which experience has shown are generally satisfactory; it cannot and does not describe the variations in technique required to solve individual specimen preparation problems.

**NOTE 1**—For a more extensive description of various metallographic techniques, refer to Samuels, L. E., *Metallographic Polishing by Mechanical Methods*, American Society for Metals (ASM) Metals Park, OH, 3rd Ed., 1982; Petzow, G., *Metallographic Etching*, ASM, 1978; and VanderVoort, G., *Metallography: Principles and Practice*, McGraw Hill, NY, 2nd Ed., 1999.

1.2 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

#### 2. Referenced Documents

##### 2.1 ASTM Standards:

- A 90/A 90M Standard Test Method for Weight (Mass) of Coating on Iron and Steel with Zinc or Zinc-Alloy Coatings
- E 7 Terminology Relating to Metallography<sup>2</sup>
- E 45 Practice for Determining the Inclusion Content of Steel<sup>2</sup>
- E 340 Test Method for Macroetching Metals and Alloys<sup>2</sup>
- E 407 Test Methods for Microetching Metals and Alloys<sup>2</sup>
- E 768 Practice for Preparing and Evaluating Specimens for Automatic Inclusion Assessment of Steel<sup>2</sup>

- E 1077 Test Method for Estimating the Depth of Decarburization of Steel Specimens<sup>2</sup>
- E 1122 Practice for Obtaining JK Inclusion Ratings Using Automatic Image Analysis<sup>2</sup>
- E 1245 Practice for Determining the Inclusion or Second-Phase Constituent Content of Metals by Automatic Image Analysis<sup>2</sup>
- E 1268 Practice for Assessing the Degree of Banding or Orientation of Microstructures<sup>2</sup>
- E 1558 Guide to Electrolytic Polishing of Metallographic Specimens<sup>2</sup>
- E 1920 Guide for Metallographic Preparation of Thermal Sprayed Coatings<sup>2</sup>

#### 3. Terminology

##### 3.1 Definitions:

3.1.1 For definitions used in this practice, refer to Terminology E 7.

##### 3.2 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.2.1 *castable mount*—a metallographic mount generally made from a two component castable plastic. One component is the resin and the other hardener. Both components can be liquid or one liquid and a powder. Castable mounts generally do not require heat and pressure to cure.

3.2.2 *compression mount*—a metallographic mount made using plastic that requires both heat and pressure for curing.

3.2.3 *planar grinding*—is the first grinding step in a preparation procedure used to bring all specimens into the same plane of polish. It is unique to semi or fully automatic preparation equipment that utilize specimen holders.

3.2.4 *rigid grinding disc*—a non-fabric support surface, such as a composite of metal/ceramic or metal/polymer charged with an abrasive (usually 6 to 15 $\mu$ m diamond particles), and used as the fine grinding operation in a metallographic preparation procedure.

#### 4. Significance and Use

4.1 Microstructures have a strong influence on the properties and successful application of metals and alloys. Determination and control of microstructure requires the use of metallographic examination.

4.2 Many specifications contain a requirement regarding microstructure; hence, a major use for metallographic examination is inspection to ensure that the requirement is met. Other

<sup>1</sup> This guide is under the jurisdiction of ASTM Committee E04 on Metallography and is the direct responsibility of Subcommittee E04.01 on Sampling, Specimen Preparation, and Photography.

Current edition approved April 10, 2001. Published July 2001. Originally published as E 3 – 21 T. Last previous edition E 3 – 95.

<sup>2</sup> Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.



major uses for metallographic examination are in failure analysis, and in research and development.

4.3 Proper choice of specimen location and orientation will minimize the number of specimens required and simplify their interpretation. It is easy to take too few specimens for study, but it is seldom that too many are studied.

## 5. Selection of Metallographic Specimens

5.1 The selection of test specimens for metallographic examination is extremely important because, if their interpretation is to be of value, the specimens must be representative of the material that is being studied. The intent or purpose of the metallographic examination will usually dictate the location of the specimens to be studied. With respect to purpose of study, metallographic examination may be divided into three classifications:

5.1.1 *General Studies or Routine Work*—Specimens should be chosen from locations most likely to reveal the maximum variations within the material under study. For example, specimens could be taken from a casting in the zones wherein maximum segregation might be expected to occur as well as specimens from sections where segregation could be at a minimum. In the examination of strip or wire, test specimens could be taken from each end of the coils.

5.1.2 *Study of Failures*—Test specimens should be taken as closely as possible to the fracture or to the initiation of the failure. Before taking the metallographic specimens, study of the fracture surface should be complete, or, at the very least, the fracture surface should be documented. In many cases, specimens should be taken from a sound area for a comparison of structures and properties.

5.1.3 *Research Studies*—The nature of the study will dictate specimen location, orientation, etc. Sampling will usually be more extensive than in routine examinations.

5.2 Having established the location of the metallographic samples to be studied, the type of section to be examined must be decided.

5.2.1 For a casting, a section cut perpendicular to the surface will show the variations in structure from the outside to the interior of the casting.

5.2.2 In hot-worked or cold-worked metals, both transverse and longitudinal sections should be studied. Special investigations may require specimens with surfaces prepared parallel to the original surface of the product.

5.2.3 In the case of wire and small rounds, a longitudinal section through the center of the specimen proves advantageous when studied in conjunction with the transverse section.

5.3 Transverse sections or cross sections taken perpendicular to the main axis of the material are often used for revealing the following information:

5.3.1 Variations in structure from center to surface,

5.3.2 Distribution of nonmetallic impurities across the section,

5.3.3 Decarburization at the surface of a ferrous material (see Test Method E 1077),

5.3.4 Depth of surface imperfections,

5.3.5 Depth of corrosion,

5.3.6 Thickness of protective coatings, and

5.3.7 Structure of protective coating.

5.4 Longitudinal sections taken parallel to the main axis of the material are often used for revealing the following information:

5.4.1 Inclusion content of steel (see Practices E 45, E 768, E 1122, and E 1245),

5.4.2 Degree of plastic deformation, as shown by grain distortion,

5.4.3 Presence or absence of banding in the structure (see Practice E 1268), and

5.4.4 The microstructure attained with any heat treatment.

5.5 The locations of surfaces examined should always be given in reporting results and in any illustrative micrographs. A suitable method of indicating surface locations is shown in Fig. 1.

## 6. Size of Metallographic Specimens

6.1 For convenience, specimens to be polished for metallographic examination are generally not more than about 12 to 25 mm (0.5 to 1.0 in.) square, or approximately 12 to 25 mm in diameter if the material is cylindrical. The height of the specimen should be no greater than necessary for convenient handling during polishing.

6.1.1 Larger specimens are generally more difficult to prepare.

6.1.2 Specimens that are, fragile, oddly shaped or too small to be handled readily during polishing should be mounted to ensure a surface satisfactory for microscopical study. There are, based on technique used, three fundamental methods of mounting specimens (see Section 9).

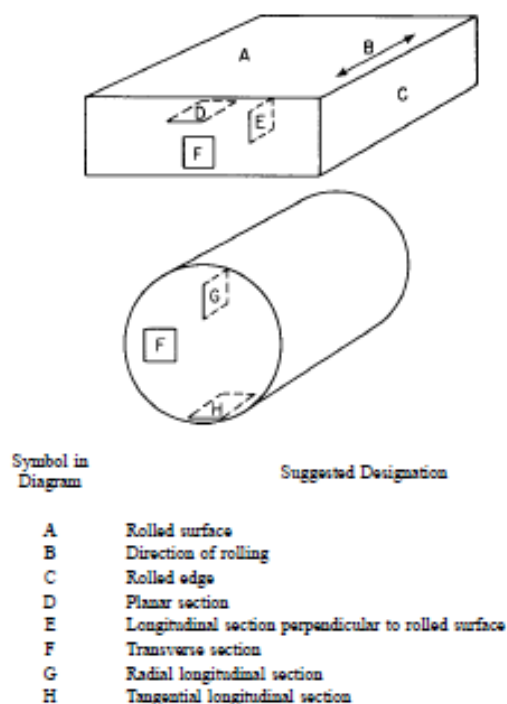


FIG. 1 Method of Designating Location of Area Shown in Photomicrograph.

## 7. Cutting of Metallographic Specimens

7.1 In cutting the metallographic specimen from the main body of the material, care must be exercised to minimize altering the structure of the metal. Three common types of sectioning are as follows:

7.1.1 Sawing, whether by hand or machine with lubrication, is easy, fast, and relatively cool. It can be used on all materials with hardnesses below approximately 350 HV. It does produce a rough surface containing extensive plastic flow that must be removed in subsequent preparation.

7.1.2 An abrasive cut-off blade will produce a smooth surface often ready for fine grinding. This method of sectioning is normally faster than sawing. The choice of cut-off blade, lubricant, cooling conditions, and the grade and hardness of metal being cut will influence the quality of the cut. A poor choice of cutting conditions can easily damage the specimen, producing an alteration of the microstructure. Generally, soft materials are cut with a hard bond blade and hard materials with a soft bond blade. Aluminum oxide abrasive blades are preferred for ferrous metals and silicon carbide blades are preferred for nonferrous alloys. Abrasive cut-off blades are essential for sectioning metals with hardness above about 350 HV. Extremely hard metallic materials and ceramics may be more effectively cut using diamond-impregnated cutting blades. Manufacturer's instructions should be followed as to the choice of blade. Table 1 lists the suggested cutoff blades for materials with various Vickers (HV) hardness values.

7.1.3 A shear is a type of cutting tool with which a material in the form of wire, sheet, plate or rod is cut between two opposing blades.

7.2 Other methods of sectioning are permitted provided they do not alter the microstructure at the plane of polishing. All cutting operations produce some depth of damage, which will have to be removed in subsequent preparation steps.

## 8. Cleanliness

8.1 Cleanliness (see Appendix X1) during specimen preparation is essential. All greases, oils, coolants and residue from cutoff blades on the specimen should be removed by some suitable organic solvent. Failure to clean thoroughly can prevent cold mounting resins from adhering to the specimen surface. Ultrasonic cleaning may be effective in removing the last traces of residues on a specimen surface.

8.2 Any coating metal that will interfere with the subsequent etching of the base metal should be removed before

TABLE 1 Cutoff Blade Selection

Hardness HV	Materials	Abrasive	Bond	Bond Hardness
up to 300	non-ferrous (Al, Cu)	SiC	P or R	hard
up to 400	non-ferrous (Ti)	SiC	P or R	med. hard
up to 400	soft ferrous	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P or R	hard
up to 500	medium soft ferrous	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P or R	med. hard
up to 600	medium hard ferrous	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P or R	medium
up to 700	hard ferrous	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P or R&R	med. soft
up to 800	very hard ferrous	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P or R&R	soft
> 800	extremely hard ferrous	CBN	P or M	hard
	more brittle ceramics	diamond	P or M	very hard
	tougher ceramics	diamond	M	ext. hard

P—phenolic

R—rubber

R&R—resin and rubber

M—metal

polishing, if possible. If etching is required, when studying the underlying steel in a galvanized specimen, the zinc coating should be removed before mounting to prevent galvanic effects during etching. The coating can be removed by dissolving in cold nitric acid (HNO<sub>3</sub>, sp gr 1.42), in dilute sulfuric acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) or in dilute hydrochloric acid (HCl). The HNO<sub>3</sub> method requires care to prevent overheating, since large samples will generate considerable heat. By placing the cleaning container in cold water during the stripping of the zinc, attack on the underlying steel will be minimized. More information may be found in Test Method A 90/A 90M.

NOTE 2—Picral etchant produces little or no galvanic etching effects when used on galvanized steel.

NOTE 3—The addition of an inhibitor during the stripping of Zn from galvanized coatings will minimize the attack of the steel substrate. NEP (polyethylenepolyamine) or SbCl<sub>3</sub> are two useful inhibitors.

8.3 Oxidized or corroded surfaces may be cleaned as described in Appendix X1.

## 9. Mounting of Specimens

9.1 There are many instances where it will be advantageous to mount the specimen prior to grinding and polishing. Mounting of the specimen is usually performed on small, fragile, or oddly shaped specimens, fractures, or in instances where the specimen edges are to be examined.

9.2 Specimens may be either mechanically mounted, mounted in plastic, or a combination of the two.

### 9.3 Mechanical Mounting:

9.3.1 Strip and sheet specimens may be mounted by binding or clamping several specimens into a pack held together by two end pieces and two bolts.

9.3.2 The specimens should be tightly bound together to prevent absorption and subsequent exudation of polishing materials or etchants.

9.3.3 The use of filler sheets of a softer material alternated with the specimen may be used in order to minimize the seepage of polishing materials and etchants. Use of filler material is especially advantageous if the specimens have a high degree of surface irregularities.

9.3.4 Filler material *must* be chosen so as not to react electrolytically with the specimen during etching. Thin pieces of plastic, lead, or copper are typical materials that are used. Copper is especially good for steel specimens since the usual etchants for steels will not attack the copper.

9.3.5 Alternatively, the specimens may be coated with a layer of epoxy resin before being placed in the clamp in order to minimize the absorption of polishing materials or etchants.

9.3.6 The clamp material should be similar in composition to the specimen to avoid galvanic effects that would inhibit etching. The specimen will not etch if the clamp material is more readily attacked by the etchant.

9.3.7 The clamp should preferably be of similar hardness as the specimens to minimize the rounding of the edges of the specimens during grinding and polishing.

9.3.8 Exercise care in clamping the specimen. Excessive clamping pressure may damage soft specimen.

### 9.4 Plastic Mounting:

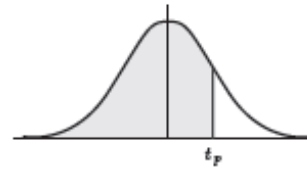
9.4.1 Specimens may be embedded in plastic to protect them from damage and to provide a uniform format for both



## ANEXO C13: Distribución t de student.

### Apéndice III

Valores percentiles ( $t_p$ )  
correspondientes a  
la distribución t de Student  
con  $\nu$  grados de libertad  
(área sombreada =  $p$ )



$\nu$	$t_{.995}$	$t_{.99}$	$t_{.975}$	$t_{.95}$	$t_{.90}$	$t_{.80}$	$t_{.75}$	$t_{.70}$	$t_{.60}$	$t_{.55}$
1	63.66	31.82	12.71	6.31	3.08	1.376	1.000	.727	.325	.158
2	9.92	6.96	4.30	2.92	1.89	1.061	.816	.617	.289	.142
3	5.84	4.54	3.18	2.35	1.64	.978	.765	.584	.277	.137
4	4.60	3.75	2.78	2.13	1.53	.941	.741	.569	.271	.134
5	4.03	3.36	2.57	2.02	1.48	.920	.727	.559	.267	.132
6	3.71	3.14	2.45	1.94	1.44	.906	.718	.553	.265	.131
7	3.50	3.00	2.36	1.90	1.42	.896	.711	.549	.263	.130
8	3.36	2.90	2.31	1.86	1.40	.889	.706	.546	.262	.130
9	3.25	2.82	2.26	1.83	1.38	.883	.703	.543	.261	.129
10	3.17	2.76	2.23	1.81	1.37	.879	.700	.542	.260	.129
11	3.11	2.72	2.20	1.80	1.36	.876	.697	.540	.260	.129
12	3.06	2.68	2.18	1.78	1.36	.873	.695	.539	.259	.128
13	3.01	2.65	2.16	1.77	1.35	.870	.694	.538	.259	.128
14	2.98	2.62	2.14	1.76	1.34	.868	.692	.537	.258	.128
15	2.95	2.60	2.13	1.75	1.34	.866	.691	.536	.258	.128
16	2.92	2.58	2.12	1.75	1.34	.865	.690	.535	.258	.128
17	2.90	2.57	2.11	1.74	1.33	.863	.689	.534	.257	.128
18	2.88	2.55	2.10	1.73	1.33	.862	.688	.534	.257	.127
19	2.86	2.54	2.09	1.73	1.33	.861	.688	.533	.257	.127
20	2.84	2.53	2.09	1.72	1.32	.860	.687	.533	.257	.127
21	2.83	2.52	2.08	1.72	1.32	.859	.686	.532	.257	.127
22	2.82	2.51	2.07	1.72	1.32	.858	.686	.532	.256	.127
23	2.81	2.50	2.07	1.71	1.32	.858	.685	.532	.256	.127
24	2.80	2.49	2.06	1.71	1.32	.857	.685	.531	.256	.127
25	2.79	2.48	2.06	1.71	1.32	.856	.684	.531	.256	.127
26	2.78	2.48	2.06	1.71	1.32	.856	.684	.531	.256	.127
27	2.77	2.47	2.05	1.70	1.31	.855	.684	.531	.256	.127
28	2.76	2.47	2.05	1.70	1.31	.855	.683	.530	.256	.127
29	2.76	2.46	2.04	1.70	1.31	.854	.683	.530	.256	.127
30	2.75	2.46	2.04	1.70	1.31	.854	.683	.530	.256	.127
40	2.70	2.42	2.02	1.68	1.30	.851	.681	.529	.255	.126
60	2.66	2.39	2.00	1.67	1.30	.848	.679	.527	.254	.126
120	2.62	2.36	1.98	1.66	1.29	.845	.677	.526	.254	.126
$\infty$	2.58	2.33	1.96	1.645	1.28	.842	.674	.524	.253	.126

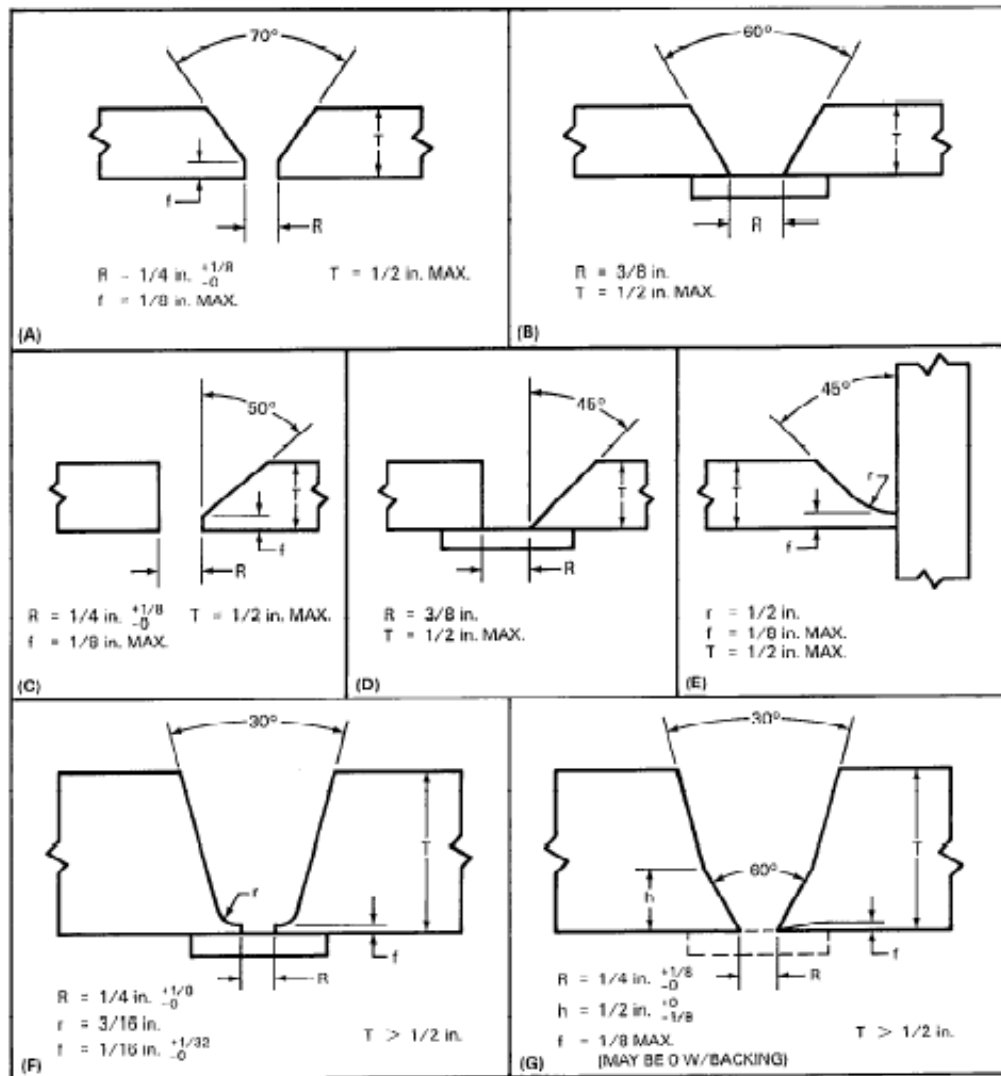
Fuente: R. A. Fisher y F. Yates, *Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research* (Tablas de estadísticas para la investigación biológica, agrícola y médica) (5a. edición), Tabla III, Oliver and Boyd Ltd., Edinburgh, con autorización de los autores y editores.

Fuente: Schaum

ANEXO C14: AWS D11.2 especificaciones de tipos de juntas.

AWS D11.2 89 ■ 0784265 0003620 9 ■

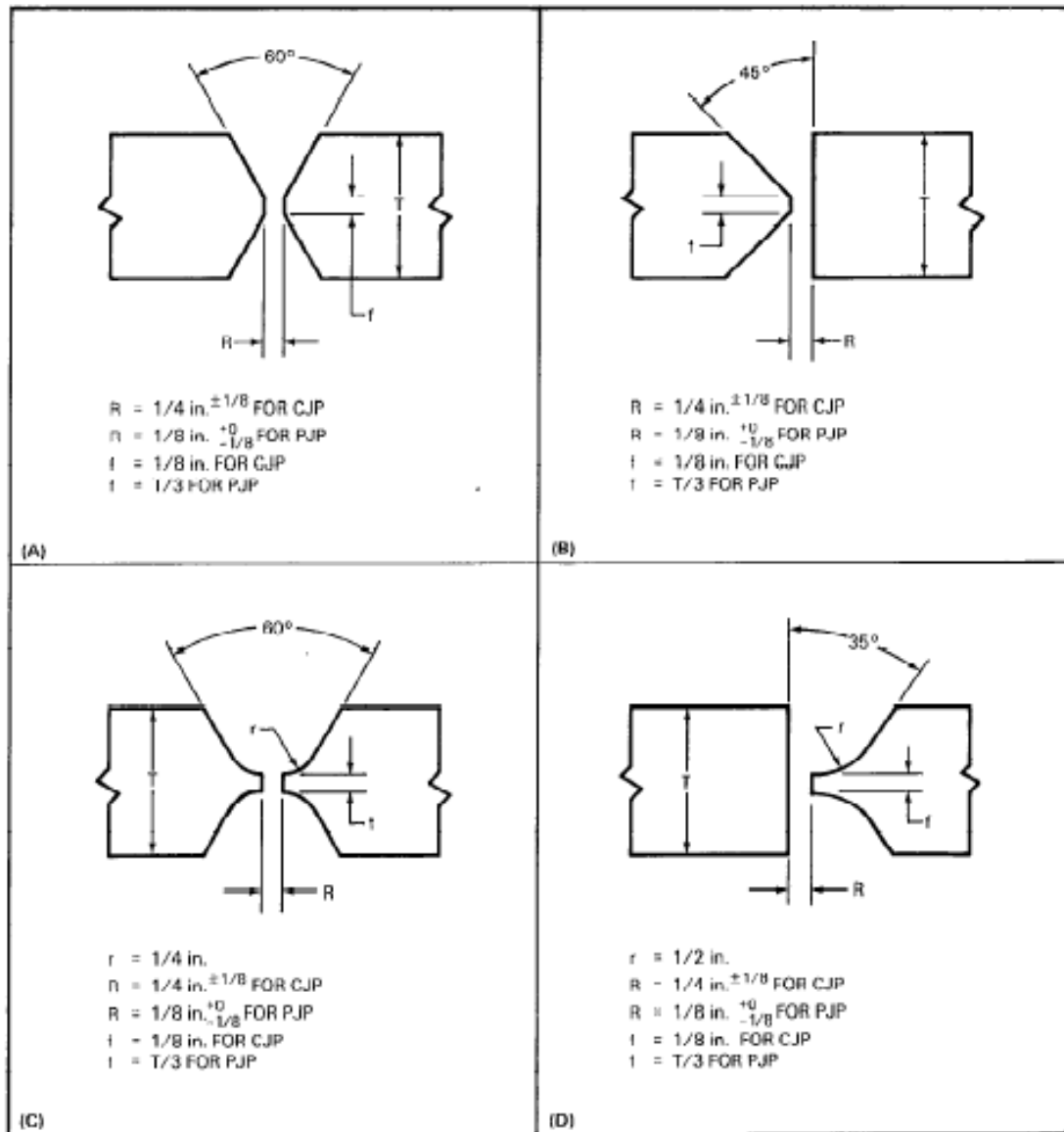
16



METRIC VALUES

in.	mm
1/32	0.8
1/16	1.6
1/8	3.2
3/16	4.8
1/4	6.4
3/8	9.5
1/2	12.7

Figure 16 — Suggested Complete Joint Penetration Single Grooves



METRIC VALUES

in.	mm
1/32	0.8
1/16	1.6
1/8	3.2
3/16	4.8
1/4	6.4
3/8	9.5
1/2	12.7

Figure 17 — Suggested Complete Joint Penetration (CJP) and Partial Joint Penetration (PJP) Grooves

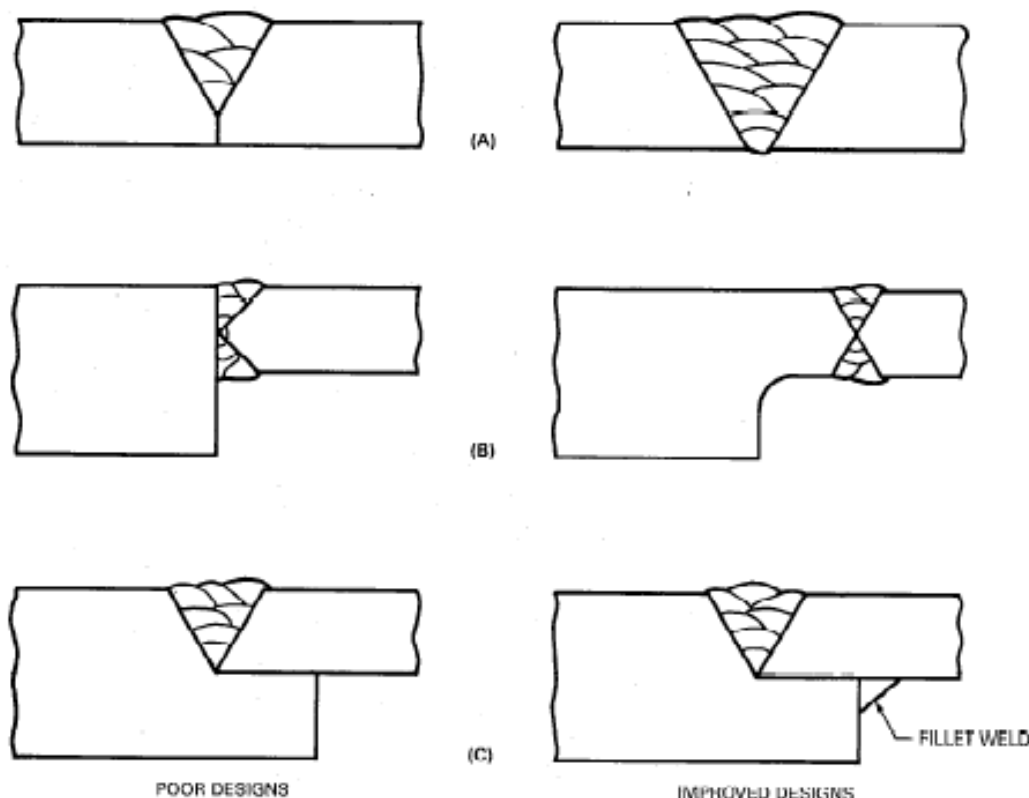


Figure 21 — Joint Design Improvements

**3.6 Peening.** Peening can be used to control distortion or to reduce cracking by altering the stress distribution in the weldment. If peening is to be done, it should be by many moderate blows perpendicular to the weld surface rather than by a few heavy blows, peening each bead as deposited. A 1/2 to 3/4 in. (13 to 19 mm) diameter rounded peening tool or a ballpeen hammer is suitable. During any peening operation, the weld metal should be maintained at, or near, red heat, but never allowed to cool below 1000° F (538°C).

A typical peening procedure is the use of a reciprocating air hammer operating at 90 psi (600 kPa) (to approximate many moderate blows) on a weld of up to 3 in. (76 mm) in length. The peening tool tip should be no wider than the weld bead and with a tip radius of half the tip width. Recommended peening travel speed is 30–40 in. (750–1000 mm) per minute.

Peening, properly done, can be quite effective in reduction of distortion. For example, a single-V-groove

weld, unpeened and unrestrained, causes considerable distortion. The same weld, properly peened, can be completed with virtually no distortion.

**3.7 Cooling.** The final stress level of a welded casting is affected by its rate of cooling. If the casting is cooled rapidly, residual stresses remain in the casting. If the residual stress is high enough, cracking may occur. Slowing the cooling rate can alleviate this problem. This can be accomplished by the following:

- (1) Burying the casting in sand or vermiculite
- (2) Postheating the welded casting with a torch
- (3) Transferring the welded units to a furnace
- (4) Covering the casting with an insulating blanket

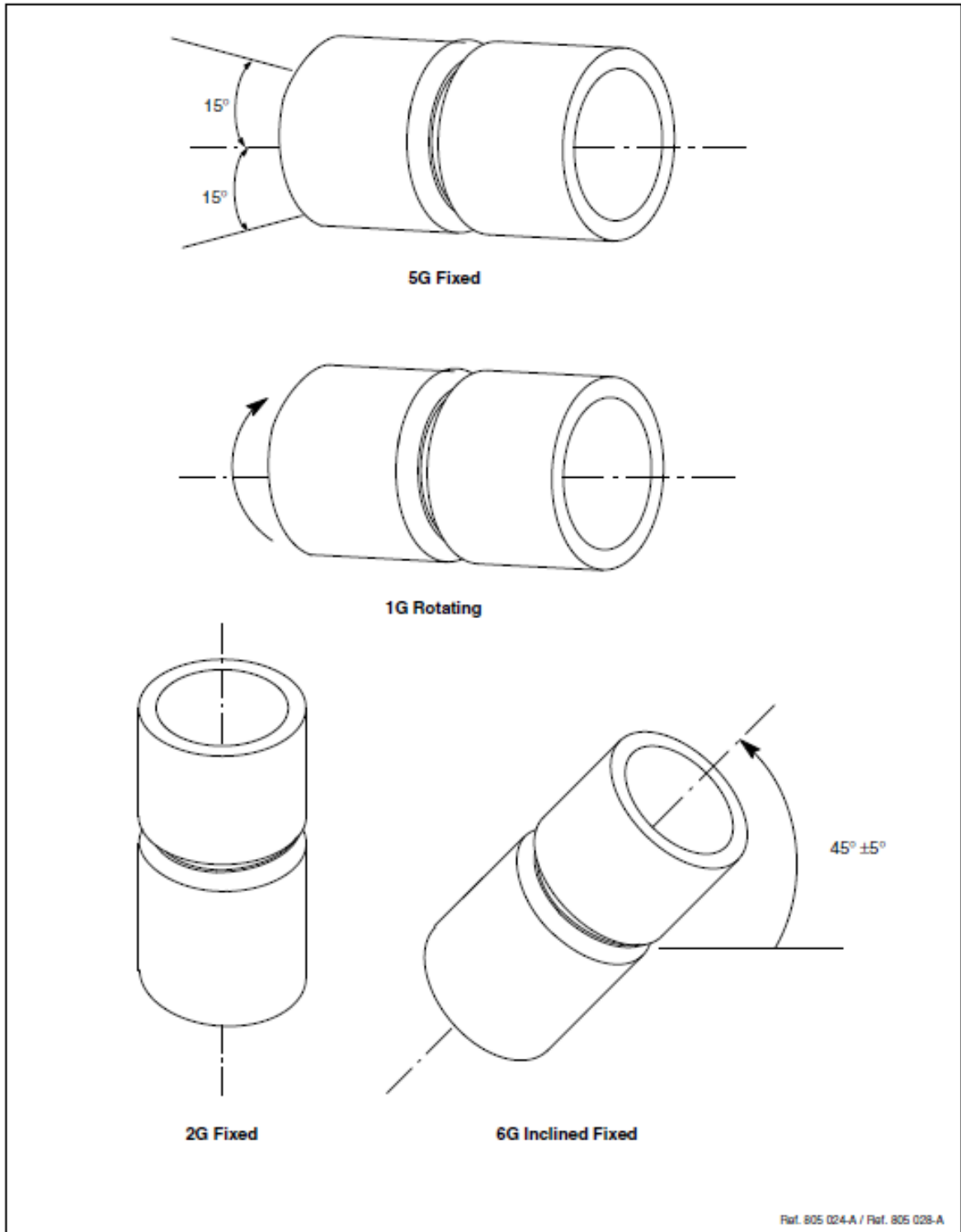
**3.8 Postweld Heat Treatment (PWHT).** After welding, heat treatment may be necessary to accomplish the following:

- (1) Improve the ductility of the HAZ of the weld.
- (2) Improve the machineability of the weld and HAZ.

**Anexo C15:** Especificaciones de soldadura en tubería.

**3-2. Welding Positions**

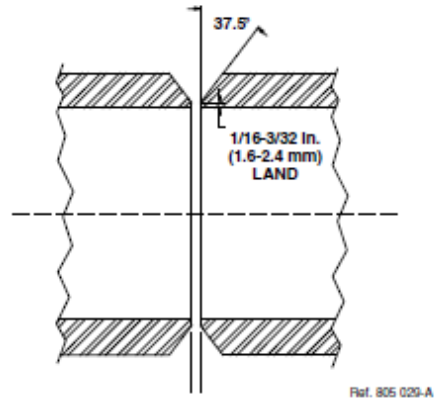
Welding position is determined by the pipe position and if the pipe is in a fixed position or rotating.



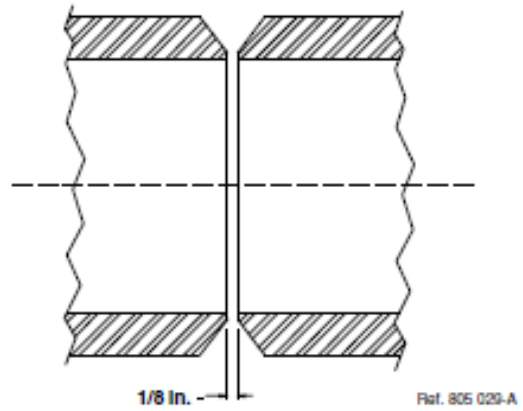
**Figure 3-7. Pipe Positions**

### 3-8. RMD Open Root Joint Preparation

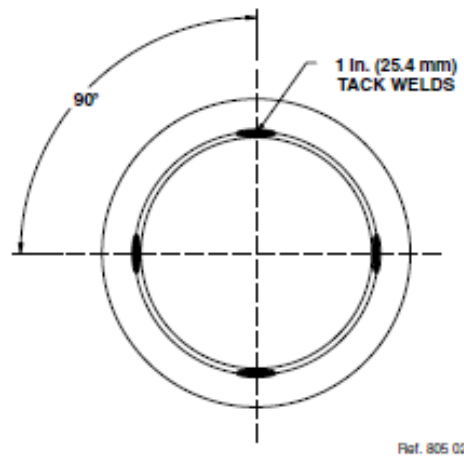
1. Bevel pipe end to  $37.5^\circ$  (standard pipe bevel) leaving a  $1/16$  to  $3/32$  in. (1.6 to 2.4 mm) land.



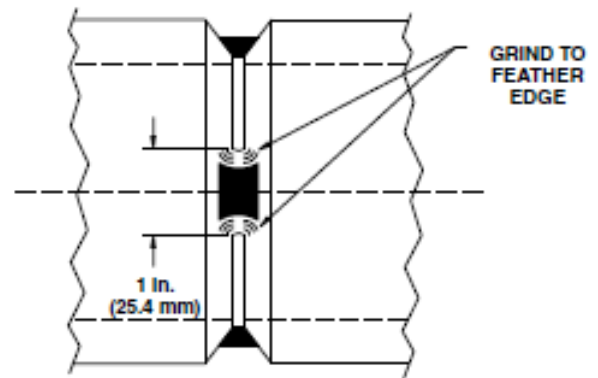
2. Align pipe ends together leaving a minimum of  $1/8$  in. (3.2 mm) gap.



3. Tack pipe ends together in four locations approximately  $90^\circ$  apart and 1 in. (25.4 mm) long on pipe that is 6 in. (152.4 mm) or larger diameter. Use appropriate sized tack welds on smaller pipe.



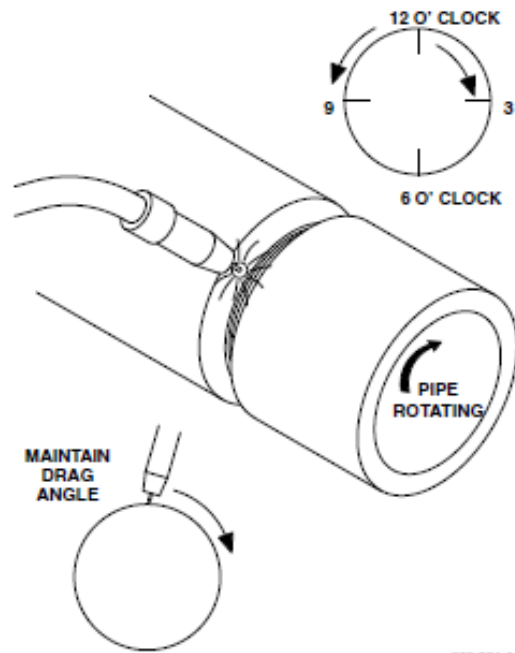
4. Grind each end of the tack weld to a feather edge (knife edge).



Ref. 805 029-A

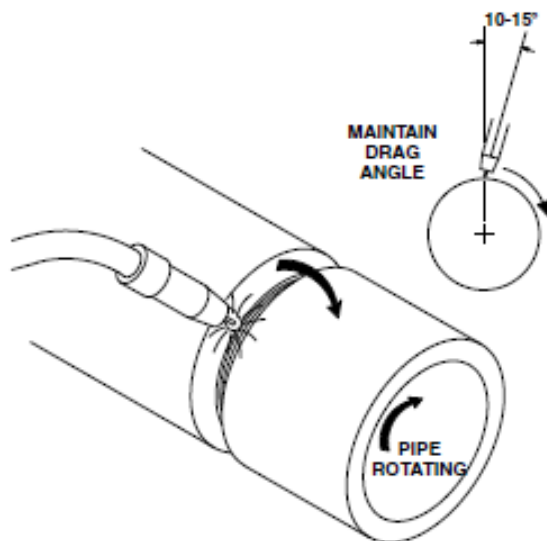
### 3-10. 1G Welding Technique Recommendations

1. Start arc on sidewall or in center of tack weld, not in the gap.



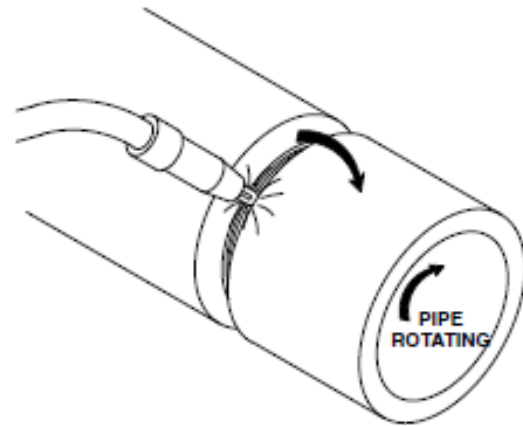
805 024-A

2. After puddle is established, maintain the arc on the leading edge of the puddle with a 1/4 to 1/2 in. (6.4 to 12.7 mm) tip to work distance.



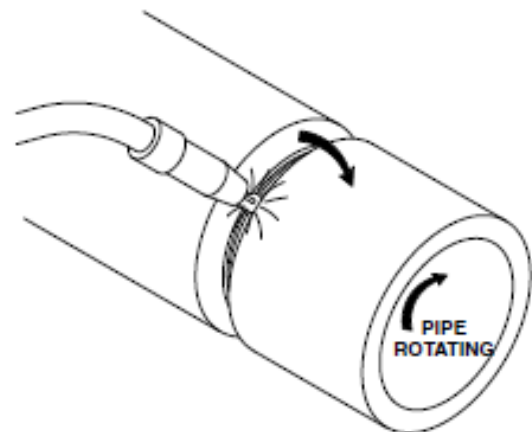
Ref. 805 025-A

3. Move across the gap. Watch the puddle, not the arc.



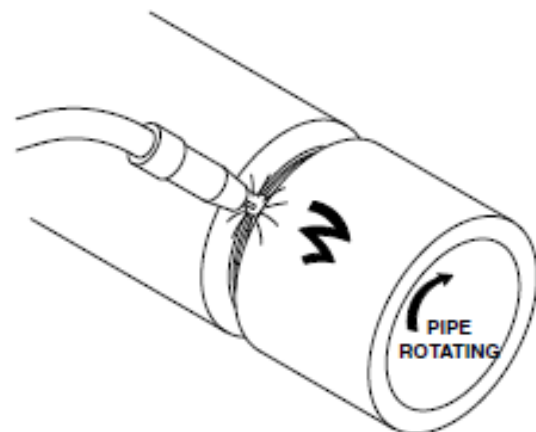
Ref. 805 025-A

4. Move slightly up the sidewall. Keep the electrode near the top of the pipe joint.



Ref. 805 025-A

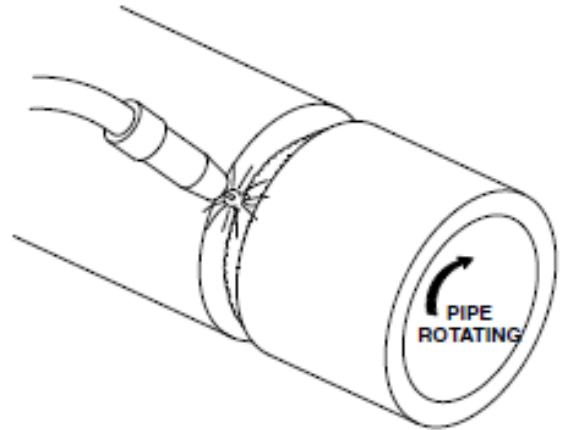
5. Stay on the leading edge of the puddle and move the electrode back across the gap. Move the electrode in a half-moon motion.



Ref. 805 025-A



10. DO NOT stop welding in the root. This may cause pin holes. Fill the crater by welding into the previous weld start. Use a short arc length to control heat. Be sure to grind the weld at the stop position to ensure any pinhole is removed and weld is feathered.



Ref. 805 028-A

Fuente: Pipe Welding Handbook – MILLER

**ANEXO C16:** Reactivos que se pueden utilizar para hierro fundido según Metal Handbook Vol.9, 2004, p. 235.

Table 4 Some common etchants for ferrous cast alloys

Etchant	Function	Composition	Application
Al-7	Macroetch	50 mL HCl and 50 mL H <sub>2</sub> O	Dip at 70-80 °C (160-175 °F)
Nital	General-purpose etch for iron and steels	2-10 mL HNO <sub>3</sub> and 90-98 mL ethanol or methanol	Swab
Villela's	High-carbon cast steels	5 mL HCl, 100 mL ethanol or methanol, and 1 g picric acid	Swab
Persulfate	Darkens matrix to show carbides	10 g (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> (ammonium persulfate) and 100 mL H <sub>2</sub> O	Dip until matrix is darkened.
Ferric chloride	Contrasts steadite; general microetch for higher alloys	60 mL HCl, 20 g FeCl <sub>3</sub> , and 300 mL ethanol or methanol	Swab
Chromic electrolytic	Microstructure of corrosion-resistant alloys	10 g CrO <sub>3</sub> and 90 mL H <sub>2</sub> O	3-5 V dc

Note: Only reagent grade ethanol or methanol should be used. Use of isopropyl alcohol poses serious safety hazards.