

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



**MAESTRÍA EN MECÁNICA**

**(COHORTE 2017)**

**TEMA:**

---

**“ANÁLISIS DE LA SUSTITUCIÓN DEL MATERIAL ACERO A36 POR EL  
MATERIAL Q 235B EN LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA  
POTABLE DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA PROVINCIA DE  
CHIMBORAZO.”**

---

Trabajo de Titulación

Previa a la obtención del Grado Académico de Magíster en Mecánica Mención  
Diseño

**Autor:** Ing. Israel Jacinto Amancha Torres

**Director:** Ing. Segundo Manuel Espín Lagos, Mg.

**Ambato- Ecuador**  
**2019**

**A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica**

El tribunal receptor del Trabajo de titulación presedido por el Ing. Juan Enrique Garcés Chávez, Mg., e integrado por los señores: Ing. Santiago Paúl Cabrera Anda, Mg, e Ing. Luis Eduardo Escobar Luna, Mg, designados por la Unidad Académica de Titulación de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “ANÁLISIS DE LA SUSTITUCIÓN DEL MATERIAL ACERO A36 POR EL MATERIAL Q 235B EN LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA PROVINCIA DE CHIMBORAZO.”, elaborado y presentado por el señor: Ing. Israel Jacinto Amancha Torres, para optar por el Grado Académico de Magister en Mecánica mención Diseño; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

-----  
Ing. Juan Enrique Garcés Chávez, Mg.

**Presidente del Tribunal**

-----  
Ing. Santiago Paúl Cabrera Anda, Mg.

**Miembro del Tribunal**

-----  
Ing. Luis Eduardo Escobar Luna, Mg.

**Miembro del Tribunal**

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “ANÁLISIS DE LA SUSTITUCIÓN DEL MATERIAL ACERO A36 POR EL MATERIAL Q 235B EN LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA PROVINCIA DE CHIMBORAZO.”, le corresponde exclusivamente al Ingeniero Israel Jacinto Amancha Torres, Autor bajo la Dirección del Ingeniero Segundo Manuel Espín Lagos, Magister, Director del Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.



-----  
Ing. Israel Jacinto Amancha Torres

C.C. 180397057-1

**AUTOR**



-----  
Ing. Segundo Manuel Espín Lagos, Mg.

C.C. 050150077-1

**DIRECTOR**

## **DERECHOS DEL AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de esta, dentro de las regulaciones de la Universidad.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Israel Amancha', is written over a horizontal dashed line.

Ing. Israel Jacinto Amancha Torres

C.C. 180397057-1

**AUTOR**

## ***Dedicatoria***

*Esta tesis de Maestría se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. A mi esposa Jessica por ser una persona que me ayudó a no desmayar y seguir con mis metas.*

*A mis hermosas hijas Monserrath Jhamilet y Solange Belén quienes han sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para ellas.*

*A mis padres Segundo César Amancha y Olga Alicia Torres por ser quienes me enseñaron el valor de luchar día a día por conseguir nuestros sueños. A mis hermanos, Hugo y Mónica por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.*

*Mil palabras no bastarían para agradecerles su apoyo, su comprensión y sus consejos en los momentos difíciles.*

*Con todo el amor del mundo*

*Israel*

## ***Agradecimiento***

*Gracias DIOS, por darme la fuerza, carácter y salud para alcanzar las metas y sueños de mi vida.*

*A mis Esposa Jessica, mis hijas Monserrath y Solange por ser el motivo de superación de mi vida.*

*A mis padres y hermanos que siempre están presentes en mi mente y en mi corazón.*

*A mi Director de tesis Ing. Segundo Espín, por guiar en este trabajo investigativo hasta su exitosa culminación.*

*El más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato en especial a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona útil a la sociedad.*

*A mis profesores quienes día a día me inculcaron sus conocimientos para realizarme como ser humano y profesional.*

*A mis amigos con quienes compartí mi vida estudiantil y a todas las personas que aportaron para que se realice este proyecto de Titulación.*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

<b>Páginas preliminares</b>	<b>PÁGINA</b>
TEMA.....	I
AUTORÍA DE INVESTIGACIÓN .....	II
DERECHOS DE AUTOR.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE GENERAL.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XV
RESUMEN EJECUTIVO .....	XVI
EXECUTIVE SUMMARY .....	XVII
<b>CAPÍTULO I</b>	1
1.1. Tema.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	1
1.2.1. Contextualización.....	1
1.2.2. Análisis crítico.....	2
1.2.3. Prognosis.....	2
1.2.4. Formulación del problema.....	2
1.2.5. Preguntas directrices.....	2
1.2.6. Delimitación del problema.....	3
1.2.6.1. De contenido.....	3
1.2.6.2. Espacial.....	3
1.2.6.3. Temporal.....	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4

<b>CAPÍTULO II</b>	<b>5</b>
2.1. Antecedentes investigativos.....	5
2.2. Fundamentación teórica .....	6
2.2.1. Ingeniería mecánica .....	6
2.2.1.1. Ingeniería de materiales .....	6
2.2.1.2. Caracterización de los materiales .....	6
2.2.2. Análisis de materiales .....	7
2.2.2.1. Acero estructural .....	7
2.2.2.2. Designaciones ASTM para aceros. ....	8
2.2.3. Acero ASTM A36 .....	8
2.2.4. Acero Q235B .....	9
2.2.5. Ensayos no destructivos .....	10
2.2.6. Ensayos destructivos. ....	11
2.2.6.1. Ensayo de Tensión. ....	11
2.2.6.2. Ensayo de Impacto o Tenacidad. ....	12
2.2.6.3. Ensayo de Doblado. ....	13
2.2.6.4. Ensayo de Metalografía. ....	14
2.2.6.5. Ensayo de Dureza. ....	14
2.2.7. Soldadura.....	16
2.2.8. Discontinuidades.....	18
2.2.9. Defectos.....	18
2.2.10. Soldabilidad.....	18
2.2.11. Sistema de Agua Potable de Riobamba. ....	20
2.2.11.1. Tipos de Sistemas de Agua .....	22
2.7.11.1.1. Conducción de Agua Cruda .....	22
2.7.11.1.2. Conducción de Agua Tratada .....	23
2.2.12. Control de Calidad .....	24
2.2.12.1. Calidad Física del Agua .....	24
2.2.12.2. Calidad química del Agua .....	25
2.3. Fundamentación Filosófica.....	26
2.4. Fundamentación Legal.....	26
2.5. Categorías Fundamentales.....	27
2.6. Hipótesis.....	27

2.7. Señalamiento de Variables.....	27
2.7.1 Variable Independiente.....	27
2.7.2. Variable dependiente.....	28
2.7.3. Término de relación.....	28
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>29</b>
3.1. Enfoque.....	29
3.2. Modalidad básica de la investigación.....	29
3.3. Nivel o tipo de investigación.....	29
3.4 Población y Muestra.....	30
3.4.1 Población .....	30
3.4.2 Muestra.....	30
3.5. Operacionalización de Variables.....	31
3.5.1 Variable Independiente.....	31
3.5.2 Variable Dependiente.....	32
3.6. Recolección de la información.....	33
3.7. Procesamiento y análisis de la información.....	33
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>34</b>
4. Análisis e interpretación de resultados.....	34
4.1. Proceso de análisis de resultados .....	34
4.2. Realización de Ensayos .....	34
4.2.1. Ensayo de Doblado – Guiado.....	34
4.2.2 Ensayo de Impacto Charpy .....	36
4.2.3 Ensayo de Micro-durezas .....	38
4.2.4 ensayo Macrográfico .....	40
4.2.5 Ensayo Químico .....	43
4.2.6 Ensayo Metalográfico .....	47
4.2.7 Informe Análisis de Agua .....	53
4.3 Verificación de la Hipótesis .....	53

<b>CAPÍTULO V</b>	<b>57</b>
5.1. Conclusiones.....	57
5.2. Recomendaciones.....	58
<b>CAPÍTULO VI</b>	<b>59</b>
6.1. Datos Informativos.....	59
6.1.1. Tema.....	59
6.1.2. Autor.....	59
6.1.3. Beneficiarios.....	59
6.1.4. Ubicación.....	59
6.1.5. Equipo Técnico Responsable.....	59
6.2. Antecedentes de la Propuesta.....	59
6.3. Justificación.....	60
6.4. Objetivos.....	60
6.4.1. Objetivo General.....	60
6.4.2. Objetivos Específicos.....	60
6.5. Análisis de Factibilidad.....	60
6.6. Fundamentación.....	61
6.6.1. Soldadura.....	61
6.6.1.1. Elementos Fundamentales.....	61
6.6.2. Procesos de Soldadura.....	62
6.6.3. Soldadura por Arco.....	63
6.6.4. Smaw (Shielded Metal Arc Welding).....	63
6.6.4.1. Especificaciones y clasificación de electrodos y metales de aporte.....	63
6.6.5. Tipos de Soldadura.....	67
6.6.6. Tipos de Juntas.....	68
6.6.7. Tipos de Bisel.....	68
6.6.8. Posiciones de Soldadura.....	69
6.6.9. Normas.....	70
6.6.9.1. Norma ASME IX.....	70
6.6.9.2. Norma API 1104.....	70

6.6.9.2.1. Calificación de Procedimiento de soldaduras para juntas conteniendo Materiales de Aporte.....	71
6.7. Metodología.....	71
6.7.1. Proceso de Soldadura.....	71
6.7.2. Selección de los Electrodos.....	72
6.7.3. Tipo de Junta.....	72
6.7.4. Posición de Soldadura.....	73
6.7.5. Proceso de Soldadura.....	78
6.8. Administración.....	78
6.8.1. Costos Directos.....	79
6.8.2. Costos Indirectos .....	80
6.8.3. Costos Total.....	80
6.9. Previsión de la Evaluación.....	81
Referencias Bibliógraficas.....	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de máquina universal para ensayo de tensión .....	12
Figura 2. Esquema de un ensayo de impacto Charpy y tipos de probetas .....	13
Figura 3. Probeta ensayada para doblado .....	13
Figura 4. Esquema de medición de la dureza Rockwell .....	14
Figura 5. Medición de dureza Vickers .....	16
Figura 6. Proceso de Soldadura SMAW.....	17
Figura 7. Proceso de Soldadura GTAW.....	17
Figura 8. Efectos del carbono en la soldabilidad.....	19
Figura 9. Categorías Fundamentales.....	27
Figura 10. Material Base.....	61
Figura 11. Material de Aporte.....	62
Figura 12. Clasificación de los procesos de Soldadura.....	62
Figura 13. Interpretación de la norma.....	66
Figura 14. Tipos de Soldadura.....	67
Figura 15. Tipos de Juntas.....	68
Figura 16. Variaciones de Bisel.....	69
Figura 17. Posiciones de Soldadura.....	69
Figura 18. Junta a Tope en V.....	72
Figura 19. Posición de Soldadura 6G.....	73
Figura 20. Verificación de Moto-soldadora.....	74
Figura 21. Termo de almacenamiento de electrodos.....	75
Figura 22. Realización de biseles en tubería.....	75
Figura 23. Alineación de tubería.....	75
Figura 24. Limpieza de Soldadura.....	76
Figura 25. Proceso de Soldadura.....	77
Figura 26. Inspección visual de soldadura.....	77
Figura 27. Inspección por Ultrasonido.....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades del material acero ASTM A36 .....	9
Tabla 2. Composición Química .....	10
Tabla 3. Propiedades Mecánicas .....	10
Tabla 4. Equivalencias del acero .....	10
Tabla 5. Propiedades Físicas del agua .....	24
Tabla 6. Propiedades Químicas del agua.....	25
Tabla 7. Ensayos realizados .....	30
Tabla 8. Ensayos de Doblado # 1 Acero Q235B 5mm .....	34
Tabla 9. Ensayos de Doblado # 2 Acero Q235B 7mm .....	34
Tabla 10. Ensayos de Doblado # 3 Acero Q235B 9mm .....	35
Tabla 11. Ensayos de Doblado # 4 Acero Q235B 10mm .....	35
Tabla 12. Ensayos de Doblado # 5 Acero A36 5mm .....	35
Tabla 13. Ensayos de Impacto Charpy # 1 Acero Q235B 5mm .....	36
Tabla 14. Ensayos de Impacto Charpy # 2 Acero Q235B 7mm .....	36
Tabla 15. Ensayos de Impacto Charpy # 3 Acero Q235B 9mm .....	37
Tabla 16. Ensayos de Impacto Charpy # 4 Acero Q235B 10mm .....	37
Tabla 17. Ensayos de Impacto Charpy # 5 Acero A36 5mm .....	38
Tabla 18. Ensayos de Micro-Durezas # 1 Acero Q235B 5mm .....	38
Tabla 19. Ensayos de Micro-Durezas # 2 Acero Q235B 7mm .....	38
Tabla 20. Ensayos de Micro-Durezas # 3 Acero Q235B 9mm .....	39
Tabla 21. Ensayos de Micro-Durezas # 4 Acero Q235B 10mm .....	39
Tabla 22. Ensayos de Micro-Durezas # 5 Acero A36 5mm .....	39
Tabla 23. Ensayos de Macrográfico # 1 Acero Q235B 5mm .....	40
Tabla 24. Ensayos de Macrográfico # 2 Acero Q235B 7mm .....	40
Tabla 25. Ensayos de Macrográfico # 3 Acero Q235B 9mm .....	41
Tabla 26. Ensayos de Macrográfico # 4 Acero Q235B 10mm .....	41
Tabla 27. Ensayos de Macrográfico # 5 Acero A36 5mm .....	42
Tabla 28. Ensayo Químico # 1 Acero Q235B 5mm .....	43
Tabla 29. Ensayo Químico # 2 Acero Q235B 7mm .....	44
Tabla 30. Ensayo Químico # 3 Acero Q235B 9mm .....	45
Tabla 31. Ensayo Químico # 4 Acero Q235B 10mm .....	46

Tabla 32. Ensayo Químico # 5 Acero A36 5mm .....	47
Tabla 33. Ensayos Metalográfico # 1 Acero Q235B 5mm .....	48
Tabla 34. Ensayos Metalográfico # 2 Acero Q235B 7mm .....	49
Tabla 35. Ensayos Metalográfico # 3 Acero Q235B 9mm .....	50
Tabla 36. Ensayos Metalográfico # 4 Acero Q235B 10mm .....	51
Tabla 37. Ensayos Metalográfico # 5 Acero A36 5mm .....	52
Tabla 38. Informe de Análisis de Agua.....	53
Tabla 39. Energía de Impacto tubería espesor 5mm.....	55
Tabla 40. Resultados t-student de la Energía de Impacto.....	55
Tabla 41. Dureza Rockwell HRB tubería espesor 5mm.....	55
Tabla 42. Resultados t-student de la Dureza Rockwell HRB.....	56
Tabla 43. Funciones de algunas materias primas.....	66
Tabla 44. Posiciones de Soldadura.....	70
Tabla 45. Costos Directos – Recursos Materiales.....	79
Tabla 46. Costos Indirectos – Recurso maquinaria .....	80
Tabla 47. Costos Indirectos – Recursos Humano.....	80
Tabla 48. Costo Total.....	81

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO A. Informe de ensayos de Doblado E impacto-Charpy EPN ....	85
ANEXO B. Informe de ensayos de Dureza, Composición Química, ensayo Macrográfico y ensayo Metalográfico EPN .....	91
ANEXO C. Informe de ensayos de Doblado CFPM-Carroceros.....	108
ANEXO D. Informe de ensayos de Impacto-Charpy CFPM-Carroceros.....	115
ANEXO E. Informe de ensayos de Dureza, Espectrometría, Metalográfico, y Químico CFPM-Carroceros.....	122
ANEXO F. Informe de ensayos Macroscópicos CFPM-Carroceros.....	133
ANEXO G. Informe de Análisis de Agua.....	139
ANEXO H. Procedimiento de Soldadura Consorcio “ALAO”.....	140
ANEXO I. Valores de Probabilidad acumulada para distribución normal Estándar..	143
ANEXO J. ISO 639; 1995, Structural Steels-Plate, Wide Flats, Bars, Sections and Profiles, NEQ .....	144
ANEXO K: Costo de Junta de Soldadura con Tubería A36.....	157
ANEXO L: Autorización de realizar la Tesis de Maestría .....	160
ANEXO M: Precio Tubería Q235B.....	161
ANEXO N: Tabla de dimensiones tubería A36 .....	163
ANEXO O: Precio Tubería A36.....	164

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

## DIRECCIÓN DE POSGRADO

### MAESTRÍA EN MECÁNICA

**Tema:** “ANÁLISIS DE LA SUSTITUCIÓN DEL MATERIAL ACERO A36 POR EL MATERIAL Q 235B EN LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA PROVINCIA DE CHIMBORAZO.”

#### Resumen Ejecutivo

El presente trabajo de investigación “Análisis de la sustitución del material acero A36 por el material Q235B en la construcción del sistema de agua potable de la ciudad Riobamba provincia de Chimborazo.”, tiene como objeto primordial caracterizar el material Q235B con el acero A36, además con los datos obtenidos al analizar esta variable se pudo comparar y evaluar los resultados para la sustitución del material verificando que cumple con las características propuestas por el proyecto de investigación, los datos obtenidos de los ensayos suministrados pertenecen a la empresa Consorcio Alao teniendo la autorización de los datos, además se realizaron ensayos en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero.

La información recopilada sobre los métodos de ensayos destructivos y no destructivos nos ayudó a analizar las propiedades físico-químico y mecánicas que tiene este acero. Determinando cada una de las características de este material para que sea utilizado en la construcción del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo.

Al final del proyecto se presenta la caracterización de los aceros analizados y su sustitución para la construcción del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo, mediante el proceso de soldadura SMAW bajo los criterios de aceptación y rechazo de las normas API 1104 y ASME IX, utilizando electrodos E6010 y electrodo E7018 como material de aporte , con un tipo de junta a tope y posición de soldadura 6G debido a que la tubería a soldar se encuentra estática sin poder cambiar de posición de soldadura, el material Q235B presenta buenas propiedades mecánicas y su cordón de soldadura no presenta muchos defectos.

**Descriptor:** Ensayos destructivos, ensayos no destructivos, soldadura, procedimiento, soldabilidad.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO**  
**POSTGRADUATING MANAGEMENT**  
**MASTER'S DEGREE IN MECHANICS**

**Topic:** “The analysis of steel A36 substitution instead of Q235B material for the construction of the Drinking Water System in Riobamba city, Chimborazo province.”

**Author:** Israel Jacinto Amancha Torres, Eng

**Executive Summary**

The present research “The analysis of steel A36 substitution instead of Q235B material for the construction of the Drinking Water System in Riobamba city, Chimborazo province.”, is primarily aimed at comparing the Q235B material with A36 steel. Moreover, the obtained data, is the perfect sample to analyze the variable which supports the comparison between both materials, verifying that the results for the substitution bear out firmly all the characteristics of the proposal for this Project, the data obtained from the tests provided belong to the Consorcio Alao company having the authorization of the data, in addition tests were carried out in the Center of Productive Metalmechanical Development Carrocero.

The information collected on the destructive and non-destructive testing methods helped us to analyze the physical-chemical and mechanical properties of this steel. In this way, each of the characteristics of this material is determined to be used in the construction of the Drinking Water System in Riobamba city, Chimborazo province. At the end of the project, the characterization of the analyzed steels and their replacement for the construction of the Drinking Water System of Riobamba city in Chimborazo province is presented, through the SMAW welding process under the criteria of acceptance and rejection of API standards 1104 and ASME IX, using electrodes E6010 and E7018 ones as input material, with a type of butt joint and 6G welding position because the pipe to be welded is static without being able to change Welding position, material Q235B presents good mechanical properties and its welding bead does not present many defects.

**Keywords:** Destructive tests, non-destructive tests, welding, procedure, weldability.

## **CAPÍTULO I**

### **1.1 Tema**

“ANÁLISIS DE LA SUSTITUCIÓN DEL MATERIAL ACERO A36 POR EL MATERIAL Q 235B EN LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA PROVINCIA DE CHIMBORAZO.”

### **1.2 Planteamiento del problema**

#### **1.2.1 Contextualización**

La producción del acero a nivel mundial ha tenido cambios muy relevantes en la construcción de aceros. Actualmente en el mercado nacional e internacional existen diferentes tipos de acero que se usan en las áreas petroleras, mecánica, naval de construcción entre otras, los mismos que frente a las exigencias al cumplimiento de estándares en los diversos procesos de producción ha dado como resultado el desarrollo de tecnologías cuyo objeto es el de inspeccionar los diferentes productos, garantizando una correcta conformación y calidad de los componentes. Los mismos que mediante análisis de materiales determinarían las propiedades de cada uno de los elementos [33].

A nivel Nacional los ensayos de materiales constituyen una herramienta fundamental en el sector industrial. Los ensayos proporcionan beneficios en su uso.

Existen Normas ecuatorianas de la Construcción que su objetivo fundamental es mejorar de la calidad y la seguridad de sus trabajos, fomentando el desarrollo social y así satisfaciendo las necesidades de la población [1].

En el Sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo se realizará ensayos no destructivos y destructivos al material Q235B para verificar las propiedades de dicho material y ver si cumple con los parámetros establecidos para la construcción del Sistema de Agua Potable.

### **1.2.2 Análisis crítico**

La realización de este estudio aportará mucho en el desarrollo para la construcción del Sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo, al realizar caracterizaciones prácticas y teóricas del material, las cuales le permitirán la utilización del acero Q235B en el proyecto, puesto que también ayudará a tener un control de calidad de los materiales a ensayar y un mejor conocimiento en el diseño de elementos.

Es por ello la gran importancia de proponer el análisis del material Q235B, mediante Ensayo Tensión, Doblado, charpy, macrografía, micro-durezas, metalografía y químicas del material, esto contribuirá en la utilización de este material para la construcción del Sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo.

### **1.2.3. Prognosis**

Al no efectuar la evaluación de la posible sustitución del material acero A36 por material Q 235B no se podrá utilizar el material en la construcción del Sistema de Agua potable de la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo.

### **1.2.4. Formulación del problema**

¿Cómo efectuar la evaluación de la posible sustitución del material acero A36 por material Q 235B en la construcción del Sistema de Agua potable de la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo?

### **1.2.5. Preguntas directrices**

¿Cuáles son los requerimientos específicos del Sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo?

¿Cuáles son los tipos de ensayos que se deben realizar al material Q235B para verificar su posible utilización en el Sistema de Agua potable de la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo?

¿Qué método de inspección por ensayos no destructivos validará la utilización del material Q 235B como sustituto del acero A36 para el Sistema de Agua potable de la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo?

### **1.2.6. Delimitación del problema**

#### **1.2.6.1. Delimitación de contenidos**

La presente investigación se fundamenta en el campo de Ingeniería Mecánica en el área de Sistemas de Control -Calidad de procesos productivos y de servicios.

#### **1.2.6.2. Delimitación espacial**

El tema propuesto se realizará en:

- Sistema de Agua potable de la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo.
- Laboratorio de Materiales de la Universidad Politécnica Nacional, ubicada en la ciudad de Quito de la provincia de Pichincha, en la Región sierra, en el País de Ecuador.
- Además se complementará en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica mediante el contenido de libros, tesis de pregrado y posgrado que se relacionan con este estudio.

#### **1.2.6.3. Delimitación temporal**

El presente trabajo investigativo se desarrollará en los meses comprendidos entre Junio - 2017 a Octubre de 2019.

### **1.3 Justificación**

El motivo por el que se efectuará el estudio es porque el material ASTM A36 es el más común y aplicable en la industria como en edificios; estructuras metálicas; cables para puentes colgantes, atirantados, varillas, tubos, etc. Este material va a ser sustituido por el material Q235B que es un material con características y propiedades similares al material ASTM A36.

Este estudio es económicamente factible y de gran interés para industrias y mecánicas que hagan uso del acero A36 puesto que puede ser sustituido por el acero Q235B debido a su bajo costo y características que posee.

La investigación parte de estudios previamente realizados que determinan propiedades físicas, químicas y mecánicas mediante la caracterización del material y verificando que cumplierse sus expectativas tanto de seguridad como de producción.

Los beneficiados en particular serán: la Empresa Consorcio Alao disponiendo de información actualizada de los trabajos que se están realizando y la municipalidad.

Adicionalmente, es factible porque se cuenta con recursos bibliográficos, tecnológicos y económicos, además la empresa Consorcio Alao, la Escuela Politécnica Nacional, el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero y la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica brindaran la disponibilidad de sus instalaciones y herramientas para llevar a cabo la presente investigación.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 General**

Evaluar la sustitución del material acero A36 por material Q235B en la construcción del Sistema de Agua potable de la ciudad Riobamba provincia de Chimborazo.

### **1.4.2 Específicos**

- Caracterizar los requerimientos específicos del Sistema de Agua potable de la ciudad Riobamba provincia de Chimborazo.
- Validar la factibilidad de la utilización del material Q 235B como sustituto del acero A36 para el Sistema de Agua potable de la ciudad Riobamba provincia de Chimborazo mediante Ensayos No Destructivos.
- Identificar los tipos de ensayos a aplicar al material Q235B para determinar su utilización en el Sistema de Agua potable de la ciudad Riobamba provincia de Chimborazo.

## CAPÍTULO II

### 2.1 Antecedentes Investigativos

El proyecto se respaldó en investigaciones realizadas con anterioridad por otros autores, como se muestra a continuación:

En la Universidad Católica de Valparaíso en la Facultad de Ingeniería Mecánica en el año 2015 Rodrigo Lagos realizó el “Análisis comparativo del acero ASTM A499-89 vs ASTM A36”. Este estudio concluye que el material A499-89, en general, posee claramente mejores propiedades mecánicas que el Acero A36, quizás en algunas aplicaciones específicas, el Acero A36 tenga ventajas sobre el Acero A499-89, pero en general, desde el punto de vista mecánico, el acero A499-89 va a tener un mejor comportamiento que el ASTM A36 [2].

En la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en la Carrera de Ingeniería Mecánica en el año 2015 Tobar Castro Estefanía Alejandra desarrolló el “Estudio de las transformaciones metalográficas y propiedades mecánicas de la zona afectada por el calor (ZAC) después del proceso de soldadura en los aceros ASTM A588 y A36.” Este estudio concluye que el acero ASTM A36 posee una mayor ductilidad que el acero ASTM A588, en contraposición a la tenacidad, en la cual el acero A588 presenta una tenacidad más alta (47.6 J) en relación al acero ASTM A36 (40.9 J), específicamente un 16.38 % mayor teniendo en cuenta una aportación de calor de 17 KJ/ cm en los dos aceros [3].

En la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en la Carrera de Ingeniería Mecánica en el año 2015 los señores Carlos Naranjo, Xavier Sánchez y Estefanía Tobar desarrollaron “Estudio de las transformaciones metalográficas y variación de las propiedades mecánicas en juntas soldadas de acero ASTM A588 y A36.” Este estudio concluye que la dureza en una junta soldada presenta su punto más alto entre el material de aporte y el límite de fusión de la junta, pero difiere su valor en cada material, para el caso del acero ASTM A588 la dureza en esta zona fue mayor (238.5 HRV) que el acero ASTM A36 (184.74 HRV) [4].

## **2.2 Fundamentación Teórica**

### **2.2.1. Ingeniería Mecánica**

La Ingeniería Mecánica, es un campo muy amplio que se dedica al estudio, diseño y construcción de equipos, máquinas y sistemas mecánicos, evitando el esfuerzo físico del hombre y así fomentar el desarrollo de la comunidad. La Ingeniería Mecánica analiza las necesidades que tiene la población, aplicando nuevos conocimientos tecnológicos de acuerdo a las necesidades de la industria, creando nuevos equipos y maquinaria en beneficio de la comunidad y de la industria [34].

Los campos de la ingeniería mecánica se dividen en una cantidad extensa de sub-disciplinas. Muchas de las disciplinas que pueden ser estudiadas en Ingeniería mecánica pueden tocar temas en comunes con otras ramas de la ingeniería.

#### **2.2.1.1. Ingeniería de Materiales**

La Ingeniería de Materiales estudia las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los materiales. Investigan, analizan y desarrollan nuevos materiales que mejoran el uso de los materiales ya existentes. Estos materiales son probados ante variables, tales como: temperatura, presión, composición química, resistencia, resolviendo problemas de corrosión y la fatiga del material [5].

#### **2.2.1.2. Caracterización de los materiales**

Las propiedades mecánicas de los materiales están relacionadas con fuerzas exteriores que ejercen sobre ellos.

Estas propiedades mecánicas son: Elasticidad, plasticidad, maleabilidad, ductilidad, dureza, tenacidad y fragilidad.

**Elasticidad:** Cualidad de un material para recuperar su forma original al cesar el esfuerzo que lo deformó. Por ejemplo, un globo.

**Plasticidad:** Es la capacidad que tiene un material de mantener la forma que adquiere al estar sometido a un esfuerzo que lo deformó. Por ejemplo, un envase de plástico.

**Maleabilidad:** Es la capacidad de un material para ser conformado en láminas delgadas sin romperse. Ejemplo, aluminio.

**Ductilidad:** Son aquellos materiales que pueden ser estirados y conformados en hilos finos o alambre. Por ejemplo, el cobre.

**Dureza:** Resistencia que opone un cuerpo a ser penetrado por otro.

**Tenacidad:** Resistencia a la rotura de un material cuando está sometido a esfuerzos lentos de deformación. Ejemplo, acero.

**Fragilidad:** Es la facilidad con la que se rompe un material sin que se produzca deformación elástica [6].

### **2.2.2. Análisis de materiales**

El análisis de materiales es una caracterización de las propiedades físico, químico y mecánico. Este análisis está basado en los principios de balance físico, además para este análisis se realizan ensayos no destructivos y ensayos destructivos [7].

#### **2.2.2.1 Acero Estructural**

El acero utilizado en estructuras de ingeniería generalmente viene dado en dos tipos, el acero con bajo contenido de carbono, también llamado acero dulce y aceros de baja aleación, en el caso de los segundos, el objetivo de los aleantes es aumentar la resistencia mecánica y a la corrosión.

Las especificaciones de estos aceros generalmente están dadas en base a la norma ASTM, estos tipos de aceros están presentes en la construcción de puentes, edificios, barcos, perfiles estructurales, varillas, así como en la industria automotriz, electrodomésticos, transporte, etc.

#### **Ventajas del acero estructural.**

El acero estructural tiene varias ventajas en comparación con otros materiales utilizados en la construcción, entre ellas se puede mencionar:

- **Facilidad de Montaje**

El realizar estructuras con acero, permite una mayor facilidad para armar las edificaciones en relación a si se lo hiciera con materiales y procedimientos comunes como lo es la construcción a base de hormigón armado.

- **Material tenaz y relativamente dúctil y maleable.**

El acero al ser un material con las características mencionadas anteriormente permite hacer con él diferentes formas, como perfiles, varillas, planchas e incluso alambres lo cual permite construir edificaciones con una amplia variedad de formas.

- **Economía.**

Con respecto a la rapidez de montaje el utilizar acero permite que las obras sean realizadas en un menor lapso de tiempo con ello se evitan costos de mano de obra, etc.

Además la utilización de acero permite la compatibilidad con materiales complementarios a un menor costo, en cuestión de acabados.

Cabe señalar que si bien el acero presenta algunas ventajas, entre sus desventajas más apreciables está la corrosión, la cual se puede controlar con tratamientos existentes en el mercado e incluso existen tipos de aceros que no se corroen fácilmente.

Otra desventaja es el fuego, en caso de incendio o una explosión con fuego, las estructuras de acero son altamente vulnerables, pero con la utilización de sistemas contra incendios y tratamientos especiales, permite minimizar este tipo de riesgos.

### **2.2.2.2 Designaciones ASTM para aceros.**

La designación de los aceros por la ASTM es:

A: para materiales ferrosos

B: para materiales no ferrosos

M: indica los estándares que pueden ser suministrados en unidades Métricas

La norma ASTM no especifica la composición del material directamente, sino la clasifica en función de la aplicación o su ámbito de empleo.

A continuación, se indicará mediante un ejemplo la nomenclatura completa que se utiliza para la denominación de metales según la ASTM.

Designación:

#### **ASTM A 516 / A 516M-90 (2001) Grado 70**

Este acero corresponde a Placas o láminas para recipientes a presión, de acero al carbono, de moderada y baja temperatura de servicio.

**A:** Describe que es metal ferroso.

**516:** Número secuencial, sin ninguna relación con las propiedades del metal.

**M:** Indica que el estándar A 516M está escrito en las unidades del sistema Internacional SI. (Métrico), por lo tanto, conjuntamente A 516 / A 516M utiliza tanto pulgada-libra y unidades del SI.

**90:** Indica el año de la adopción o la última revisión.

**(2001):** Indica el año de su última revisión y aprobación.

**Grado 70:** Indica la resistencia a la tracción mínima en ksi, 70 ksi o 70.000 psi [9].

### **2.2.3 Acero ASTM A36**

El acero ASTM A36 es uno de los aceros más comunes dentro de los aceros de tipo estructural. En el Ecuador es uno de los materiales más utilizados para la construcción

de estructuras, puentes, varillas, actividad metalmeccánica, etc. Existen algunas empresas en el mercado que se encargan de fabricar piezas estructurales de acero para la construcción, entre ellas están ADELCA, NOVACERO, ANDEC, por mencionar las más reconocidas.

Viene dado en varias formas como por ejemplo varillas, planchas, perfiles estructurales, láminas, platinas, ángulos, etc [8], Las propiedades del material A36 se muestra en la Tabla 1.

Tabla. 1 Propiedades del material acero ASTM A36 [9].

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.85 g/cc	0.284 lb/in <sup>3</sup>	
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Tensile Strength, Ultimate	400 - 550 MPa	58000 - 79800 psi	
Tensile Strength, Yield	250 MPa	36300 psi	
Elongation at Break	20 %	20 %	in 200 mm
	23 %	23 %	In 50 mm.
Modulus of Elasticity	200 GPa	29000 ksi	
Compressive Yield Strength	152 MPa	22000 psi	Allowable compressive strength
Bulk Modulus	160 GPa	23200 ksi	Typical for steel
Poissons Ratio	0.26	0.26	
Shear Modulus	79.3 GPa	11500 ksi	
Component Elements Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	0.29 %	0.29 %	
Copper, Cu	>= 0.20 %	>= 0.20 %	only if copper steel is specified
Iron, Fe	98 %	98 %	
Manganese, Mn	0.80 - 1.2 %	0.80 - 1.2 %	
Phosphorous, P	0.040 %	0.040 %	
Silicon, Si	0.15 - 0.40 %	0.15 - 0.40 %	
Sulfur, S	0.050 %	0.050 %	

#### 2.2.4 Acero Q 235B

El acero Q235 es ampliamente utilizado en estructuras de construcción e ingeniería. Se puede usar para fabricar barras de acero o para construir marcos de casas de fábricas, torres de transmisión, puentes, vehículos, calderas, contenedores, barcos, etc., y también se utiliza como una pieza mecánica que no requiere un alto rendimiento [10].

A continuación, se muestra las tablas de la composición química Tabla 2, propiedades mecánicas Tabla 3 y equivalencias del acero Tabla 4.

Tabla. 2 Composición Química. [10]

Steel Grade	Quality Grade	C % (≤)	Si % (≤)	Mn (≤)	P (≤)	S (≤)
Q235	Q235A	0.22	0.35	1.4	0.045	0.05
	Q235B	0.2	0.35	1.4	0.045	0.045
	Q235C	0.17	0.35	1.4	0.04	0.04
	Q235D	0.17	0.35	1.4	0.035	0.035
Quality Grade: A<B<C<D						

Tabla. 3 Propiedades Mecánicas [10]

Grade	Yield Strength	Tensile Strength	Elongation %
Q235 Steel	235 Mpa	370-500 Mpa	26
Test Sample: Ø 16mm steel bar, (Mpa=N/mm <sup>2</sup> )			

Tabla. 4 Equivalencias del acero [10]

China	USA	Germany	Japanese	France	UK	ISO
GB	ASTM	DIN	JIS	NF	BS	ISO
Q235A Steel	Gr.D (σS230MPa)	Ust37-2 RSt37-2	SS440 SM400A (σS245MPa)		080A15 (σS235MPa)	E235B (σS235MPa)
Q235B Steel	Gr.D (σS230MPa)	S235JR S235JRG1 S235JRG2 (σS235MPa)	SS440 SM400A (σS245MPa)	S235JR S235JRG1 S235JRG2 (σS185MPa)	080A15 S235JR S235JRG1 S235JRG2 (σS185MPa)	E235B (σS235MPa)

### 2.2.5 Ensayos no Destructivos

Los ensayos no destructivos (END) son pruebas realizadas a un material, sin alterar o dañar sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales.

Los ensayos no destructivos se realizan basándose en la aplicaciones de fenómenos físicos como son:

- Ondas electromagnéticas
- Ondas acusticas
- Ondas elásticas
- Emisión de partículas subatómicas
- Capilaridad
- Absorción.

Los ensayos no destructivos no realizan daños a las probetas a examinarse mientras ensayos destructivos producen daños al material para realizar su análisis, los ensayos no destructivos son mas económicos en comparación con los ensayos destructivos [11].

## **Tipos de Ensayos no Destructivos**

### **Ensayos no destructivos Superficiales:**

Los ensayos no destructivos superficiales comprueban la homogeneidad de un material. Su principal aplicación es para detectar discontinuidades superficiales, aunque también existen ensayos que determinan discontinuidades sub-superficiales a profundidades no mayor a 3 mm.

Los ensayos no destructivos superficiales son:

- Inspección visual (VT)
- Líquidos penetrantes (PT)
- Partículas Magnéticas (MT)
- Electromagnetismo (ET)

### **Ensayos no destructivos Volumétricos**

Los ensayos no destructivos volumétricos detectan discontinuidades a más de 3 mm de la superficie, indicando la uniformidad de un material en su espesor, además detecta discontinuidades internas que no son visibles a simple vista.

Los ensayos no destructivos volumétricos son:

- Radiografía Industrial (RT)
- Ultrasonido Industrial (UT)
- Radiografía Neutrónica (NT)
- Emisión Acústica (AET).

## **2.2.6 Ensayos Destructivos.**

Los ensayos destructivos son pruebas que se realizan a los materiales para comprobar sus propiedades. Al realizar los ensayos destructivos el material o pieza va a sufrir daños, debido a la extracción de muestras para poder ser analizadas, además de roturas o marcas debido a los ensayos.

A continuación, se detallan algunos de los ensayos destructivos que serán utilizados para el análisis del proyecto en curso.

### **2.2.6.1 Ensayo de Tensión.**

Este ensayo mide la resistencia de un material a una fuerza estática o que es aplicada lentamente.

Se considera a este ensayo de importancia ya que las propiedades que se muestran en él, permiten conocer la resistencia del material, como por ejemplo resistencia a la tensión, esfuerzo último, punto de fluencia del material, etc.

La probeta es colocada en la máquina de ensayos universales y se aplica una fuerza  $F$  unidireccional al espécimen, previamente se colocan dos marcas de calibración, mientras se ejecuta el ensayo se observa como la distancia entre marcas aumenta, como se muestra en la figura 1.

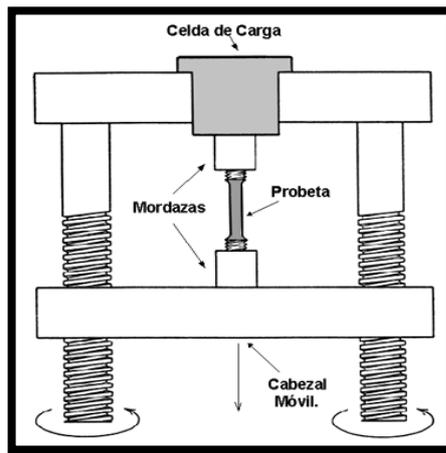


Figura 1. Esquema de máquina universal para ensayo de tensión [12].

En general los aceros presentan esta curva, se puede reconocer una parte lineal, llamada zona elástica, aquí el acero se comporta como un resorte ya que el material regresa a su longitud inicial, cuando la línea empieza a desviarse, el material llega a su límite de fluencia, a partir de este punto la deformación del material se vuelve plástica. Luego a partir de este punto la curva se vuelve inestable y depende su comportamiento del acero que se esté analizando, hasta el punto de fractura del material.

### 2.2.6.2 Ensayo de Impacto o Tenacidad

El ensayo de impacto sirve para evaluar la tenacidad de un material.

Generalmente para realizar este tipo de ensayo destructivo, se utiliza el denominado ensayo Charpy aunque para materiales cerámicos o extremadamente frágiles se utiliza el ensayo Izod, para el proyecto en curso se utilizará el ensayo Charpy, el cual consiste en soltar un péndulo en caída libre y que este golpee una probeta, de modo que se puede comparar la energía absorbida por el material mediante la cuantificación de las alturas, a la que se soltó el péndulo inicialmente y a la que terminó, transformándolas en energía potencial, como se muestra en la figura 2.

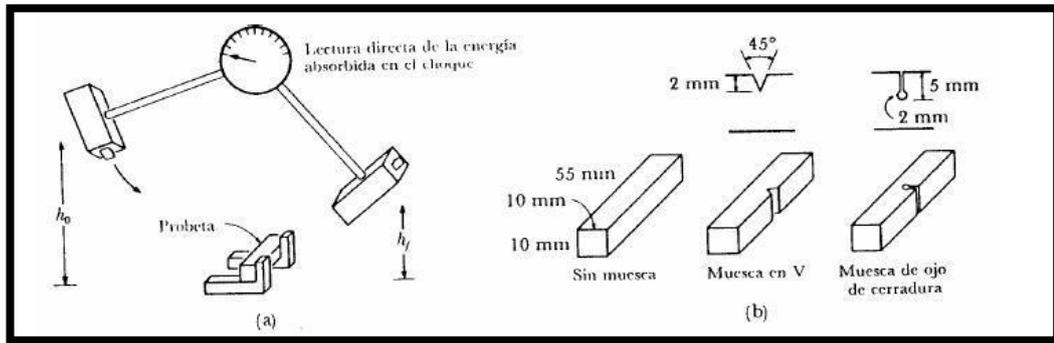


Figura 2 Esquema de un ensayo de impacto Charpy y tipos de probetas [12].

La probeta del material a ser ensayado puede o no tener muesca, los especímenes que tienen muesca permite medir mejor la resistencia y observar mejor la propagación de las grietas.

### 2.2.6.3 Ensayo de Doblado

Este ensayo permite conocer la capacidad de deformación de un material al ser doblado con el fin de prevenir roturas al ser sometido a una carga sin agrietarse, también permite conocer la ductilidad del material y el comportamiento que va a tener al aplicar una carga de este tipo.

El ensayo de doblado se realiza en la máquina de ensayos universales, se coloca la probeta entre dos apoyos y se somete a una carga en el centro de la probeta de forma que esta se vaya doblando, como se muestra en la figura 3, las dimensiones de la probeta son regidas según la norma que se aplique, en este caso según la norma AWS sección D1.5



Figura 3. Probeta ensayada para doblado [12].

#### **2.2.6.4 Ensayo de Metalografía.**

Previo a la explicación de este ensayo se dará una breve información sobre la metalografía como un área importante de los materiales metálicos.

La metalografía es un área de la metalurgia, la cual estudia la constitución y características estructurales de los metales y las aleaciones. De esta manera se los puede relacionar con propiedades físicas, mecánicas y químicas.

Este ensayo permite determinar aspectos a nivel macrográfico y micrográfico.

Con la macrografía se puede obtener datos como:

- Tratamientos mecánicos a los que ha sido sometido el material.
- Distribución de defectos.

Con la micrografía se puede determinar propiedades como:

- Tamaño de grano
- Forma y distribución de las fases del material.
- Existencia o no de tratamiento mecánico o térmico sobre el material.

La micrografía es la amplificación de la superficie ó área a analizar mediante el microscopio para observar las características de su micro estructura.

El examen de la microestructura es la técnica que ayuda a determinar si un metal o aleación cumple con las especificaciones de trabajo mecánico, tratamiento térmico y composición general, además el análisis de la microestructura permite determinar las fallas metálicas y controlar sus procesos industriales.

Los pasos para realizar un ensayo de metalografía son:

- Extracción de la muestra.
- Montaje
- Desbaste y pulido.
- Ataque químico
- Observación y análisis [11].

#### **2.2.6.5 Ensayo de Dureza.**

En términos sencillos la dureza es la resistencia que un material pone a la penetración, generalmente con un objeto más duro que el material en estudio.

Para este ensayo se utilizan indentadores, de distinta forma geométrica así como una carga definida según el indentador y el material en análisis.

Al ser una deformación plástica el material queda marcado, a partir de la profundidad y medidas de esta marca se determina la dureza del material.

Dependiendo el indentador, la carga y el material hay diferentes mediciones de dureza y procedimientos para medirlas, las cuales se menciona a continuación:

### **Dureza Rockwell**

Para medir la dureza Rockwell se realiza indentaciones como forma de medida, este método no trata de medir de manera directa la dureza a través de la magnitud de los esfuerzos de contacto sino que es inversamente proporcional a la penetración del indentador.

A continuación se muestra un esquema de la forma de medición Rockwell, figura 4.

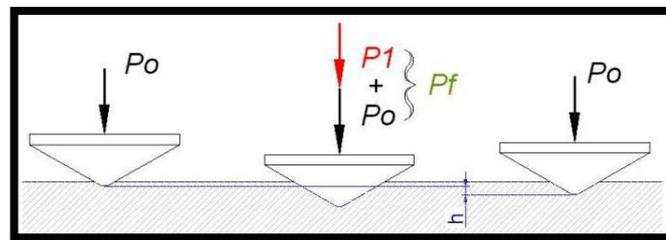


Figura 4. Esquema de medición de la dureza Rockwell [13].

### **Dureza Vickers**

Este ensayo de dureza se utiliza para materiales duros, para medir este ensayo se utiliza un indentador de pirámide.

Los valores de este ensayo son coincidentes en la escala Brinell para materiales de dureza media.

Se puede utilizar este ensayo también para materiales blandos, probetas delgadas, capas superficiales y como ya se lo mencionó antes, con materiales duros, como se muestra en la figura 5 [13].

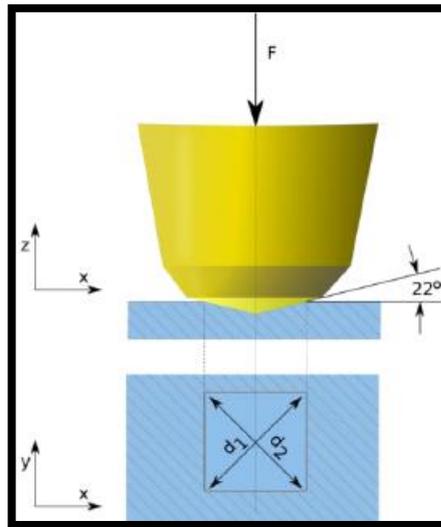


Figura 5. Medición de dureza Vickers [13].

### 2.2.7. Soldadura

Es el proceso mediante el cual dos piezas metálicas, o dos partes de la misma pieza, se unen sólidamente. Esta unión se produce con el calentamiento de las superficies a soldar, y pueden ser puestas en contacto con o sin aportación de una sustancia igual o semejante a las piezas a unir.

La fuente de calor puede ser una llama, un plasma, un arco eléctrico, un haz de electrones o un haz láser.

El proceso de calentamiento de las superficies a soldar puede implicar que se fundan las zonas por donde debe realizarse la unión, o una de ellas ó que no se fundan ninguna de las partes, sino que se unan mediante presión [36].

#### Soldadura SMAW

El proceso de soldadura por arco es uno de los más usados y abarca diversas técnicas. Una de esas técnicas es la soldadura por arco con electrodo metálico revestido (SMAW, por sus siglas en inglés), también conocida como soldadura por arco con electrodo recubierto, soldadura de varilla o soldadura manual de arco metálico, como se muestra en la figura 6.

Se trata de una técnica en la cual el calor de soldadura es generado por un arco eléctrico entre la pieza de trabajo (metal base) y un electrodo metálico consumible (metal de aporte) recubierto con materiales químicos en una composición adecuada (fundente) [37].

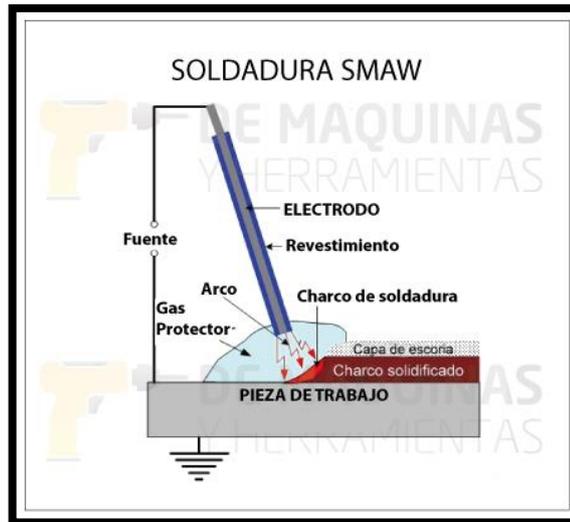


Figura 6. Proceso de soldadura SMAW [38].

### Soldadura GTAW

GTAW El proceso de soldadura TIG (tungsten inert gas), identificado por la AWS como Gas Tungsten Arc Welding-GTAW, es un proceso de soldadura por arco eléctrico, que se establece entre un electrodo de tungsteno y la pieza a soldar, bajo la protección de un gas inerte que evita el contacto del aire con el baño de fusión y con el electrodo, que se encuentran a alta temperatura, como se muestra en la figura 7.

El electrodo de tungsteno está sujeto a una torcha que le transmite la corriente eléctrica e inyecta el gas de protección; puede estar refrigerada y es alimentada por una fuente de poder que puede ser de corriente continua o alterna. El metal de aporte, cuando es necesario, se agrega directamente a la pileta líquida [39].



Figura 7. Proceso de soldadura GTAW [40].

### 2.2.8 Discontinuidades

Una discontinuidad es una alteración de las propiedades normales de un metal, todos los metales presentan alguna discontinuidad. Estas discontinuidades se pueden clasificar, dependiendo de su efecto sobre las propiedades de los metales.

Las discontinuidades que afectan a la soldadura en sus propiedades, pudiendo causar falla en servicio son llamados defectos. De esto podemos concluir: “Una discontinuidad se define como una variación de la estructura típica de un soldadura, falta de homogeneidad en la composición química, mecánica, metalúrgica o características físicas del material base o de aporte” [41].

### 2.2.9 Defectos

Discontinuidad cuyo tamaño, forma, orientación, ubicación o propiedades son inadmisibles para alguna norma específica.

En particular, al realizar un ensayo no destructivo (END) se cataloga como defecto a toda discontinuidad o grupo de discontinuidades cuyas indicaciones no se encuentran dentro de los criterios de aceptación especificados por la norma aplicable [41].

### 2.2.10 Soldabilidad

La soldabilidad es la mayor o menor facilidad con que un metal permite que se obtengan soldaduras sanas y homogéneas, que respondan a las necesidad para las que fueron concebidas incluyendo códigos de fabricación [42].

La soldabilidad de un material bajo determinado proceso puede catalogarse de las siguientes formas:

**Buena soldabilidad:** No hay que aplicar ninguna medida para garantizar la resistencia de la unión utilizando un determinado tipo de soldadura. Ejemplos: precalentamiento, postcalentamiento, etc

**Soldabilidad limitada:** Se logra la resistencia de la unión soldada bajo determinadas condiciones. Ejemplo: Se necesita dar un precalentamiento a 200 °C al material para evitar fragilidad en la unión.

**Soldabilidad nula:** Bajo ninguna condición se puede garantizar la resistencia de la unión soldada. Por ejemplo: la fundición blanca (fundiciones con alto % de cementita), no tiene soldabilidad por fusión, pues bajo ninguna condición se puede lograr una unión con resistencia mecánica suficiente.

La soldabilidad puede abordarse bajo los tres aspectos siguientes:

**La soldabilidad operatoria:** relativa a la operación de soldadura, estudia las condiciones de realización de las uniones por fusión o por cualquier otro procedimiento, por ejemplo por presión. Ejemplo: El aluminio que forma óxidos de alto punto de fusión que no pueden soldarse a llama sin el empleo de fundentes o problemas para soldar con arco eléctrico y CA.

**La soldabilidad metalúrgica:** relativa a las modificaciones físico-químicas y estructurales resultado de la operación de soldadura. Ejemplo: Los aceros inoxidables austeníticos y la precipitación de carburos de cromo (corrosión intercrystalina) y aceros aleados y su tendencia a formar martensita.

**La soldabilidad constructiva (o global):** que se dedica a definir las propiedades de conjunto de la construcción por la sensibilidad de la unión o la deformación y a la rotura bajo el efecto de las tensiones. Ejemplo: los Hierros fundidos que por su poca plasticidad no pueden absorber las deformaciones propias del proceso de soldadura.

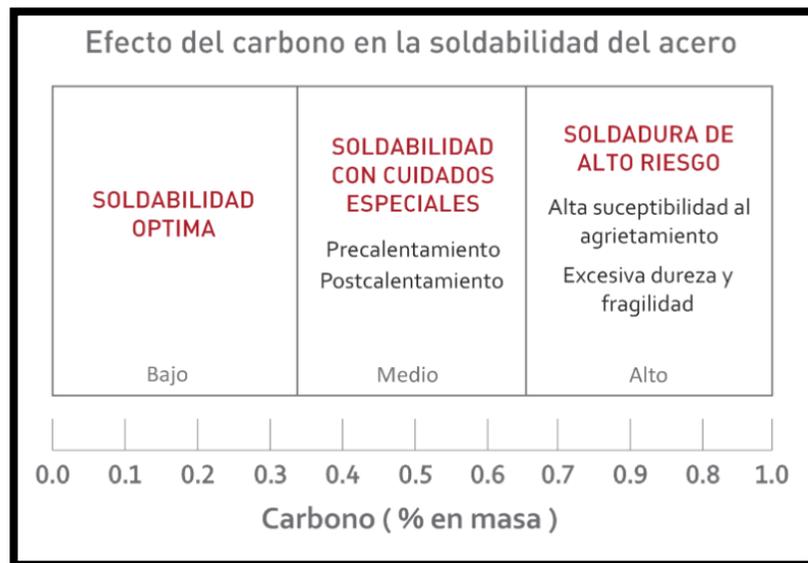


Figura 8 Efectos del carbono en la soldabilidad [43].

Los aceros se sueldan fácilmente cuanto menor porcentaje de carbono haya; la formación de martensita es un riesgo en los aceros con alto contenido en carbono. La martensita no sólo es dura y frágil, sino que su formación procede con un incremento de volumen que impone esfuerzos adicionales en la estructura [44].

## **2.2.11 Sistema de Agua Potable de Riobamba**

### **Descripción general del proyecto**

La captación del agua se realiza desde la margen derecha del río Maguazo, mediante una captación de tipo convencional. La cota de la cresta del Azud es la 3147.40 msnm. y la longitud del mismo es de 9 m, en la dirección perpendicular a la dirección del flujo del río.

El caudal de diseño para el período elegido es de 546 l/s, valor que incluye el respectivo coeficiente de mayoración. Para la comprobación a la crecida se emplea el caudal para un período de retorno de 100 años, que es de 75 m<sup>3</sup>/s.

El agua ingresa por una reja de entrada conformada por una abertura rectangular de 2.40 m de ancho por 0.80 m de alto, con la presencia de barrotes de perfil rectangular de 0.04 m (4 cm) de ancho, espaciados entre sí una distancia de 0.06 m (6 cm), en total 24 barrotes. La pared de la reja hace un ángulo de 15° con la dirección del río y la estructura de la reja, con sus barrotes, hace un ángulo de 75° con la horizontal.

Inmediatamente el agua pasa a una cámara de retención de material grueso, llamada desripiador. Para conformar la cámara se coloca al final del desripiador un vertedero de pared delgada de 1.38 m de longitud. La distancia mínima de recorrido desde la reja de entrada hasta el vertedero del desripiador es 3.70 m, sin embargo, para el control de la crecida, cuyo valor es 137 veces el caudal de diseño, se hace necesario colocar en uno de los costados del desripiador, un vertedero rectangular de excedencias de pared delgada, con lámina ajustable para calibraciones iniciales y futuras.

Con la finalidad de minimizar las pérdidas, pero sobre todo para un adecuado control de los niveles del agua, se diseña una transición para empatar el vertedero del desripiador con el canal de conducción. El diseño se lo realiza de tal manera que la altura del agua, a lo largo del recorrido de los 2 m de transición, se mantenga prácticamente constante e igual a la altura correspondiente a la del flujo uniforme en el canal.

Luego de la transición, el agua hace el recorrido por un canal rectangular de 0.75 m de ancho en la base, con una altura total de 1.15 m, pendiente longitudinal de 1.2 por mil (0.0012), coeficiente de rugosidad de Manning igual a 0.014. En condiciones de caudal de diseño (546 l/s), produce una altura de flujo uniforme de 0.743 m, con una velocidad de 0.98 m/s, lo que permite un arrastre de partículas, hacia el desarenador, de hasta 3.7

mm. Con la finalidad de garantizar la producción del flujo uniforme, con las dimensiones señaladas en el diseño, se coloca, diez (10) metros aguas abajo de la transición, un vertedero de control rectangular de pared delgada y lámina ajustable. Se colocará tres tubos de 65 mm de diámetro, a ras con la solera de aguas arriba del vertedero de control, que atraviesen el umbral y que permitan el paso del material sólido hacia el desarenador. La distancia desde la cresta del umbral hasta la rasante aguas abajo deberá ser por lo menos de 0.75 m.

Con las mismas características indicadas, el canal continúa hasta el desarenador.

El desarenador inicia con una transición que permite disminuir las pérdidas y conseguir una distribución lo más uniforme posible de velocidades, para evitar la producción de remolinos y corrientes transversales que son perjudiciales para la eficiencia de la depositación de sedimentos. La transición empata el canal de conducción descrito anteriormente con la cámara de sedimentación; se trata de una transición de salida, con una pequeña elevación en la superficie libre del agua. La longitud adoptada para la transición es de 7 m.

La cámara de depositación es rectangular con un ancho de 3.50 m, una altura neta de 1.37 m y una longitud de 15.5 m. Está diseñada para retener partículas con diámetro de 0.2 milímetros ó más.

Al final de cámara se construye un vertedero que puede ser de lámina ajustable. La velocidad de paso por encima del vertedero, antes de la contracción de la vena líquida es de 0.80 m/s, lo que garantiza que las partículas depositadas no vuelvan a ser removidas.

El agua que pasa por el vertedero cae en un tanque de carga de 4 m de longitud, 4.25 m de ancho y la altura del agua deberá ser tal que el nivel superior no sobrepasa el nivel de la cresta del vertedero y, el nivel inferior, esté por encima de la clave de la tubería de salida hacia la planta, para evitar la entrada de aire a la tubería. Lo anterior puede conseguirse con el empleo de una válvula y/o una compuerta de admisión.

Para la limpieza del desarenador, se dejan pendientes transversales en la relación 5H á 1V, para que las arenas puedan dirigirse hacia la canaleta central de altura variable y pendiente 6%, la misma que conecta a la compuerta de limpieza y ésta al canal que va hacia el río.

Para no interrumpir el servicio durante el tiempo que dura la limpieza del desarenador, se dispone de un canal rectangular de paso directo de 0.75 m de ancho por 1 m de alto.

Este canal comienza al principio de la transición, a la misma cota de la solera en ese sitio y continúa con una pendiente de 0.3% terminando en una grada antes de hacer el ingreso a la cámara de carga.

En el costado izquierdo de la cámara del desarenador, se dispone de un vertedero de excesos, que permita evacuar el caudal excedente al de diseño que venga por el canal, por causa de una crecida. Incluso permite evacuar todo el caudal que viene, con el incremento por crecida, en el evento de que se cierre la admisión de agua hacia la planta de tratamiento.

### **2.2.11.1 Tipos de Sistemas de Agua**

#### **2.2.11.1.1 Conducciones de Agua Cruda.**

#### **Línea desde la Captación en el río Maguazo hasta la Planta de Tratamiento en Molobog**

##### **Introducción y Ubicación**

Desde el sitio en el que terminan las obras de la captación en el río Maguazo se ha proyectado la conducción de agua cruda hasta llegar a la planta de tratamiento Molobog. La línea tendrá una longitud de unos 17,3 km, con un recorrido de manera paralela al río Maguazo en sus primeros 500 m, para a continuación ir por la carretera existente que sirve de enlace entre las poblaciones de Licto y Alao. Durante el recorrido pasará por varios ríos y quebradas, de los cuales, en los siguientes se tendrá que realizar alguna obra especial de paso o cimentación: río Maguazo (dos pasos), río Caubac (sector Peltetec), quebrada Puninhuayco, río Ishpi, quebrada cercana a la central Hidroeléctrica (se le ha denominado quebrada Empresa Eléctrica), río Chambo y quebrada El Batán. La conducción cruzará por las poblaciones de Pungalá y Licto.

##### **Descripción del Sistema**

Toda la conducción estará compuesta por tuberías de acero o hierro de diámetro igual a 600 mm. Su funcionamiento, cuando conduzca el agua del río Maguazo será siempre a gravedad. El primer punto de llegada de esta conducción será un tanque de 500 m<sup>3</sup> ubicado en la abscisa 16+159, luego del cual, también a gravedad llegará al tratamiento en Molobog en la abscisa 17+307.

En la abscisa 12+882 la conducción se empatará con la estación de bombeo diseñada Alao, que se describe más adelante en esta memoria. A partir de este punto, y hasta el tanque de 500 m<sup>3</sup>, es decir, desde la abscisa 12+882 a la 16+159, la conducción

funcionará como línea de impulsión cuando, en tiempos secos, se requiera que trabaje la estación de bombeo Alao.

Para controlar el ingreso y salida del aire se instalarán válvulas de aire, además válvulas de desagüe que faculten la limpieza y vaciado de la conducción con un dimensionamiento que está en función de la velocidad de vaciado de la línea en consideración. Como un complemento adicional, en la abscisa 7+680 se ha previsto la instalación de una válvula reguladora de caudal, necesaria para controlar el flujo en las diferentes etapas del proyecto.

#### **2.2.11.1.2 Conducción de Agua Tratada**

##### **Introducción y Ubicación**

Para la primera etapa, a partir de la planta de tratamiento Molobog (ubicada su ingreso en aproximadamente las coordenadas: 766589 E y 9803474 N) con dirección a las reservas Piscín y San Martín de Veranillo se ha diseñado la conducción de agua tratada. En la segunda etapa, esta línea, desde el punto de coordenadas 763381 E y 9815515 N (intersección de Av. Araujo Chiriboga ó Vía a Cerro Negro y Córdova) será prolongada hacia las reservas Maldonado y Saboya.

A excepción del último tramo de ingreso a las reservas, su recorrido será por vías existentes. En el recorrido pasará por la quebrada ubicada en el sector Tunshi Grande y el río Chibunga, punto último que además es el de cota más baja de la línea.

La conducción, diseñada para la primera etapa, estará compuesta por un primer tramo, comprendido entre la planta de tratamiento Molobog y la reserva Piscín, una longitud igual a 14715 m y un segundo tramo, entre el desvío hacia la reserva Piscín y la reserva San Martín de Veranillo, una longitud igual a 1577 m, lo que da un total de 16 292 m.

##### **Descripción del Sistema Propuesto**

Toda la conducción estará compuesta por tuberías de acero, de diámetros: 600, 500, 300 y 200 mm. Su funcionamiento será siempre a gravedad. El primer punto de llegada de esta conducción será la reserva Piscín y luego la reserva San Martín de Veranillo.

Para controlar el ingreso y salida del aire se han diseñado válvulas de aire, además válvulas de desagüe que faculten la limpieza y vaciado de la conducción con un

dimensionamiento que está en función de la velocidad de vaciado de la línea en consideración [14].

## 2.2.12. Control de Calidad

### Calidad de agua de los ríos Alao y Maguazo

Con el fin de caracterizar el agua de las posibles fuentes y estimar su grado de tratabilidad que conduzcan a una adecuada selección de parámetros y criterios de diseño de las unidades y procesos que integrarán la Planta de Tratamiento, se procedió a la caracterización de las mismas mediante análisis físico, químico y bacteriológico en muestras tomadas en el sitio de la futura captación, tomándose tres muestras: días 2, 17 y 30 de abril, siendo este mes normalmente una época de lluvia.

#### 2.2.12.1 Calidad física del agua

Debido a que la posible fuente que se seleccione es superficial, el problema principal es la calidad física: color y turbiedad que pueden variar significativamente según la época del año, parámetros que deben ser controlados en la planta de tratamiento ya que de ello depende la aceptabilidad o no de los usuarios, como muestra en la tabla 5.

Tabla. 5 Propiedades Físicas del agua [15]

Parámetro	2 de abril		17 de abril		29 de abril (lluvia)		30 de abril (lluvia)	
	Alao	Maguazo	Alao	Maguazo	Alao	Maguazo	Alao	Maguazo
Turbiedad NTU	1.68	6.87	5.3	2.3	3.26	24.7	-	41.8
Color UC	24	80	41	30	43	140	-	380

El agua de las dos fuentes tienen propiedades físicas similares, pese a las lluvias la calidad no se deteriora mayormente y las cuencas parecen estar todavía bien conservadas, sin embargo las muestras del 29 y 30 de abril tienen características que ameritan un tratamiento convencional, en especial el color (color verdadero de 50 y 90 UC respectivamente) que se remueve junto a la turbiedad. Es probable que con el tiempo la cuenca se degrade y prevalezcan estas condiciones. La mezcla en ciertas circunstancias de las dos fuentes no va a alterar los procesos de tratamiento por lo que los ensayos de tratabilidad se realizaron con las muestras de agua del río Maguazo

### 2.2.12.2 Calidad química del agua

Las características químicas para el uso doméstico que se quiere aprovechar se mantienen dentro de los límites máximos vigentes en la norma técnica ecuatoriana NTE - INEN 1 108 – 2006 y no ameritan corrección, la no existencia de cultivos intensivos, ni descargas domésticas significativas, ni otro tipo de descargas aguas arriba de las futuras captaciones aseguran la calidad química de las fuentes, condiciones que deben mantenerse para garantizar la misma en el tiempo

Como se observa en el cuadro siguiente tabla 6:

Tabla. 6 Propiedades Químicas del agua [15]

Parámetro	4 de abril		17 de abril		29 de abril		30 de abril	
	Alao	Maguazo	Alao	Maguazo	Alao	Maguazo	Alao	Maguazo
Conductividad umhos/cm	261	235	128.5	214.0	77.3	161.4	-	81.2
pH Unidades de pH	7.88	7.72	6.89	7.64	6.91	6.69	-	6.81
Alcalinidad mg/l CaCO <sub>3</sub>	114.9	125.9	60.5	120.1	36.4	89.4	-	41.3
Dureza total mg/l CaCO <sub>3</sub>	107.0	116.4	69.8	121.3	31.9	73.6	-	35.7
Dure. Cálcica mg/l CaCO <sub>3</sub>	83.5	94.8	39.8	84.1	26.7	58.6	-	30.0
Dure.Magnésica mg/l CaCO <sub>3</sub>	23.5	21.6	30.0	37.2	5.26	15.0	-	5.7
Sólidos disueltos totales mg/l	169.7	152.7	83.5	139.1	50.2	105.0	-	52.8
Parámetro	4 de abril		17 de abril		29 de abril		30 de abril	
	Alao	Maguazo	Alao	Maguazo	Alao	Maguazo	Alao	Maguazo
Hierro total mg/l					0.165	0.265		
Manganeso total mg/l					0.0096	0.0091		

Las características químicas analizadas determinan que no se tiene problemas de hierro ni manganeso, sus valores están por debajo del máximo dado por la norma que son de 0.1 mg/l para el manganeso y de 0,3 mg/l para el hierro; los resultados son de la muestra tomada el 29 de abril en condiciones en que el agua se deterioro por la lluvia, estos valores son puntuales y en verano deben ser incluso mucho menores.

Para el río Maguazo que será la fuente principal, la conductividad ha fluctuado durante el mes entre 235 a 81.2 uS/cm, los valores han variado consistentemente con las lluvias siendo cada vez mayor la dilución, disminuyendo los valores de alcalinidad, dureza y en especial de pH (de 7.72 a 6.81).

Se tiene entonces que en verano el agua es más mineralizada, pero la dureza estará debajo de los 300 mg/l dado por la norma como máximo, el tratamiento convencional con sulfato de aluminio como coagulante está favorecido y el pH final en el agua tratada estará sobre el mínimo de 6,5 de la norma. En cambio en invierno estos valores disminuyen y es necesario el uso de polímeros como ayudantes de floculación para una mayor eficiencia en los procesos y el pH final estará por debajo de las 6,5 unidades, siendo necesario subirlo después de la desinfección

Predomina la dureza del Calcio sobre la del Magnesio. Existe un predominio de la alcalinidad sobre la dureza es decir todo se debe a los Bicarbonatos de Ca y Mg, y no a sulfatos y/o cloruros. La alcalinidad total se debe a la presencia de bicarbonatos como sucede con las fuentes superficiales, principalmente de calcio y magnesio, la concentración de sulfatos está por lo tanto debajo de los 200 mg/l de la norma y no va a superarse con el tratamiento [15].

### **2.3 Fundamentación Filosófica**

La presente investigación se ubica en el paradigma crítico propositivo, ya que la investigación parte de problemas reales en nuestro medio, involucrados en el análisis de materiales, con el objeto de determinar todos los ensayos que sirvan para evaluar las propiedades del acero Q235B y hacer A36, de tal manera que sean de gran aporte para lograr ser competitivos en la industria a más de eso obtener un producto de buena calidad.

### **2.4 Fundamentación legal**

Todos los materiales y ensayos a ser realizarse se ajustarán a las normas que se detallan a continuación.

A continuación, se detalla una lista de las normas que se deberán tener en cuenta en la ejecución del proyecto:

- Norma ASTM E 190: Ensayos de Doblado
- Norma ASTM E 23-12C: Ensayo de Impacto ó Charpy
- Norma ASTM E 18-16 : Ensayo de Micro-durezas
- Especificaciones Técnicas del proyecto “Sistema de agua potable de Riobamba”, parte 4: Agua Potable
- NTE - INEN 1 108 – 2006

## 2.5 Categorías fundamentales

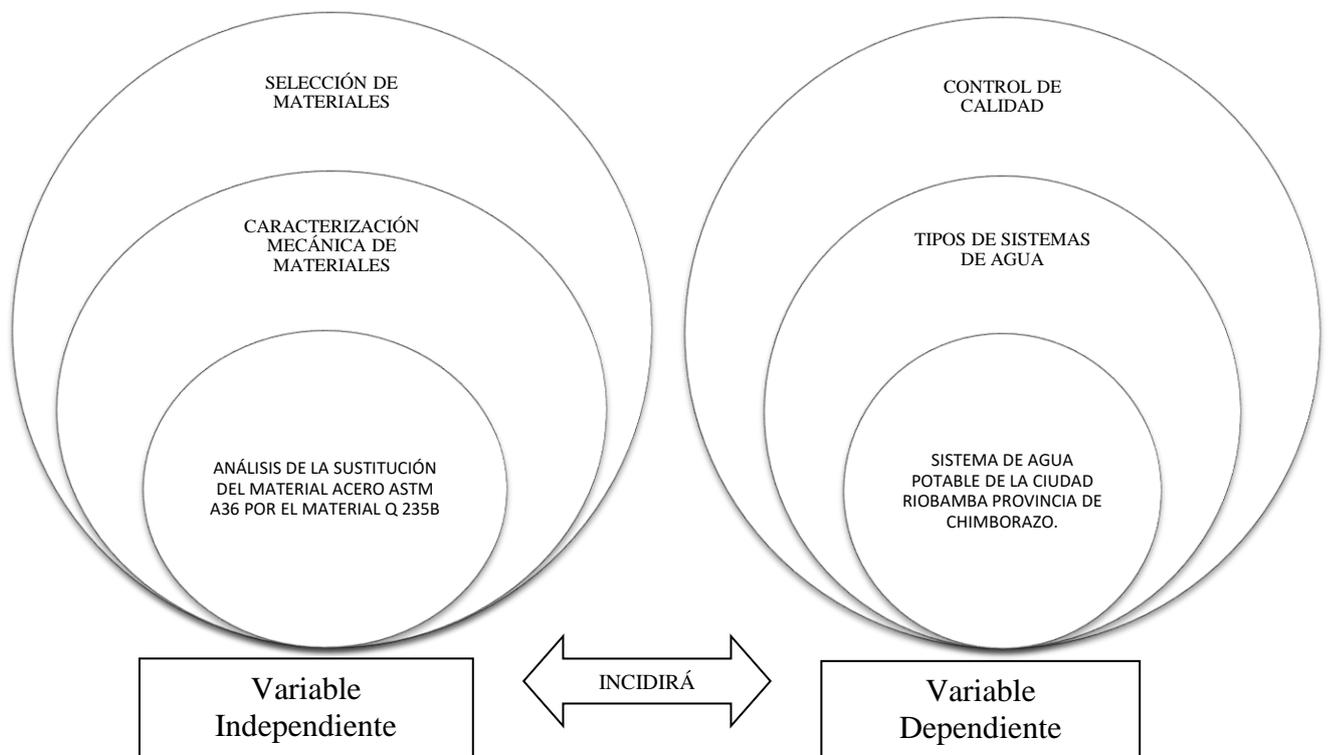


Figura 9. Categorías fundamentales

## 2.6 Hipótesis

Al realizar el análisis de la sustitución del material acero A36 por el material Q 235B incidirá en la construcción del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo.

## 2.7 Señalamiento de variables

### 2.7.1 Variable independiente

Análisis de la sustitución del material acero A36 por el material Q 235B.

### **2.7.2 Variable dependiente**

Sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo.

### **2.7.3 Término de relación**

Incidirá

## CAPÍTULO III

### 3.1 Enfoque

En el presente proyecto se aplicó un enfoque cuantitativo, ya que se procesó los datos obtenidos durante la experimentación encaminada a evaluar la posible sustitución del material Q235B por el material A 36 en el Sistema de Agua potable de la ciudad Riobamba provincia de Chimborazo, además con los datos obtenidos al analizar esta variable se pudo comparar y evaluar los resultados para la sustitución del material verificando que cumple con las características propuestas por el proyecto.

### 3.2 Modalidad Básica de la investigación

La investigación se realizó según las siguientes modalidades:

- **Bibliográfica.** - Porque se tomaron datos de bibliografías especializadas, Normas de aplicación de ensayos no destructivos y destructivos, obteniendo conceptos claros los mismos que son útiles para el desarrollo de este tema.
- **De Campo.** - Porque los datos fueron tomados en el Proyecto Sistema de Agua potable de la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo, además en los laboratorios de la de Análisis y vibraciones de la Escuela Politécnica Nacional y el Centro de Fomento Carroceros, los mismos que ayudaran a caracterizar el material que se utilizará en el proyecto.
- **Experimental.** - Con esta investigación se evaluó los parámetros de control, que cumplieron con las propuestas dadas en el análisis de la sustitución del material acero A36 por el material Q 235B caracterizando el material a utilizarse en la construcción del Sistema de Agua potable de la ciudad Riobamba provincia de Chimborazo

### 3.3 Nivel o tipo de investigación

Para la investigación se utilizó los siguientes tipos:

- **Analítico.** - Debido a que se caracterizara el material que se utilizara en el Sistema de Agua Potable de Riobamba provincia de Chimborazo.

### 3.4 Población y muestra

#### 3.4.1 Población

Para esta investigación se consideró como población a toda la tubería de material Q 235B en espesores 5, 7, 9 y 10 mm.

#### 3.4.2 Muestra

En la presente investigación la muestra fue determinada por diferentes variables como: acero Q 235B de espesores de 5, 7, 9 y 10 mm, y puesto que se trata de un estudio experimental y lo que se va a realizar son ensayos bajo Normas establecidas las cuales determinaran propiedades de acuerdo a ciertas características, el número de probetas se realizó de acuerdo a cada una de las normas.

A continuación, se detalla la tabla de los ensayos realizados Tabla 5.

Tabla. 7 Ensayos realizados

Ítem	Ensayo	Norma	# Probetas				
			ACERO Q 235B				A36
			5mm	7mm	9mm	10mm	5mm
1	Doblado	ASTM E190	2	2	2	2	2
2	Impacto o Charpy	ASTM E23-12C	5	5	5	5	5
3	Micro – Dureza	ASTM E18-16	2	2	2	2	2
4	Macrográfico	ISO 17639	1	1	1	1	1
5	Químicos	ASTM E415-17	1	1	1	1	1
6	Metalográfico	ASTM E3-11	1	1	1	1	1
7	Análisis de Agua	AWWA	1	1	1	1	1

### 3.5 Operacionalización de variables

#### 3.5.1 Variable Independiente

ANÁLISIS DE LA SUSTITUCIÓN DEL MATERIAL A36 POR EL MATERIAL Q 235B.

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍNDICE	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
El análisis es un estudio mediante el cual podemos determinar las propiedades y características que posee un material o aleación, verificando si cumple con los parámetros para su utilización.	Método de Ensayo Destructivo	Plegado Charpy V Micro - Dureza	Cumple  No Cumple	Observación de laboratorio (Informes Apuntes ) Normas: ASTM
El propósito de estos ensayos es determinar las propiedades que tiene cada uno de los materiales.	-Métodos de Ensayo No Destructivo	Químicos Metalográficos Macrográfico	Cumple  No Cumple	Observación de laboratorio (Informes Apuntes ) Normas: ASTM



### **3.6 Recolección de la información**

Se realizó mediante un Informe de campo y se registraran los datos más relevantes e importantes que permitan el desarrollo de una investigación para evaluar el correcto funcionamiento del proyecto a estudiar.

### **3.7 Procesamiento y análisis de la información**

Los resultados de la investigación son ordenados, procesados y analizados; y son presentados en informes para dar mayor facilidad a la interpretación.

Para la recolección de datos se aplicó la observación directa, ya que en cada uno de los ensayos se determinarán características que influyen mucho sobre el material. Los ensayos realizados son de probetas de diferentes espesores de tubería: probeta plana.

Para esta investigación se va a realizar un análisis estadístico de los ensayos realizados, el cual nos ayudará a caracterizar el material que será utilizado en el proyecto del Sistema de Agua Potable de la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo.

Finalmente se establecen recomendaciones y conclusiones.

## CAPÍTULO IV

### 4. Análisis e interpretación de resultados

#### 4.1. Proceso de Análisis de resultados

Los resultados obtenidos en los diferentes ensayos realizados permiten determinar las características y propiedades del material Q235B que se utilizará en el proyecto del sistema de Agua potable de Riobamba.

#### 4.2 Realización de Ensayos

##### 4.2.1 Ensayo de Doblado - Guiado

###### Tubería de Acero Q235B

Los ensayos de Doblado - Guiado del acero Q235B se realizó en la Escuela Politécnica Nacional en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones a una temperatura de 20,3°C y una humedad relativa de 57,2 %

Tabla. 8 Ensayo de Doblado # 1 Acero Q235B 5mm (VER ANEXO A).

ENSAYO DE DOBLADO - GUIADO			
#	Identificación	Espesor nominal	Observaciones
1	M19.005.09	5 mm	No se observan discontinuidades en la probeta
2	M19.005.10	5 mm	No se observan discontinuidades en la probeta

#### Análisis e Interpretación

Las probetas ensayadas no presentan ninguna discontinuidad.

Tabla. 9 Ensayo de Doblado #2 Acero Q235B 7mm (VER ANEXO A).

ENSAYO DE DOBLADO - GUIADO			
#	Identificación	Espesor nominal	Observaciones
1	M19.005.11	7 mm	No se observan discontinuidades en la probeta
2	M19.005.12	7 mm	No se observan discontinuidades en la probeta

#### Análisis e Interpretación

Las probetas ensayadas no presentan ninguna discontinuidad.

Tabla. 10 Ensayo de Doblado #3 Acero Q235B 9mm (VER ANEXO A).

ENSAYO DE DOBLADO - GUIADO			
#	Identificación	Espesor nominal	Observaciones
1	M19.005.13	9 mm	No se observan discontinuidades en la probeta
2	M19.005.14	9 mm	No se observan discontinuidades en la probeta

### **Análisis e Interpretación**

Las probetas ensayadas no presentan ninguna discontinuidad.

Tabla. 11 Ensayo de Doblado #4 Acero Q235B 10mm (VER ANEXO A).

ENSAYO DE DOBLADO - GUIADO			
#	Identificación	Espesor nominal	Observaciones
1	M19.005.15	10 mm	No se observan discontinuidades en la probeta
2	M19.005.16	10 mm	No se observan discontinuidades en la probeta

### **Análisis e Interpretación**

Las probetas ensayadas no presentan ninguna discontinuidad.

### **Tubería de Acero A36**

Los ensayos de Doblado - Guiado del acero A36 se realizó en el Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero en el Laboratorio de Resistencia de Materiales a una temperatura de 20,3°C y una humedad relativa de 57,2 %

Tabla. 12 Ensayo de Doblado # 5 Acero A36 5mm (VER ANEXO C).

ENSAYO DE DOBLADO - GUIADO			
#	Identificación	Espesor nominal	Observaciones
1	EDS 01-1	5 mm	No se observan discontinuidades en la probeta
2	EDS 01-2	5 mm	No se observan discontinuidades en la probeta

### **Análisis e Interpretación**

Las probetas ensayadas no presentan ninguna discontinuidad.

#### 4.2.2 Ensayo de Impacto Charpy

##### Tubería de Acero Q235B

Los ensayos de Impacto Charpy del acero Q235B se realizó en la Escuela Politécnica Nacional en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones a una temperatura de 20,3°C y una humedad relativa de 57,2 %

Tabla. 13 Ensayos de Impacto Charpy # 1 Acero Q235B 5mm (VER ANEXO A).

ENSAYO DE IMPACTO CHARPY			
#	Identificación	ENERGIA DE IMPACTO	
		lbf-ft	J
1	M19.005.17	48	65
2	M19.005.18	50	68
3	M19.005.19	52	71
4	M19.005.20	52	71
5	M19.005.21	52	71
PROMEDIO		51	69,2

#### Análisis e Interpretación

De estas probetas se pudo observar las zonas que presentan al realizar el ensayo Charpy, además se observó las distintas zonas que tiene este material como son la zona frágil (brillante) donde se rompió la probeta, y la otra zona dúctil (oscura).

La temperatura que se realizó el ensayo nos indica que este material es dúctil, también se pudo observar que este material tiene una parte imantada.

Tabla. 14 Ensayos de Impacto Charpy # 2 Acero Q235B 7mm (VER ANEXO A).

ENSAYO DE IMPACTO CHARPY			
#	Identificación	ENERGIA DE IMPACTO	
		lbf-ft	J
1	M19.005.22	62	84
2	M19.005.23	60	81
3	M19.005.24	50	68
4	M19.005.25	62	84
5	M19.005.26	56	76
PROMEDIO		59,3	80

#### Análisis e Interpretación

Las probetas ensayadas presentan una zona frágil (brillante) donde se rompió la probeta, y la otra zona dúctil (oscura).

La temperatura que se realizó el ensayo 20° C nos indica que este material es dúctil.

Tabla. 15 Ensayos de Impacto Charpy # 3 Acero Q235B 9mm (VER ANEXO A).

ENSAYO DE IMPACTO CHARPY			
#	Identificación	ENERGIA DE IMPACTO	
		lbf-ft	J
1	M19.005.27	90	122
2	M19.005.28	96	130
3	M19.005.29	110	149
4	M19.005.30	100	136
5	M19.005.31	116	157
PROMEDIO		102	138

### Análisis e Interpretación

En las probetas ensayadas se observa las zonas afectadas presentan este material, además se observó la zona dúctil (oscura) y la zona frágil (brillante).

Tabla. 16 Ensayos de Impacto Charpy # 4 Acero Q235B 10mm (VER ANEXO A).

ENSAYO DE IMPACTO CHARPY			
#	Identificación	ENERGIA DE IMPACTO	
		lbf-ft	J
1	M19.005.32	76	103
2	M19.005.33	72	98
3	M19.005.34	76	103
4	M19.005.35	84	114
5	M19.005.36	76	103
PROMEDIO		76	103

### Análisis e Interpretación

En los ensayos realizados se observaron las zona frágil y zona dúctil, además se observó que este material tiene una zona imantada.

### Tubería de Acero A36

Los de Impacto Charpy del acero A36 se realizó en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero en el Laboratorio de Resistencia de Materiales a una temperatura de 22,5°C y una humedad relativa de 54,5 %

Tabla. 17 Ensayos de Impacto Charpy # 5 Acero A36 5mm (VER ANEXO D).

ENSAYO DE IMPACTO CHARPY			
#	Identificación	ENERGIA DE IMPACTO	
		lbf-ft	J
1	EIM 01-1	43,01	58,29
2	EIM 01-2	39,60	53,67
3	EIM 01-3	51,86	70,28
4	EIM 01-4	47,56	64,45
5	EIM 01-5	39,60	53,67
PROMEDIO		44,32	60,072

### Análisis e Interpretación

En los ensayos realizados se observaron las zona frágil y zona dúctil, además se observó que este material tiene una zona imantada.

#### 4.2.3 Ensayo de Micro-Durezas

##### Tubería de Acero Q235B

Los ensayos de Micro-Durezas del acero Q235B se realizó en la Escuela Politécnica Nacional en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones a una temperatura de 20°C.

Tabla. 18 Ensayos de Micro-Durezas # 1 Acero Q235B 5mm (VER ANEXO B).

ENSAYO DE MICRO-DUREZAS							
MUESTRA		DUREZAS ROCKWELL HRB					
		1	2	3	4	5	PROMEDIO
Sección de Tubería espesor 5 mm	Sentido longitudinal	74	74	74	74	75	74
	Sentido transversal	75	74	74	75	75	75

### Análisis e Interpretación

Este tipo de ensayos es uno de los más utilizados, este ensayo se obtiene de la lectura del dial, además muestra un valor exacto sobre la dureza que tiene este material Q235B.

Tabla. 19 Ensayos de Micro-Durezas # 2 Acero Q235B 7mm (VER ANEXO B).

ENSAYO DE MICRO-DUREZAS							
MUESTRA		DUREZAS ROCKWELL HRB					
		1	2	3	4	5	PROMEDIO
Sección de Tubería espesor 7 mm	Sentido longitudinal	69	70	69	69	69	69
	Sentido transversal	69	69	69	69	69	69

### Análisis e Interpretación

Este tipo de ensayo muestra el valor exacto sobre la dureza que tiene este material.

Tabla. 20 Ensayos de Micro-Durezas # 3 Acero Q235B 9mm (VER ANEXO B).

ENSAYO DE MICRO-DUREZAS							
MUESTRA		DUREZAS ROCKWELL HRB					
		1	2	3	4	5	PROMEDIO
Sección de Tubería espesor 9 mm	Sentido longitudinal	71	71	71	71	71	71
	Sentido transversal	73	73	75	74	76	74

### Análisis e Interpretación

Mediante este ensayo se determinó el valor de dureza del material.

Tabla. 21 Ensayos de Micro-Durezas # 4 Acero Q235B 10mm (VER ANEXO B).

ENSAYO DE MICRO-DUREZAS							
MUESTRA		DUREZAS ROCKWELL HRB					
		1	2	3	4	5	PROMEDIO
Sección de Tubería espesor 10 mm	Sentido longitudinal	63	62	62	63	62	62
	Sentido transversal	64	64	65	63	65	64

### Análisis e Interpretación

Los ensayos realizados mostraron resultados de dureza acordes a su análisis.

### Tubería de Acero A36

Los ensayos de Micro-Durezas del acero A36 se realizó en el Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero a una temperatura de 22,4°C.

Tabla. 22 Ensayos de Micro-Durezas # 5 Acero A36 5mm (VER ANEXO E).

ENSAYO DE MICRO-DUREZAS							
MUESTRA		DUREZAS ROCKWELL HRB					
		1	2	3	4	5	PROMEDIO
Sección de Tubería espesor 5 mm	Sentido longitudinal	78	77	77	77	77	77,2
	Sentido transversal	78	78	78	78	77	77,8

### Análisis e Interpretación

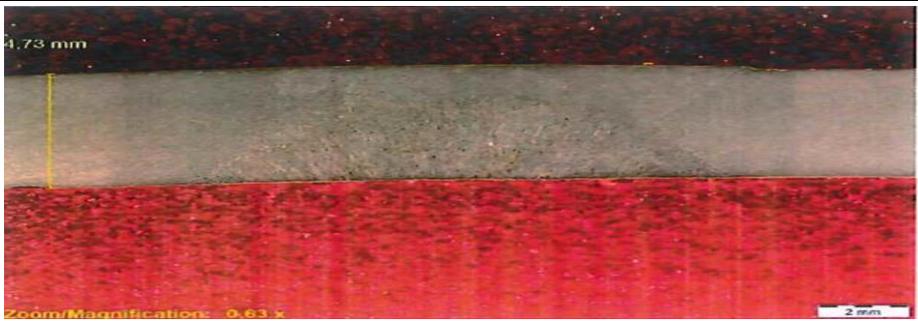
Los ensayos realizados mostraron resultados de dureza acordes a su análisis.

#### 4.2.4 Ensayo de Macrográfico

##### Tubería de Acero Q235B

Los ensayos de Macrográfico del acero Q235B se realizó en la Escuela Politécnica Nacional en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones a una temperatura de 20°C.

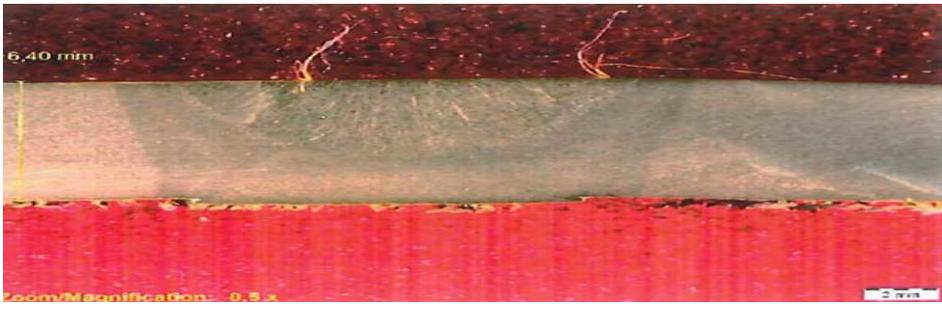
Tabla. 23 Ensayos de Macrográfico # 1 Acero Q235B 5mm (VER ANEXO B).

ENSAYO DE MACROGRÁFICO	
MUESTRA (IDENTIFICACIÓN)	OBSERVACIÓN
Probeta de tubería con soldadura de fábrica en costuras	Existe fusión completa entre pases y la soldadura se encuentra libre de fisuras, escoria y poros
	

#### Análisis e Interpretación

Las secciones de tubería de 5mm con soldadura, presentan fusión completa entre pases, libre de fisuras, escoria y poros.

Tabla. 24 Ensayos de Macrográfico # 2 Acero Q235B 7mm (VER ANEXO B).

ENSAYO DE MACROGRÁFICO	
MUESTRA (IDENTIFICACIÓN)	OBSERVACIÓN
Probeta de tubería con soldadura de fábrica en costuras	Existe fusión completa entre pases y la soldadura se encuentra libre de fisuras, escoria y poros
	

#### Análisis e Interpretación

Las secciones de tubería de 7mm con soldadura, presentan fusión completa entre pases, libre de fisuras, escoria y poros.

Tabla. 25 Ensayos de Macrográfico # 3 Acero Q235B 9mm (VER ANEXO B).

ENSAYO DE MACROGRÁFICO	
MUESTRA (IDENTIFICACIÓN)	OBSERVACIÓN
Probeta de tubería con soldadura de fábrica en costuras	Existe fusión completa entre pases y la soldadura se encuentra libre de fisuras, escoria y poros
 <p>The image shows a macrograph of a weld joint on a 9mm pipe. The weld metal is a light grey color, and the base metal is a darker grey. The weld is a single pass, and the fusion is complete. There are no visible cracks, slag, or porosity. A scale bar in the bottom right corner indicates 2 mm. The magnification is 0.5x. A vertical line on the left side of the image is labeled 8.20 mm.</p>	

### Análisis e Interpretación

Las secciones de tubería de 9mm con soldadura, presentan fusión completa entre pases, libre de fisuras, escoria y poros.

Tabla. 26 Ensayos de Macrográfico # 4 Acero Q235B 10mm (VER ANEXO B).

ENSAYO DE MACROGRÁFICO	
MUESTRA (IDENTIFICACIÓN)	OBSERVACIÓN
Probeta de tubería con soldadura de fábrica en costuras	Existe fusión completa entre pases y la soldadura se encuentra libre de fisuras, escoria y poros
 <p>The image shows a macrograph of a weld joint on a 10mm pipe. The weld metal is a light grey color, and the base metal is a darker grey. The weld is a single pass, and the fusion is complete. There are no visible cracks, slag, or porosity. A scale bar in the bottom right corner indicates 2 mm. The magnification is 0.5x. A vertical line on the left side of the image is labeled 9.41 mm.</p>	

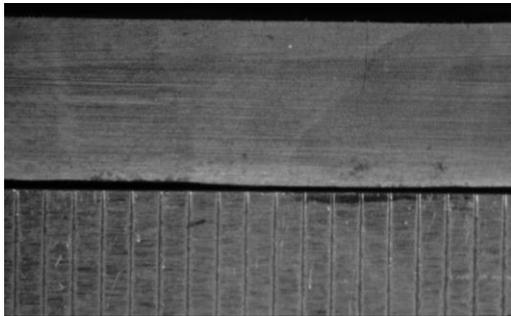
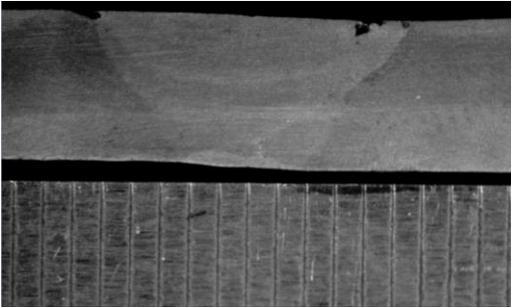
### Análisis e Interpretación

Las secciones de tubería de 10mm con soldadura, presentan fusión completa entre pases, libre de fisuras, escoria y poros.

### Tubería de Acero A36

Los ensayos Macrografico del acero A36 se realizó en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero en el Laboratorio de Resistencia de Materiales a una temperatura de 20°C.

Tabla. 27 Ensayos de Macrográfico # 5 Acero A36 10mm (VER ANEXO F).

ENSAYO DE MACROGRÁFICO	
MUESTRA (IDENTIFICACIÓN)	OBSERVACIÓN
Probeta de tubería EMS 01-1	La macrografía presenta fusión completa, no se visualiza fisuras, porosidades ni mordeduras
	
Probeta de tubería EMS 01-2	La macrografía presenta una fisura en el cordón de soldadura y una mordedura
	

#### Análisis e Interpretación

La probeta EMS 01-1 presenta fusión completa, no se visualiza fisuras, porosidades ni mordeduras.

La probeta EMS 01-2 presenta fisura en el cordón de soldadura y una mordedura.

#### 4.2.5 Ensayo Químico

##### Tubería de Acero Q235B

Los ensayos Químicos del acero Q235B se realizó en la Escuela Politécnica Nacional en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones a una temperatura de 20°C.

Tabla. 28 Ensayos Químico # 1 Acero Q235B 5mm (VER ANEXO B).

ENSAYO QUÍMICO																										
NOMBRE	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	IDENTIFICACIÓN GRÁFICA																								
Pipe Samples	M Thickness 5 mm																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>M Thickness 5 mm</th> </tr> <tr> <th>Elemento</th> <th>Valor [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbono [C]</td> <td>0,123</td> </tr> <tr> <td>Silicio [Si]</td> <td>0,106</td> </tr> <tr> <td>Manganeso [Mn]</td> <td>0,340</td> </tr> <tr> <td>Fósforo [P]</td> <td>0,017</td> </tr> <tr> <td>Cromo [Cr]</td> <td>0,028</td> </tr> <tr> <td>Níquel [Ni]</td> <td>0,015</td> </tr> <tr> <td>Cobre [Cu]</td> <td>0,0099</td> </tr> <tr> <td>Aluminio [Al]</td> <td>0,0051</td> </tr> <tr> <td>Hierro [Fe]</td> <td>99,35</td> </tr> <tr> <td><b>Total</b></td> <td><b>99,99</b></td> </tr> </tbody> </table>				M Thickness 5 mm	Elemento	Valor [%]	Carbono [C]	0,123	Silicio [Si]	0,106	Manganeso [Mn]	0,340	Fósforo [P]	0,017	Cromo [Cr]	0,028	Níquel [Ni]	0,015	Cobre [Cu]	0,0099	Aluminio [Al]	0,0051	Hierro [Fe]	99,35	<b>Total</b>	<b>99,99</b>
	M Thickness 5 mm																									
Elemento	Valor [%]																									
Carbono [C]	0,123																									
Silicio [Si]	0,106																									
Manganeso [Mn]	0,340																									
Fósforo [P]	0,017																									
Cromo [Cr]	0,028																									
Níquel [Ni]	0,015																									
Cobre [Cu]	0,0099																									
Aluminio [Al]	0,0051																									
Hierro [Fe]	99,35																									
<b>Total</b>	<b>99,99</b>																									

#### Análisis e Interpretación

El análisis de espectrometría por chispa se realizó tomando 3 mediciones en distintos puntos del espécimen, promediando los valores obtenidos.

Tabla. 29 Ensayos Químico # 2 Acero Q235B 7mm (VER ANEXO B).

ENSAYO QUÍMICO																										
NOMBRE	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	IDENTIFICACIÓN GRÁFICA																								
Pipe Samples	M Thickness 7 mm																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>M Thickness 7 mm</th> </tr> <tr> <th>Elemento</th> <th>Valor [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbono [C]</td> <td>0,145</td> </tr> <tr> <td>Silicio [Si]</td> <td>0,101</td> </tr> <tr> <td>Manganeso [Mn]</td> <td>0,322</td> </tr> <tr> <td>Fósforo [P]</td> <td>0,0032</td> </tr> <tr> <td>Cromo [Cr]</td> <td>0,013</td> </tr> <tr> <td>Níquel [Ni]</td> <td>0,01</td> </tr> <tr> <td>Cobre [Cu]</td> <td>0,0064</td> </tr> <tr> <td>Aluminio [Al]</td> <td>0,0036</td> </tr> <tr> <td>Hierro [Fe]</td> <td>99,39</td> </tr> <tr> <td><b>Total</b></td> <td><b>99,99</b></td> </tr> </tbody> </table>				M Thickness 7 mm	Elemento	Valor [%]	Carbono [C]	0,145	Silicio [Si]	0,101	Manganeso [Mn]	0,322	Fósforo [P]	0,0032	Cromo [Cr]	0,013	Níquel [Ni]	0,01	Cobre [Cu]	0,0064	Aluminio [Al]	0,0036	Hierro [Fe]	99,39	<b>Total</b>	<b>99,99</b>
	M Thickness 7 mm																									
Elemento	Valor [%]																									
Carbono [C]	0,145																									
Silicio [Si]	0,101																									
Manganeso [Mn]	0,322																									
Fósforo [P]	0,0032																									
Cromo [Cr]	0,013																									
Níquel [Ni]	0,01																									
Cobre [Cu]	0,0064																									
Aluminio [Al]	0,0036																									
Hierro [Fe]	99,39																									
<b>Total</b>	<b>99,99</b>																									

### Análisis e Interpretación

El análisis de espectrometría por chispa se realizó tomando 3 mediciones en distintos puntos del espécimen, promediando los valores obtenidos.

Tabla. 30 Ensayos Químico # 3 Acero Q235B 9mm (VER ANEXO B).

ENSAYO QUÍMICO																										
NOMBRE	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	IDENTIFICACIÓN GRÁFICA																								
Pipe Samples	M Thickness 9 mm																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>M Thickness 9 mm</th> </tr> <tr> <th>Elemento</th> <th>Valor [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbono [C]</td> <td>0,137</td> </tr> <tr> <td>Silicio [Si]</td> <td>0,091</td> </tr> <tr> <td>Manganeso [Mn]</td> <td>0,343</td> </tr> <tr> <td>Fósforo [P]</td> <td>0,013</td> </tr> <tr> <td>Cromo [Cr]</td> <td>0,033</td> </tr> <tr> <td>Níquel [Ni]</td> <td>0,016</td> </tr> <tr> <td>Cobre [Cu]</td> <td>0,013</td> </tr> <tr> <td>Aluminio [Al]</td> <td>0,0037</td> </tr> <tr> <td>Hierro [Fe]</td> <td>99,34</td> </tr> <tr> <td><b>Total</b></td> <td><b>99,99</b></td> </tr> </tbody> </table>				M Thickness 9 mm	Elemento	Valor [%]	Carbono [C]	0,137	Silicio [Si]	0,091	Manganeso [Mn]	0,343	Fósforo [P]	0,013	Cromo [Cr]	0,033	Níquel [Ni]	0,016	Cobre [Cu]	0,013	Aluminio [Al]	0,0037	Hierro [Fe]	99,34	<b>Total</b>	<b>99,99</b>
	M Thickness 9 mm																									
Elemento	Valor [%]																									
Carbono [C]	0,137																									
Silicio [Si]	0,091																									
Manganeso [Mn]	0,343																									
Fósforo [P]	0,013																									
Cromo [Cr]	0,033																									
Níquel [Ni]	0,016																									
Cobre [Cu]	0,013																									
Aluminio [Al]	0,0037																									
Hierro [Fe]	99,34																									
<b>Total</b>	<b>99,99</b>																									

### Análisis e Interpretación

El análisis de espectrometría por chispa se realizó tomando 3 mediciones en distintos puntos del espécimen, promediando los valores obtenidos.

Tabla. 31 Ensayos Químico # 4 Acero Q235B 10mm (VER ANEXO B).

ENSAYO QUÍMICO																										
NOMBRE	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	IDENTIFICACIÓN GRÁFICA																								
Pipe Samples	M Thickness 10 mm																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>M Thickness 10 mm</th> </tr> <tr> <th>Elemento</th> <th>Valor [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbono [C]</td> <td>0,123</td> </tr> <tr> <td>Silicio [Si]</td> <td>0,092</td> </tr> <tr> <td>Manganeso [Mn]</td> <td>0,178</td> </tr> <tr> <td>Fósforo [P]</td> <td>0,0047</td> </tr> <tr> <td>Cromo [Cr]</td> <td>0,026</td> </tr> <tr> <td>Níquel [Ni]</td> <td>0,012</td> </tr> <tr> <td>Cobre [Cu]</td> <td>0,014</td> </tr> <tr> <td>Aluminio [Al]</td> <td>0,0026</td> </tr> <tr> <td>Hierro [Fe]</td> <td>99,54</td> </tr> <tr> <td><b>Total</b></td> <td><b>99,99</b></td> </tr> </tbody> </table>				M Thickness 10 mm	Elemento	Valor [%]	Carbono [C]	0,123	Silicio [Si]	0,092	Manganeso [Mn]	0,178	Fósforo [P]	0,0047	Cromo [Cr]	0,026	Níquel [Ni]	0,012	Cobre [Cu]	0,014	Aluminio [Al]	0,0026	Hierro [Fe]	99,54	<b>Total</b>	<b>99,99</b>
	M Thickness 10 mm																									
Elemento	Valor [%]																									
Carbono [C]	0,123																									
Silicio [Si]	0,092																									
Manganeso [Mn]	0,178																									
Fósforo [P]	0,0047																									
Cromo [Cr]	0,026																									
Níquel [Ni]	0,012																									
Cobre [Cu]	0,014																									
Aluminio [Al]	0,0026																									
Hierro [Fe]	99,54																									
<b>Total</b>	<b>99,99</b>																									

### Análisis e Interpretación

El análisis de espectrometría por chispa se realizó tomando 3 mediciones en distintos puntos del espécimen, promediando los valores obtenidos.

### Tubería de Acero A36

Los ensayos Químicos del acero A36 se realizó en el Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero a una temperatura de 22,4°C.

Tabla.32 Ensayos Químico # 5 Acero A36 5mm (VER ANEXO E).

ENSAYO QUÍMICO																
NOMBRE	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBETA	IDENTIFICACIÓN GRÁFICA														
Tubería	CMM 01-1															
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>M Thickness 5 mm</th> </tr> <tr> <th>Elemento</th> <th>Valor [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbono [C]</td> <td>0,229</td> </tr> <tr> <td>Manganeso [Mn]</td> <td>0,37</td> </tr> <tr> <td>Cromo [Cr]</td> <td>0,029</td> </tr> <tr> <td>Hierro [Fe]</td> <td>99,6</td> </tr> <tr> <td><b>Total</b></td> <td><b>100</b></td> </tr> </tbody> </table>				M Thickness 5 mm	Elemento	Valor [%]	Carbono [C]	0,229	Manganeso [Mn]	0,37	Cromo [Cr]	0,029	Hierro [Fe]	99,6	<b>Total</b>	<b>100</b>
	M Thickness 5 mm															
Elemento	Valor [%]															
Carbono [C]	0,229															
Manganeso [Mn]	0,37															
Cromo [Cr]	0,029															
Hierro [Fe]	99,6															
<b>Total</b>	<b>100</b>															

### Análisis e Interpretación

El análisis de espectrometría por chispa se realizó tomando 3 mediciones en distintos puntos del espécimen, promediando los valores obtenidos.

### 4.2.6 Ensayo Metalográfico

#### Tubería de Acero Q235B

Los ensayos Metalográficos del acero Q235B se realizó en la Escuela Politécnica Nacional en el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones a una temperatura de 20°C.

Tabla. 33 Ensayos Metalográfico # 1Acero Q235B 5mm (VER ANEXO B).

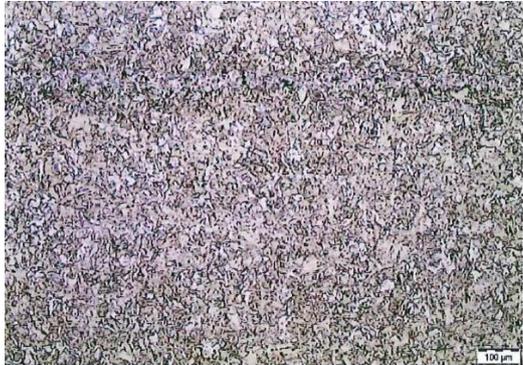
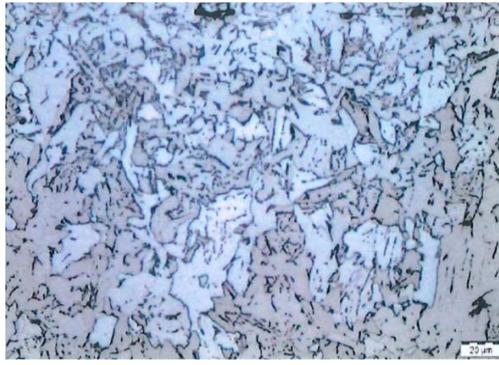
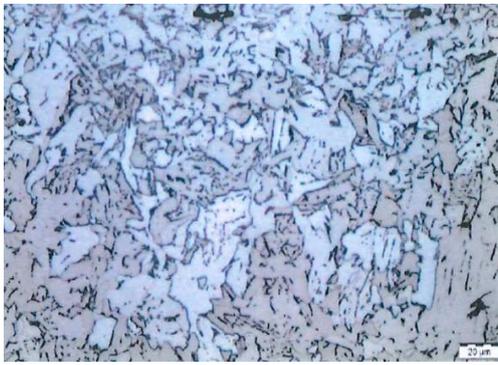
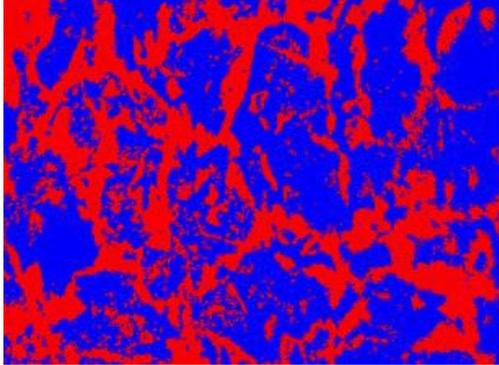
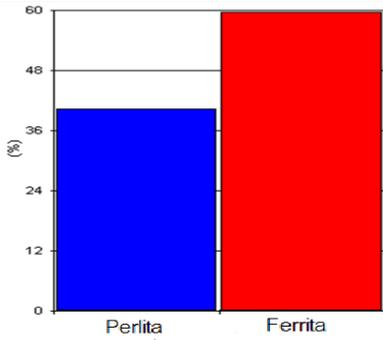
ENSAYO METALGRÁFICO	
FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA	
100x, 4 sg	500x, 4 sg
	
ACERO Q235B	
	
Microestructura acero Q235B a 500x y ataque 4 sg	Microestructura acero Q235B, software de análisis
Componentes	Calculo de porcentaje de Carbono
	$\%C = \frac{\%P}{130} = \frac{40,4}{130} = 0,31\%C$
	Dureza Brinell
	$HB = \%P(HB_{perlita}) + \%F(HB_{ferrita})$ $HB_{perlita} = 240$ $HB_{ferrita} = 90$ $HB = 150,6$
	RESISTENCIA ALA TRACCIÓN
	$\sigma_u = 500 * HB$ $\sigma_u = 75300 \text{ Psi}$
<b>Ferrita:59,6%</b>	<b>Perlita:40,4%</b>
ANÁLISIS DE RESULTADOS	
<p>Acero con matriz tipo ferritica con colonias de perlita, la microestructura corresponde al tipo Ferritico-Perlítico, con tamaño de grano según la ASTM E112-12 de G11. (Tamaño de grano 7,9 µm )</p>	

Tabla. 34 Ensayos Metalográfico # 2 Acero Q235B 7mm (VER ANEXO B).

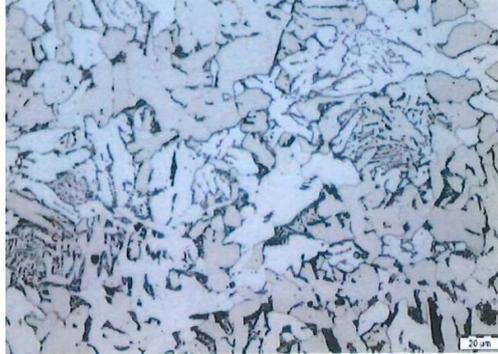
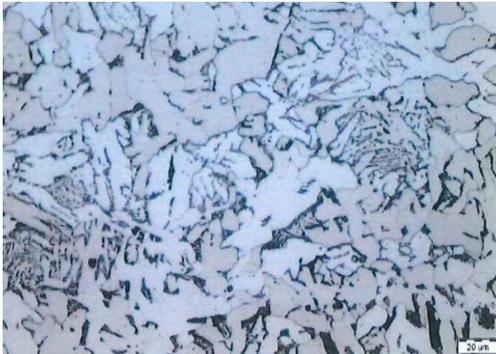
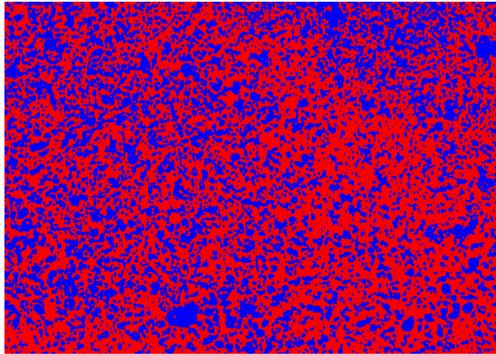
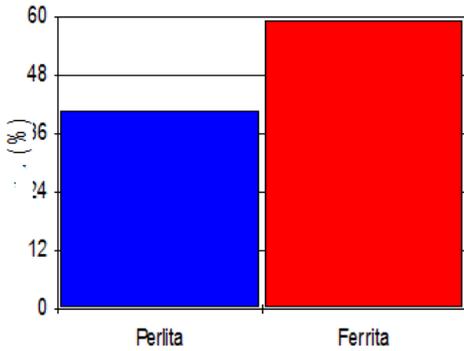
ENSAYO METALGRÁFICO	
FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA	
100x, 4 sg	500x, 4 sg
	
ACERO Q235B	
	
Microestructura acero Q235B a 500x y ataque 4 sg	Microestructura acero Q235B, software de análisis
Componentes	Calculo de porcentaje de Carbono
 <p>Ferrita:59,2%      Perlita:40,8%</p>	$\%C = \frac{\%P}{130} = \frac{40,8}{130} = 0,31\%C$
	Dureza Brinell
	$HB = \%P(HB_{perlita}) + \%F(HB_{ferrita})$ $HB_{perlita} = 240$ $HB_{ferrita} = 90$ $HB = 151,2$
	RESISTENCIA ALA TRACCIÓN
	$\sigma_u = 500 * HB$ $\sigma_u = 75600 \text{ Psi}$
ANÁLISIS DE RESULTADOS	
Acero con matriz tipo ferritica con colonias de perlita, la microestructura corresponde al tipo Ferritico-Perlítico, con tamaño de grano según la ASTM E112-12 de G10.(Tamaño de grano 9,4 µm )	

Tabla. 35 Ensayos Metalográfico # 3 Acero Q235B 9mm (VER ANEXO B).

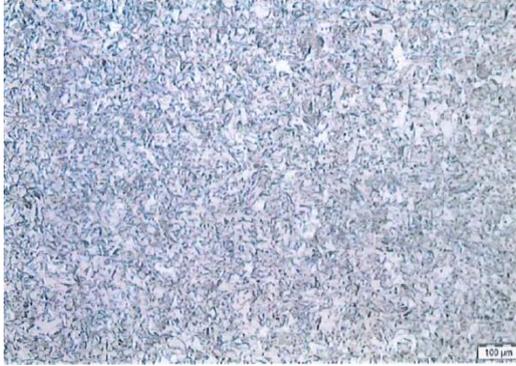
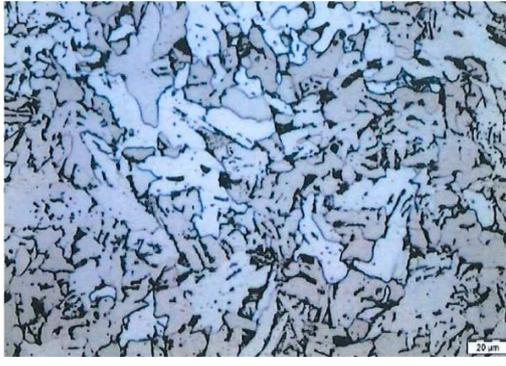
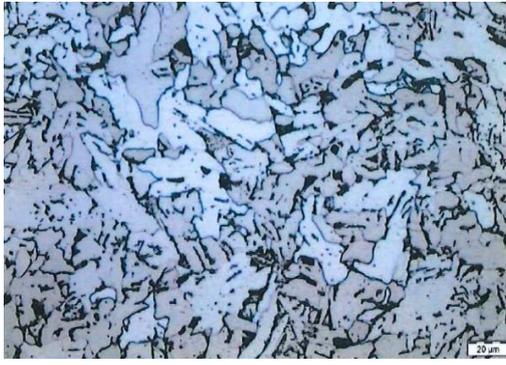
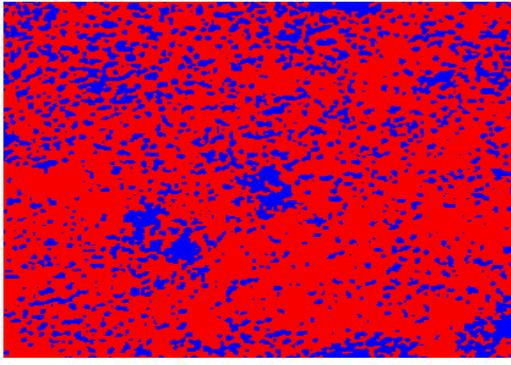
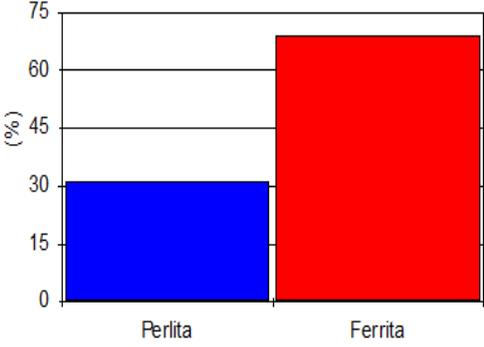
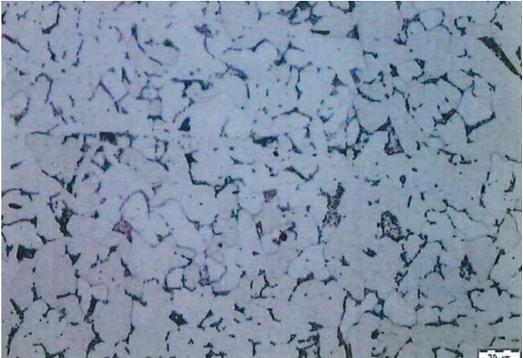
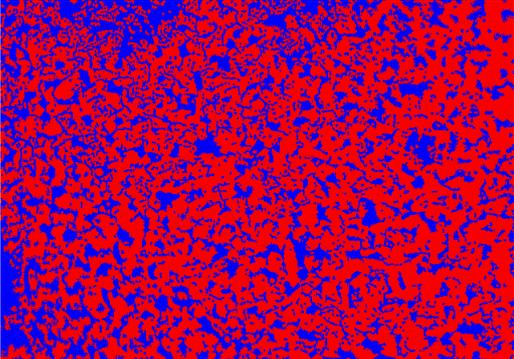
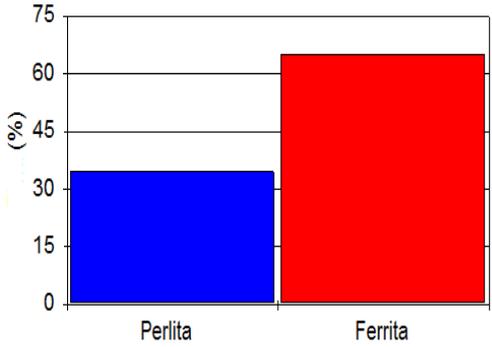
ENSAYO METALGRÁFICO	
FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA	
100x, 4 sg	500x, 4 sg
	
ACERO Q235B	
	
Microestructura acero Q235B a 500x y ataque 4 sg	Microestructura acero Q235B, software de análisis
Componentes	Calculo de porcentaje de Carbono
	$\%C = \frac{\%P}{130} = \frac{31,1}{130} = 0,24\%C$
	Dureza Brinell
	$HB = \%P(HB_{perlita}) + \%F(HB_{ferrita})$ $HB_{perlita} = 240$ $HB_{ferrita} = 90$ $HB = 136,65$
	RESISTENCIA ALA TRACCIÓN
	$\sigma_u = 500 * HB$ $\sigma_u = 68325 \text{ Psi}$
<b>Ferrita:68,9%</b>	<b>Perlita:31,1%</b>
ANÁLISIS DE RESULTADOS	
<p>Acero con matriz tipo ferritica con colonias de perlita, la microestructura corresponde al tipo Ferritico-Perlítico, con tamaño de grano según la ASTM E112-12 de G11.(Tamaño de grano 7,9 µm )</p>	

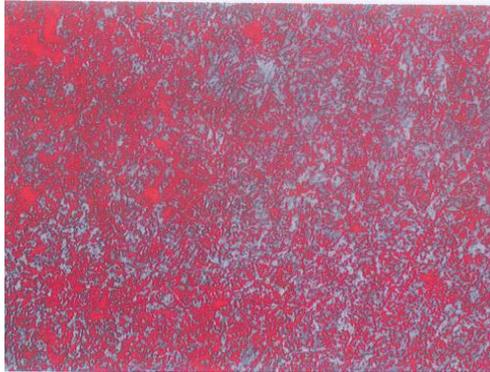
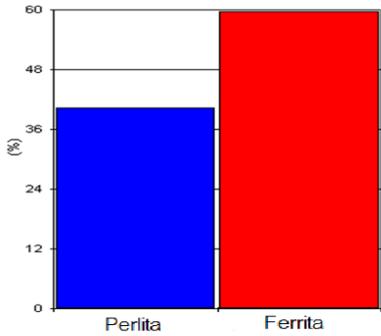
Tabla. 36 Ensayos Metalográfico # 4Acero Q235B 10mm (VER ANEXO B).

ENSAYO METALGRÁFICO			
FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA			
100x, 4 sg	500x, 4 sg		
			
ACERO Q235B			
			
Microestructura acero Q235B a 500x y ataque 4 sg	Microestructura acero Q235B, software de análisis		
Componentes	Calculo de porcentaje de Carbono		
 <table border="1" style="width: 100%; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="text-align: center;">Ferrita:65,3%</td> <td style="text-align: center;">Perlita:34,7%</td> </tr> </table>	Ferrita:65,3%	Perlita:34,7%	$\%C = \frac{\%P}{130} = \frac{34,7}{130} = 0,27\%C$
Ferrita:65,3%	Perlita:34,7%		
	Dureza Brinell		
	$HB = \%P(HB_{perlita}) + \%F(HB_{ferrita})$ $HB_{perlita} = 240$ $HB_{ferrita} = 90$ $HB = 142,05$		
	RESISTENCIA ALA TRACCIÓN		
	$\sigma_u = 500 * HB$ $\sigma_u = 71025 \text{ Psi}$		
ANÁLISIS DE RESULTADOS			
<p>Acero con matriz tipo ferritica con colonias de perlita, la microestructura corresponde al tipo Ferritico-Perlitico, con tamaño de grano según la ASTM E112-12 de G10.(Tamaño de grano 9,4 µm )</p>			

## Tubería de Acero A36

Los ensayos Metalográficos del acero A36 se realizó en el Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero a una temperatura de 22,4°C.

Tabla. 37 Ensayos Metalográfico # 5Acero A36 5mm (VER ANEXO E).

ENSAYO METALOGRAFICO	
FOTOGRAFÍA DE LA MICROESTRUCTURA	
100x, 4 sg	500x, 4 sg
	
ACERO Q235B	
	
Microestructura acero A36 a 500x y ataque 4 sg	Microestructura acero A36
Componentes	Calculo de porcentaje de Carbono
	$\%C = \frac{\%P}{130} = \frac{40,1}{130} = 0,31\%C$
	Dureza Brinell
	$HB = \%P(HB_{perlita}) + \%F(HB_{ferrita})$ $HB_{perlita} = 240$ $HB_{ferrita} = 90$ $HB = 150,15$
	RESISTENCIA ALA TRACCIÓN
	$\sigma_u = 500 * HB$ $\sigma_u = 75075 \text{ Psi}$
<b>Ferrita:59,9%</b>	<b>Perlita:40,1%</b>
ANÁLISIS DE RESULTADOS	
<p>Acero con matriz tipo ferritica con colonias de perlita, la microestructura corresponde al tipo Ferritico-Perlitico, con tamaño de grano según la ASTM E112-12 de G11. (Tamaño de grano 7,9 μm )</p>	

#### 4.2.7 Informe Análisis de Agua

El informe del análisis del agua se realizó en los Laboratorios de Servicios Ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Tabla. 38 Informe de Análisis de Agua (VER ANEXO G).

PARÁMETROS DEL ANÁLISIS				
<b>Norma Utilizado:</b>	APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 22° EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 22° EDICIÓN			
RESULTADO DEL ANÁLISIS				
SISTEMA DE AGUA CRUDA - (MA 255-19)				
PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)
Ph	-	PE-LSA-01	7,75	+ -0,08
*DurezaTotal	mg CaCO3/l	STANDARD METHODS 2340-C	288	N/A
SISTEMA DE AGUA TRATADA - (MA 256-19)				
PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)
Ph	-	PE-LSA-01	7,91	+ -0,08
*DurezaTotal	mg CaCO3/l	STANDARD METHODS 2340-C	92	N/A

#### Análisis e Interpretación

El análisis del agua muestra que los parámetros de Ph tanto en el sistema de agua cruda como en el sistema de agua tratada están dentro de los parámetros.

#### 4.4 Verificación de la Hipótesis

Para la verificación de la hipótesis se utilizó la herramienta t-student por tener datos inferiores a 30.

**Hipótesis Nula; H0:** La sustitución del material acero A36 por el material Q 235B no incidirá en la construcción del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo.

Valor  $P \leq$  Nivel de Significancia 5%, Se rechaza la hipótesis nula

**Hipótesis Alterna; H1:** La sustitución del material acero A36 por el material Q 235B si incidirá en la construcción del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo.

Valor  $P >$  Nivel de Significancia 5%, Se acepta la hipótesis nula

Para este análisis se utilizaron las siguientes ecuaciones estadísticas del autor Murray R. Spiegel y Larry J. Stephens.

A continuación, se muestra las ecuaciones necesarias para este análisis:

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma(x-\bar{x})^2}{N}}$$

Ecuación 1.1

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{N}$$

Ecuación 1.2

$$v = N - 1$$

Ecuación 1.3

$$z = \frac{x-\bar{x}}{s}$$

Ecuación 1.4

$$P = (z_1) - (z_2)$$

Ecuación 1.5

Donde:

s = desviación estándar

$\bar{x}$  = media aritmética

N = número de ensayos

v = grados de libertad

x = valor muestral

z = puntuación estándar

p = probabilidad

Para los cálculos se trabaja con una probabilidad del 95% y un nivel de significación de  $\alpha = 0,05$ .

### Calculo de la Media

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{N} = \frac{371}{5} = 74,2$$

### Calculo de Varianza

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma(x-\bar{x})^2}{N}} = \sqrt{\frac{0,8}{5}} = 5,76$$

### Calculo de Grados de libertad

$$v = N - 1 = 5 - 1 = 4$$

### Calculo de puntuación estándar

Para z1,  $\bar{x}= 74,2$ ;  $x=75$ ;  $s=0,4$  , Acero Q235B

$$z1 = \frac{x-\bar{x}}{s} = \frac{75-74,2}{0,4} = 2,0 ; \text{(VER EN ANEXO I)}$$

Para z2,  $\bar{x}= 77,20$ ;  $x=78,00$ ;  $s=0,4$  , Acero A36

$$z2 = \frac{x-\bar{x}}{s} = \frac{78,0-77,2}{0,4} = 2,0; \text{(VER EN ANEXO I)}$$

$z1 = 0,75$  se tiene  $P= 0,9772$

$z2 = 1,58$  se tiene  $P= 0,9772$

### Calculo de probabilidad

$$P = (z_1) - (z_2)$$

$$P = 0,9772 - 0,9772$$

$$P = 0,00001$$

### Ensayos de Impacto-Charpy

Tabla. 39 Energía de Impacto tubería espesor 5mm

Observaciones	Energía de Impacto Acero Q235B (J)			Energía de Impacto Acero A36 (J)		
	X	x- $\bar{x}$	(x- $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	x	x- $\bar{x}$	(x- $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>
1	65	-4,2	17,64	58,29	-1,78	3,18
2	68	-1,2	1,44	53,67	-6,40	40,99
3	71	1,8	3,24	70,28	10,21	104,20
4	71	1,8	3,24	64,45	4,38	19,17
5	71	1,8	3,24	53,67	-6,40	40,99
TOTAL	346		28,8	300,36		208,52

Tabla. 40 Resultados t-student de la Energía de Impacto

Datos	Acero Q235B	Acero A36
Media ( $\bar{x}$ )	69,20	60,07
Varianza (s) <sup>2</sup>	5,76	41,70
Desviación estandar (s)	2,4	6,45
Observaciones	5,00	5,00
Grados de libertad (v)	4,00	4,00
P(T<=t) dos colas	0,03	

### Ensayos de Micro-Durezas

Tabla. 41 Durezas Rockwell HRB tubería espesor 5mm

Observaciones	DUREZAS ROCKWELL HRB ACERO Q235B			DUREZAS ROCKWELL HRB ACERO A36		
	X	x- $\bar{x}$	(x- $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>	x	x- $\bar{x}$	(x- $\bar{x}$ ) <sup>2</sup>
1	74	-0,2	0,04	78	0,8	0,64
2	74	-0,2	0,04	77	-0,2	0,04
3	74	-0,2	0,04	77	-0,2	0,04
4	74	-0,2	0,04	77	-0,2	0,04
5	75	0,8	0,64	77	-0,2	0,04
TOTAL	371		0,8	386		0,8

Tabla. 42 Resultados t-student de la Durezas Rockwell HRB

DATOS	ACERO Q235B	ACERO A36
Media ( $\bar{x}$ )	74,20	77,20
Varianza ( $s^2$ )	0,16	0,16
Desviación estandar ( $s$ )	0,4	0,4
Observaciones	5,00	5,00
Grados de libertad ( $v$ )	4,00	4,00
P( $T \leq t$ ) dos colas	0,00001	

Para el caso de los ensayos de Impacto – Charpy, acorde a los datos mostrados en la Tabla 40, con la elección de un nivel de significación de  $\alpha = 0,05$ , y un valor de  $P(0,03) < \alpha = 0,05$ , se acepta la hipótesis alterna H1, ya que se demuestra que existe diferencias significativas entre las medias de los aceros Q235B y el acero A36 en los ensayos de Impacto-Charpy. Por tanto, al realizar el análisis de la sustitución del material acero A36 por el material Q 235B si incidirá en la construcción del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo.

Finalmente, se verifica si existe diferencia de entre las durezas de los aceros Q235B y el acero A36, mostrados en la Tabla 42, donde enmarca los resultados de las durezas Rockwell HRB respectivamente; con la elección de un nivel de significación de  $\alpha = 0,05$ , y un valor de  $P(0,00001 < \alpha = 0,05)$ , se acepta la hipótesis alterna H1, ya que se demuestra que existe diferencias significativas entre las medias de los aceros Q235B y el acero A36 en los ensayos de Dureza. Por tanto, al realizar el análisis de la sustitución del material acero A36 por el material Q 235B si incidirá en la construcción del sistema de agua potable de la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo.

Con todos estos puntos expuestos como medidas de control, permiten comprobar la hipótesis planteada, satisfaciendo el objetivo principal que es evaluar la sustitución del material acero ASTM A36 por material Q235B en la construcción del Sistema de Agua potable de la ciudad Riobamba provincia de Chimborazo.

Estableciendo finalmente que la sustitución del acero Q235B por el acero A36 cumple con las propiedades mecánicas, químicas para la construcción del Sistema de Agua potable de la ciudad Riobamba provincia de Chimborazo.

## CAPÍTULO V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### 5.1. Conclusiones

De los ensayos realizados en el capítulo anterior se puede concluir:

- El ensayo de Impacto-Charpy según tabla 40 muestra que la energía de impacto promedio del acero Q235B es 69,20 [J] y que la energía de impacto promedio del acero A36 es de 60,07 [J]. Lo que implica que el acero Q235B presenta un mayor porcentaje de tenacidad de fractura con un 13,2% de acuerdo a los datos obtenidos en el laboratorio.
- Los ensayos de dureza según tabla 42 aplicados a los aceros A36 y al acero Q235B, muestran los promedios de dureza del acero A36 que es de 77,20 41 Rockwell HRB y el promedio de dureza del acero Q235B es de 74,20 41 Rockwell HRB. Lo que implica que la capacidad de resistencia a los procesos de abrasión, desgaste, penetración y rallado del acero A36 son significativamente mayores a los ensayos de dureza del acero Q235B con un 3,89 % de acuerdo a los datos obtenidos en el laboratorio, determinando que al ser mayor la dureza el metal es más frágil.
- El ensayo de macrografía indica que las secciones de tubería del acero Q235B de las uniones soldadas presenta una fusión completa entre pases libre de fisuras y poros mientras que en una de las secciones de tubería de acero A36 de las uniones de soldadura presentan defectos.
- El ensayo químico realizado según tabla 28 al acero A36 determinó que este acero tiene un mayor porcentaje de carbono, que el acero Q235B según tabla 32. Lo que implica que a mayor contenido de carbono mayor resistencia, perjudicando sensiblemente a la ductilidad en especial al doblado. Además según datos técnicos del acero A36 Tabla 1 y datos técnicos del acero Q235B ANEXO J, muestran que el acero A36 tiene mayor porcentaje de carbono que

el acero Q235B, denotando que los ensayos experimentales y los datos técnicos de los aceros concuerdan con el porcentaje de carbono.

- El ensayo metalográfico del acero A36 a 500x, muestra que tamaño de grano es mayor que el tamaño de grano del acero Q235B a 500x, y que posee una microestructura del tipo ferrítico - perlítico. Determinando que al tener el tamaño de grano mas grande es más duro y frágil llegando a tener una mayor dureza y una mejor ductibilidad.
- El análisis del Ph tanto del sistema de agua cruda como del sistema de agua tratada están dentro de los parámetros de análisis de agua.
- Una vez realizado los ensayos de doblado, macrográfico e impacto – Charpy se pudo observar que el acero Q235B presenta buenas propiedades mecánicas a diferencia del acero A36.
- El acero Q235B presenta características ideales para realizar una soldadura sin producir propiedades mecánicas indeseables tales como la pérdida de ductilidad y tenacidad además de su dureza.
- El acero Q235B presenta una soldabilidad optima debido a que el porcentaje de carbono en masa esta dentro de 0,24 % - 0,31 %C (Ver en tablas 33, 34, 35 y 36), esto hace que este acero se suelde fácilmente sin alterar las propiedades mecánicas, además se observo que en los ensayos realizados las probetas no presentaban defectos ni discontinuidades.

## **5.2. Recomendaciones**

- Para la preparación de las probetas se debe realizar el corte a la dimensión que rija la respectiva norma lo más exacto posible.
- Verificar que el laboratorio sea certificado y que los equipos y máquinas que realizan los ensayo se encuentren calibrados para obtener datos reales sin errores.
- Verificar que las probetas se encuentren en perfecto estado para realizar el ensayo.
- Para el ensayo metalográfico se recomienda controlar el tiempo de ataque químico que tiene el material, con el fin de no quemar la superficie de replicado.

## **CAPÍTULO VI**

### **Propuesta**

#### **6.1. Datos Informativos**

##### **6.1.1. Tema**

Sustitución de la tubería de acero A36 por tubería de acero Q235B mediante soldadura del Sistema de Agua Potable de la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo.

##### **6.1.2. Autor**

Ingeniero Israel Jacinto Amancha Torres.

##### **6.1.3. Beneficiarios**

Población de Riobamba y la Empresa Consorcio Alao.

##### **6.1.4. Ubicación**

Riobamba provincia de Chimborazo

##### **6.1.5. Equipo Técnico Responsable**

Israel Jacinto Amancha Torres, Ingeniero Mecánico de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

#### **6.2. Antecedentes de la Propuesta**

En nuestro país la falta de agua potable ha sido una de las mayores necesidades en la población, las cuales han causado trastornos en la salud y el bienestar de la población, constituyendo un gran reto para los gobiernos nacionales y seccionales que deberán solucionar este problema; es por eso que se ha visto la necesidad de solucionar este problema, una vez realizada esta investigación se encontraron proyectos similares.

En la Pontificia Universidad Católica del Ecuador en la Facultad de Ingeniería Civil de la ciudad de Quito en el 2016 el Señor Bolívar Patricio Lárraga Jurado realizó el “Diseño de Agua Potable para Augusto Valencia, Cantón Vinces, Provincia de los Ríos”.

En la Universidad Central del Ecuador en la Facultad de Ingeniería Ciencias Físicas y Matemáticas en la Carrera de Ingeniería Civil de la ciudad de Quito en el 2016 la Señorita Bethy Mabel Vásquez Samaniego realizó el “Diseño de Agua Potable de la comunidad de Guantopolo Tiglán Parroquia Zumbahua Cantón Pujilí Provincia de Cotopaxi”.

La idea de realizar este proyecto surgió por la necesidad de mejorar el abastecimiento continuo de agua a la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo con tubería de acero Q235B.

### **6.3. Justificación**

Una de las principales razones por las que se propone el diseño y la construcción de un Sistema de Agua Potable con tubería de acero Q235B en la ciudad de Riobamba es por la falta de agua continua a la ciudad, debido a que el abastecimiento de agua de la planta de tratamiento existente no alcanza para toda la población.

La implementación de este Sistema de Agua Potable con tubería de acero Q235B abastecerá de agua continua a toda la ciudad, siendo este proyecto uno de los más emblemáticos a nivel de la provincia de Chimborazo, cumpliendo con todas las normas de calidad, satisfaciendo a toda la ciudad de Riobamba con líquido vital.

### **6.4. Objetivos**

#### **6.4.1. Objetivo General:**

Elaborar un procedimiento de soldadura en la tubería de acero Q235B del Sistema de Agua Potable de la ciudad de Riobamba Provincia de Chimborazo

#### **6.4.2. Objetivos Específicos:**

- Determinar el proceso de Soldadura de la tubería Q235B del Sistema de Agua Potable de la ciudad de Riobamba Provincia de Chimborazo.
- Seleccionar el tipo de Electrodo a utilizar en la tubería Q235B del Sistema de Agua Potable de la ciudad de Riobamba Provincia de Chimborazo.
- Determinar el tipo de junta a utilizar en la tubería Q235B del Sistema de Agua Potable de la ciudad de Riobamba Provincia de Chimborazo.
- Determinar la posición de soldadura en la tubería Q235B del Sistema de Agua Potable de la ciudad de Riobamba Provincia de Chimborazo.

### **6.5. Análisis de Factibilidad**

El presente proyecto es factible porque está basado en la investigación, elaboración y desarrollo de un Sistema de Agua Potable con tubería de acero Q235B para solucionar el abastecimiento de agua a la población de la ciudad de Riobamba

Este Sistema de Agua Potable se lo hará en base a las necesidades reales, con criterio orientado hacia la optimización de recursos y con la utilización de técnicas de ingeniería, se determinarán los parámetros de control de calidad adecuados para favorecer con la productividad.

Este proyecto pretende demostrar una alternativa tecnológica que puede ser utilizada para mejorar el abastecimiento de agua con procesos de control de calidad.

## 6.6. Fundamentación

### 6.6.1 Soldadura

Se entiende por soldadura a el procedimiento mediante el cual se efectua la unión de piezas metalicas, bajo la acción del calor, con o sin aportación de material metalico, a fin de obtener la continuidad fisica entre las partes unidas [23].

#### 6.6.1.1 Elementos fundamentales

Los elementos fundamentales que concurren en la soldadura son:

- **Metal Base.** - pieza metálica que sirve de base para ser revestido por otro, también llamado elemento metálico principal [24].



Figura 10. Material Base.

- **Metales de aportación.** - es el metal que se añade a la soldadura que tiene un punto de fusión aproximadamente igual o por debajo del metal que se está soldando. También llamado metal de aporte.



Figura 11. Material de Aporte.

### 6.6.2 Procesos de soldadura

Los procesos de soldadura son métodos de unión entre el material base con el material de aporte, estos procesos se clasifican de acuerdo al trabajo que se va a realizar, a continuación se muestra la clasificación de los procesos de soldadura figura 8 [25].

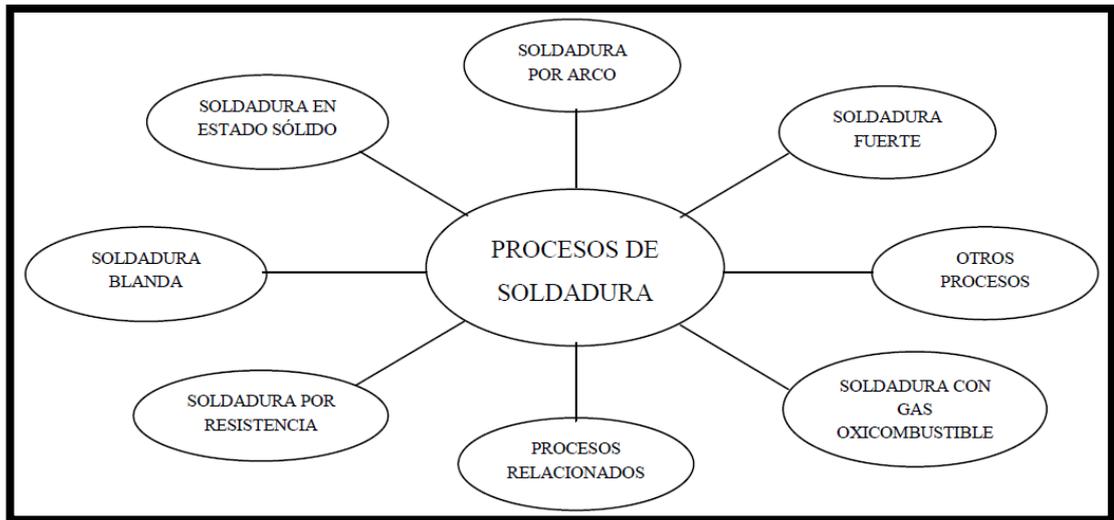


Figura 12. Clasificación de los procesos de soldadura [25].

Procesos de soldadura considerados por el código AWS D1.1-2010:

- SMAW - Soldadura de arco con electrodo revestido.
- SAW - Soldadura de arco sumergido.
- GMAW - Soldadura de arco con electrodo metálico y gas de protección.
- FCAW - Soldadura de arco con electrodo de corazón de fundente.
- GTAW - Soldadura de arco con electrodo de tungsteno.
- ESW - Soldadura con electro-escoria.
- EGW - Soldadura con electro-gas.
- Soldadura de pernos (Stud Welding).

### **6.6.3 Soldadura por arco**

Para realizar la soldadura por arco se necesita fundir el metal es cual es producido mediante un arco eléctrico, mismos que se forman a través de una pieza y un electrodo, los electrodos generalmente son alambres o varillas especiales.

**El arco eléctrico.** El arco se forma cuando se produce una descarga de corriente elevada entre (19 y 2000 amperios) y de baja tensión (entre 10 – 50 voltios). La corriente de soldadura que pasa a través del aire (de gran resistencia) genera un calor muy intenso en el arco el cual puede ser de 3200 a 5500 °C.

### **6.6.4 Smaw (Shielded Metal Arc Welding).**

La soldadura SMAW es el proceso de unión por fusión de piezas metálicas, este proceso de soldadura por arco eléctrico se produce entre un electrodo recubierto (revestido) y el arco de soldadura. La protección se obtiene por la composición del recubrimiento, y el aporte procede principalmente del electrodo a utilizarse.

**Descripción del proceso SMAW.** Se utiliza n arco eléctrico como fuente de energía para fundir y unir metales y aleaciones. En éste proceso el arco es producido entre la pieza a soldar y un electrodo consumible que es el elemento que transporta la corriente. Se utiliza el calor del arco eléctrico para llevar la pieza de trabajo y un electrodo consumible al estado de fusión.

**Descripción del equipo de soldadura.** La máquina de soldar es la fuente de energía eléctrica que establece un circuito cerrado. Se utilizan dos cables, uno para conectar la porta electrodo a una de las terminales de la máquina (cable o terminal del electrodo), el otro cable conecta a la pinza de tierra (cable de tierra o de la pieza de trabajo).

#### **6.6.4.1 Especificaciones y clasificaciones de electrodos y metales de aporte.**

Un electrodo consumible debe ser diseñado para que conduzca eficientemente la corriente, para suministrar el metal de aporte y sustancias protectoras del metal en el pozo de soldadura.

#### **Electrodos revestidos:**

- Se produce sobrecalentamiento debido a la elevada resistividad y la reducida
- sección transversal del material del electrodo. El sobrecalentamiento excesivo

- causa deterioro irreversible del revestimiento.
- El principio clave de este proceso es la protección, la cual se obtiene por la descomposición del recubrimiento del electrodo en el arco. En los recubrimientos de los electrodos se incorporan ciertas sustancias químicas para mantener el arco estable y consistente.
- En el extremo del electrodo la máquina de soldar entrega la energía en la cantidad y el tipo correctos.

### **Principales funciones del recubrimiento:**

#### Función eléctrica:

- La creación de una atmosfera inerte.
- Hace más fácil el salto del arco.
- Ayuda a mantener el arco.
- Regula la profundidad de penetración.
- Afecta a la longitud del arco y al voltaje de trabajo.

#### Función física:

- La formación de una película de escoria de endurecimiento rápido, que protege la zona fundida de la soldadura y ayuda a darle forma.
- Controla la posición de aplicación en la que puede usarse el electrodo durante la soldadura.
- La naturaleza del revestimiento determina la viscosidad de la escoria líquida y el espesor del revestimiento.
- Acción mecánica de los gases desprendidos por el revestimiento en el transporte de las gotas fundidas.
- La viscosidad de las escorias en la soldadura permite la obtención de depósitos en todas las posiciones y la protección total del metal fundido.

#### Función metalúrgica:

- La adición de elementos al metal de soldadura, a veces agrega agentes de aleación restaura los elementos perdidos.
- La adición de desoxidantes o limpiadores para refinar la estructura granular del metal de soldadura.
- Los materiales de recubrimiento de los electrodos permiten lograr en forma automática una acción de limpieza y desoxidante en el metal fundido.

Otras funciones:

- Mejora el aspecto de la soldadura.
- Reduce la emisión de chispas.
- Sirve de aislante al alambre que constituye el núcleo del electrodo.

### **Clasificación de los revestimientos:**

#### **a. Revestimientos oxidantes.**

El metal fundido retiene gran cantidad de oxígeno o de óxido de hierro.

#### **b. Revestimientos ácidos.**

#### **c. Revestimientos de óxido de titanio (rutílicos).**

Estos electrodos permiten realizar soldaduras de muy buen aspecto con buenas características mecánicas, presentan la ventaja de dar una gran estabilidad al arco y facilitan la ejecución de soldaduras en todas las posiciones.

#### **d. Revestimientos celulósicos.**

Constituidos en base a productos volátiles. Estos electrodos producen una escoria poco voluminosa. El metal depositado es afinado, carece de oxígeno, pero contiene gran proporción de hidrógeno. Los electrodos celulósicos se emplean sobre todo cuando se pretende conseguir cierta penetración de la soldadura.

#### **e. Revestimientos básicos (ciertos electrodos forman la clase de los llamados bajos en hidrógeno).**

Los electrodos básicos depositan un metal puro con inclusiones dispersas y estructura fina, que posee elevada capacidad de deformación, alargamientos del 30% y una resistencia de rotura media alta.

### **Electrodos para aceros al carbono.**

La designación AWS A5.1 para una soldadura está formado por una serie de 4 dígitos que lleva como prefijo la letra E que indica que se emplea en la soldadura eléctrica.

El último dígito indica el tipo de corriente y polaridad en la que mejor trabaja el electrodo e indica el tipo de revestimiento, el tercer dígito indica la posición de soldadura

Los primeros 2 dígitos señalan la resistencia mínima a la tracción, sin tratamiento térmico post soldadura:

- E 60XX
- E 70XX '
- E 110XX

Por ejemplo E-6010 donde;

E: indica que es un electrodo.

60: indica que la resistencia a la tracción es 60000 lbs/plg<sup>2</sup>

1: indica que el electrodo es apto para soldar en todas las posiciones

0: indica el tipo de corriente y polaridad, además manifiesta que el electrodo tiene un alto contenido de celulosa en el revestimiento aproximadamente del 30% o más.



Figura 13. Interpretación de la norma [26].

Tabla. 43 Funciones de algunas materias primas [26].

Clasificación AWS	Tipo de Revestimiento	Posición de soldeo según AWS	Corriente eléctrica
E 6010 E 6011	Alta celulosa, sodio Alta celulosa, potasio	F,V,OH,H	CC (+) CA o CC (+)
E 6012 E 6013	Alto titanio, sodio Alto titanio, potasio	F,V,OH,H	CA, CC (-) CA, CC (+) o CC (-)
E 6020	Alto óxido de hierro	H-Fillete F	CA, CC (-) CA, CC (+) o CC (-)
E 7014 E 7015	hierro en polvo, titanio bajo hidrógeno, sodio	F,V,OH,H	CA, CC (+) o CC (-) CC(+)
E 7016 E 7018	Bajo hidrógeno, potasio Bajo hidrógeno, potasio, hierro en polvo	F,V,OH,H	CA o CC (+) CA o CC (+)
E 7018M E 7024	Bajo hidrógeno, hierro en polvo Hierro en polvo, titanio	F,V,OH,H H-Fillete, F	CC (+) CA, CC (+) o CC (-)
E 7027	Alto óxido de hierro, hierro en polvo	H-Fillete F	CA, CC (-) CA, CC (+) o CC (-)
E 7028	Bajo hidrógeno, potasio, hierro en polvo	H-Fillete, F	CA o CC(+)
E 7048	Bajo hidrógeno, potasio, hierro en polvo	F,V,OH,H F,V,OH,HV-Descen.	CA o CC(+)

### 6.6.5 Tipos de soldadura [27].

De acuerdo al estándar “AWS A3.0, Términos y definiciones estándar de soldadura”, se menciona que:

**Soldadura de cordón.** La soldadura por cordón es el depósito de material de aporte sobre el material base. Esta soldadura se utiliza para reconstruir superficies desgastadas.

**Soldadura ondeada.** La soldadura ondeada se realiza haciendo un cordón de un lado al otro, en zigzag, circular y oscilante.

**Soldaduras de ranura (Groove).** Esta soldadura se utiliza para la unión de dos placas o piezas, usando huecos o ranuras para luego ser rellenadas uniendo metal con metal.

**Soldaduras de filete (Fillet).** La soldadura por filete es la cual los materiales base se unen por sus extremos, las juntas de filete son de fácil preparación.

**Soldaduras de tapón (Plug) y de agujero alargado.** La soldadura de tapón es la unión de dos piezas de metal mediante la aplicación de calor con o sin fusión del material de aportación.

La AWS D1.1 relaciona tres tipos de soldadura de acuerdo a la configuración de las juntas.

#### 1. Soldaduras de ranura (Groove)

- Ranura Recta
- Ranura en V
- Ranura en doble V
- Ranura en U
- Ranura en J
- Penetración parcial

#### 2. Soldaduras de filete (Fillet)

#### 3. Soldaduras de pernos (Stud)

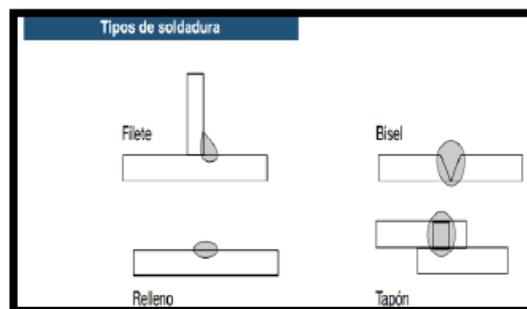


Figura 14. Tipos de Soldadura [28].

### 6.6.6 Tipos de juntas.

Es la unión de los miembros, o de sus extremos, que van a ser unidos o que han sido unidos.

Existen 5 tipos básicos de juntas:

1. Junta a tope. Es la unión de dos placas de metal en el mismo plano, preparando los biseles, además este tipo de junta garantiza una penetración completa entre las placas soldadas.
2. Junta de esquina. Son los que implica su nombre: soldaduras hechas entre dos partes situadas a un ángulo de 90 grados. Estas pueden ser de medio traslape, de esquina a esquina, o de inserción completa, y pueden prepararse para formar un solo bisel, una sola V o ranuras de una sola U.
3. Junta en "T". Son precisamente lo que su nombre indica, pero también puede ser de un solo bisel, de doble bisel, de una J y de doble J.

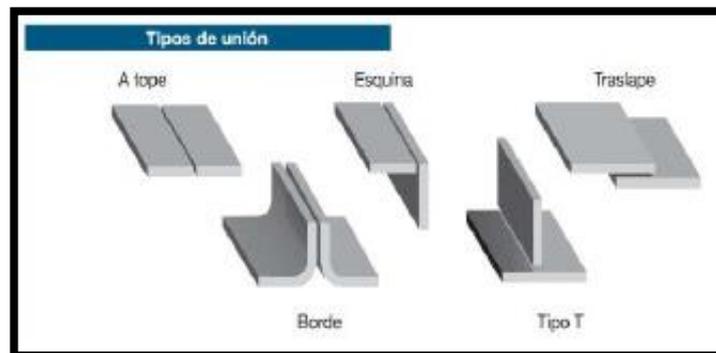


Figura 15. Tipos de Juntas [28].

### 6.6.7 Tipos de Bisel

El biselado o corte en bisel, generalmente es un proceso preparatorio para posteriores operaciones de soldadura.

- Escuadra
- Tipo J
- Bisel Único
- Bisel en X
- Bisel en V
- Doble Bisel
- Bisel tipo U

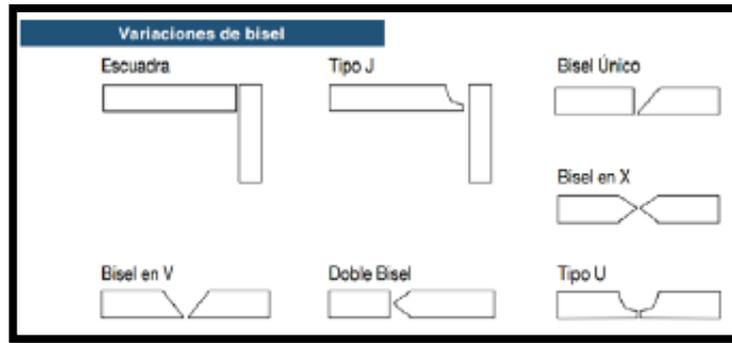


Figura 16. Variaciones de bisel [28].

### 6.6.8 Posiciones de Soldadura

Las posiciones de soldadura, son todos los planos a los cuales se va realizar la junta de soldadura entre los cuales tenemos: Plana, Vertical, Horizontal y Sobre cabeza.

Figura 17. Posiciones de soldadura [28].

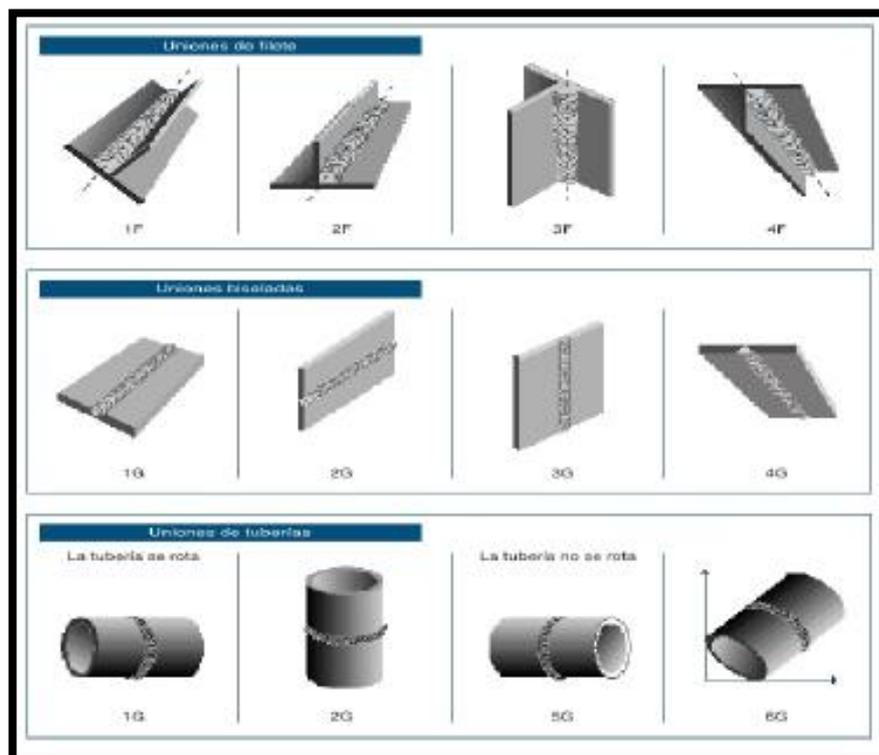


Tabla. 44 Posiciones de Soldadura [29].

<b>Posiciones de soldadura</b>			
	<b>Posición</b>	<b>En ranura</b>	<b>En filete</b>
<b>PLANCHA</b>	Plana	1G	1F
	Horizontal	2G	2F
	Vertical	3G	3F
	Sobre cabeza	4G	4F
<b>TUBERÍA</b>	Tubería en posición vertical	2G	2F 4F (Sobre cabeza)
	Tubería en posición horizontal	1G en Rotación 5G	2FR en Rotación 5F
	Tubería inclinada a 45°	6G	1F en Rotación

## 6.6.9 Normas

### 6.6.9.1 Norma ASME IX [30].

“Qualifications Standart for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazer, and Welding and Brazing Operator”. Esta norma trata de las calificaciones de procedimientos de soldadura y de desempeño del soldador para realizar uniones requeridas por otros códigos o especificaciones

### 6.6.9.2 Norma API 1104 [31].

Este estándar fue preparado por un comité que incluye representantes del Instituto Americano de Petróleo, la Asociación Americana de Gases, la Asociación de Contratistas de Líneas de Tuberías, la Sociedad Americana de Soldadura, la Sociedad Americana para Ensayos no Destructivos, así como representantes de fabricantes de tuberías y personas asociadas con industrias relacionadas.

El propósito de este estándar es presentar los métodos para la producción de soldaduras de alta calidad a través del uso de soldadores calificados usando procedimientos de soldadura, materiales y equipos aprobados. El propósito es también presentar métodos de inspección para asegurar el apropiado análisis de la calidad de la

soldadura a través del uso de técnicas calificadas y métodos y equipos aprobados. Se aplica tanto a soldaduras de nuevas construcciones como en servicio.

El uso de este estándar es enteramente voluntario y está destinado a ser aplicado en soldadura de tuberías usadas en la compresión, bombeo, y transmisión de petróleo crudo, productos de petróleo, gases combustibles, dióxido de carbono y nitrógeno, y donde sea aplicable, a sistemas de distribución.

Este estándar representa los esfuerzos combinados de varios ingenieros responsables del diseño, construcción, y operación de líneas de tuberías de petróleo y gas, y el comité reconoce con mucho aprecio su incondicional y valiosa asistencia.

#### **6.6.9.2.1 Calificación de Procedimientos de Soldadura para Juntas**

##### **Conteniendo Materiales de Aporte.**

Antes de empezar a soldar en producción, se debe establecer y calificar una detallada especificación del procedimiento de soldadura que demuestre que se pueden realizar soldaduras sanas (soundness) con apropiadas propiedades mecánicas (tales como resistencia, ductilidad y dureza). La calidad de la soldadura debe ser determinada por ensayos destructivos. Estos procedimientos deben seguirse fielmente, excepto donde un cambio sea específicamente autorizado por la compañía.

#### **6.7 Metodología**

Para esta parte de la metodología, se elaborará un procedimiento de soldadura en la tubería de acero Q235B del Sistema de Agua Potable de la ciudad de Riobamba Provincia de Chimborazo, para el cual se tomó en cuenta los criterios de aceptación y rechazo de las Normas API 1104 y la Norma ASME IX “Qualifications Standart for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazer, and Welding and Brazing Operator”.

##### **6.7.1 Proceso de Soldadura**

El proceso de soldadura a utilizarse en la construcción del Sistema de agua potable Riobamba es de soldadura por arco con electrodos revestidos SMAW, debido a que siempre se realiza con corriente constante DC debido a que ofrece mejores características de operación y un arco más estable.

##### **6.7.2 Selección de los electrodos**

Los electrodos que se utilizaran en la tubería Q235B del Sistema de Agua Potable de la ciudad de Riobamba Provincia de Chimborazo son los electrodos 6010 y 7018 en marca West Arco, de acuerdo a la especificación AWS A5.1.

El electrodo 6010 presenta una buena resistencia mínima a la tensión de 60 ksi dándonos una buena penetración, posee un revestimiento con alta celulosa (sodio), mientras que el electrodo 7018 presenta una resistencia mínima a la tensión de 70 ksi y es un electrodo rútilico potásico de bajo hidrogeno con hierro en polvo en su revestimiento, a este electrodo se le recomienda no exponerle al aire, sin en hornos contenedores a una temperatura de 30°C hasta 250°C

### 6.7.3 Tipo de Junta

El tipo de junta a utilizar en la tubería Q235B del Sistema de Agua Potable de la ciudad de Riobamba Provincia de Chimborazo es la Junta a Tope en V, debido a que su preparación es sencilla, es recomendable para espesores menores de 5 – 12 mm, permite una penetración completa y es satisfactoria para todas las cargas de corriente. Su costo de preparación es bajo, sólo requiere el alineamiento de los bordes de las planchas a soldar, como muestra la figura 14.

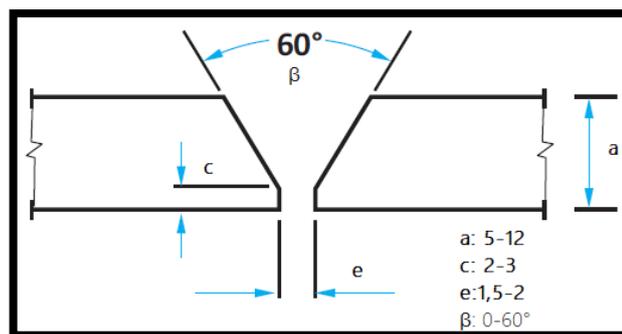


Figura 18. Junta a tope en V.

Donde:

c = talón

e = abertura de raíz

β = ángulo de ranura

a = espesor de material

### 6.7.4 Posición de Soldadura

La posición de soldadura en la tubería Q235B del Sistema de Agua Potable de la ciudad de Riobamba Provincia de Chimborazo es la posición 6G debido a que la tubería se va a soldar en todos los planos, puesto que van a existir juntas de soldadura en campo y taller a las cuales el soldador debe acoplarse a la posición a la que la tubería se encuentre.



Figura 19. Posición de Soldadura 6G.

### 6.7.5 Proceso de Soldadura

En la soldadura como tal se deberá realizar las siguientes actividades:

1. Especificaciones del procedimiento de soldadura a utilizar. (VER AEXO H)
2. Calibración de las máquinas soldadoras
3. Verificación que electrodos y material de aporte sea el correcto.
4. Verificar que los electrodos sean almacenados y manipulados correctamente, esto es, se deben mantener a la temperatura adecuada en hornos portátiles para evitar que se contaminen con la humedad ambiental y solo se sacarán al momento de ejecutar la soldadura.
5. Preparación de juntas.
6. Alineación de la junta a soldar.
7. Ejecución de la soldadura.
8. Inspección visual para asegurarse del buen aspecto del cordón de soldadura y no existan defectos apreciables a simple vista.
9. Inspección de ensayos ultrasonido bajo los criterios de aceptación Api 1104 y ASME IX

#### 1. Especificaciones del procedimiento de soldadura a utilizar.

Para la ejecución de la junta de soldadura se va a realizar cuatro pases los cuales son:

**Raíz:** Para este pase de soldadura se utiliza el electrodo 6010 con una progresión descendente (bajando) y una intensidad de 80-110 Amperios.

**Pase en Caliente:** De igual manera en este pase de soldadura se utiliza el electrodo 6010 con una progresión descendente (bajando) y una intensidad de 80-110 Amperios.

**Relleno:** Para el relleno se utiliza el electrodo 6010 con una progresión descendente (bajando) y una intensidad de 80-110 Amperios.

**Capa:** Para este pase de soldadura se utiliza el electrodo 7018 con una progresión ascendente (subiendo) y una intensidad de 70-110 Amperios.

## 2. Calibración de las máquinas soldadoras

Antes de comenzar de realizar el proceso de soldadura debemos verificar que la moto- soldadora Miller 400 o Lincoln Electric Vantage 500 se encuentren en perfecto estado para así asegurarnos que la junta soldadura no tenga ningún defecto o discontinuidad, y no se corte el arco de soldadura no se corte.



Figura 20. Verificación de Moto-soldadora

## 3. Verificación que electrodos y material de aporte sea el correcto.

Uno de los parámetros fundamentales para realizar una correcta junta de soldadura es la utilización de los electrodos pues de este depende que el material de aporte cumpla con su objetivo el cual es que el material y el material de aporte tengan una buena unión (fusión).

## 4. Verificar que los electrodos sean almacenados y manipulados correctamente, esto es, se deben mantener a la temperatura adecuada en hornos portátiles para evitar que se contaminen con la humedad ambiental y solo se sacarán al momento de ejecutar la soldadura.

Los electrodos E6010 y el electrodo E7018 deben mantenerse en termo evitando que se mojen o a su vez se contaminen por la humedad ambiental.



Figura 21. Termo de almacenamiento de electrodos.

### 5. Preparación de juntas.

Para la realización de la junta primero debemos realizar los biseles a la tubería Q235B el cual debe estar limpio y libre de polvo y grasa.



Figura 22. Realización de biseles en tubería.

### 6. Alineación de la junta a soldar.

Para la alineación de la tubería nos ayudamos con grampas o arañas, debido a que son accesorios que ayudan a unir las dos bocas de la tubería para realizar la junta de soldadura.



Figura 23. Alineación de tubería.

Se realizarán puntos de soldaduras a la tubería.

Antes de realizar el proceso de soldadura se debe verificar que la tubería no se encuentre Hi-Lo.

### **7. Ejecución de la soldadura.**

Una vez alineada la tubería y verificado que esta no tenga Hi-Lo, se procede a realizar la soldadura, iniciando con el pase de Raíz con electrodo E6010 con una progresión descendente, este pase es fundamental debido a que la soldadura tiene que tener una buena fusión entre el material base con el material de aporte, una vez culminado este pase debe realizar una limpieza de la escoria que va dejando el material de aporte con una grata.

Una vez realizado el pase de raíz se debe realizar el pase en caliente con electrodo E6010 con una progresión descendente, de igual manera en este pase debemos verificar que no exista defectos o discontinuidades y realizar una limpieza a la soldadura para continuar con el pase de relleno que se lo realiza con electrodo E6010.

Una vez concluido estos tres pases de soldadura se procede a realizar el pase de capa o presentación para lo cual utilizamos el electrodo E7018 debido a que este electrodo tiene una mayor resistencia y un mejor acabado, en este pase debemos verificar que la junta soldada no tenga ningún defecto como puede ser mordeduras, poros, inclusión de escorias en otros.



Figura 24. Limpieza de soldadura.



Figura 25. Proceso de soldadura.

**8. Inspección visual para asegurarse del buen aspecto del cordón de soldadura y no existan defectos apreciables a simple vista.**

Una vez culminado la junta de soldadura se realiza una inspección visual del cordón de soldadura, mediante los criterios de aceptación de las normas API 1104 y la norma ASME IX, la cual indica las tolerancias que deben tener los defectos y discontinuidades para ser aceptados.

De igual manera a esta junta de soldadura inspeccionada se le da un nombre o número de junta indicando el soldador que la realizo.



Figura 26. Inspección visual de soldadura.

**9. Inspección de ensayos ultrasonido bajo los criterios de aceptación Api 1104 y ASME IX**

Realizada la inspección visual se procede a realizar en ensayo no destructivo por ultrasonido el cual verifica que no exista defectos en los pases de soldadura, este método ayuda a garantizar que los trabajos de soldadura se realicen con calidad, además para esta inspección debemos tener en cuenta los criterios de

aceptación y rechazo que tenga la norma en lo referente a la realización de ensayos de ultrasonido.



Figura 27. Inspección por Ultrasonido.

## 6.8 Administración

Una vez culminado el proyecto de investigación se debe considerar la parte administrativa, el análisis de costos directos e indirectos, la propuesta y en definitiva toda la investigación, con la finalidad de que futuras investigaciones referentes a este tema tengan una base de los recursos económicos utilizados en esta investigación.

### 6.8.1 Costos Directos

Se consideró costos directos a los materiales utilizados en el Análisis de la sustitución del material acero ASTM A36 por el material Q235B en la construcción del Sistema de Agua Potable de la ciudad Riobamba provincia de Chimborazo, mostrados en la tabla 45.

Tabla. 45 Costos Directos – Recursos Materiales

Item	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U. (\$)	P.T. (\$)
1	Tubería Q235B espesor 5mm, $\phi$ 24" (ANEXO M)	12	mts	874,92	874,92
2	Electrodo 6010 1/8"	2	KG	2,75	5,50
3	Electrodo 7018 1/8"	1	KG	2,42	2,42
				Sub-Total	882,84
				Iva 12%	105,94
				<b>Total 1</b>	<b>988,78</b>

### 6.8.2 Costos Indirectos

Los costos indirectos se refieren a la utilización de máquinas, equipos, recurso humano para la culminación del proyecto, mostrados en las tablas 46 y 47.

Tabla. 46 Costos Indirectos- Recurso maquinaria

Item	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U. (\$)	P.T. (\$)	
1	Uso de equipo de corte (amoladora)	2	Día	1,06	8,48	
2	Motosoldadora	1	Día	42,23	42,23	
3	Equipo de Ultrasonido	1	Día	20,00	20,00	
4	Martillo	1	Día	0,22	0,22	
5	Puntas	1	Día	0,30	0,30	
6	Grapas	1	Día	21,67	21,67	
7	Fajas	1	Día	1,70	1,70	
8	Grilletes	1	Día	1,24	1,24	
9	Disco de Corte 7" x 1/16" x 7/8"	3	U	1,68	5,04	
10	Disco de Corte 7" x 1/8" x 7/8"	2	U	1,4	2,8	
11	Disco de Desbaste 7" x 1/4" x 7/8"	1	U	2,97	2,97	
12	Disco de Fondeo 7" x 3/16" x 7/8"	2	U	2,87	5,74	
13	Grata acero circular trenzada de 7"	1	U	12,87	12,87	
14	Pinza porta electrodos de motosoldadora	1	U	29,40	29,40	
15	Chaqueta de cuero (campera) talla 40	1	U	16,50	16,50	
16	Diesel	10	Galones	1,03	10,30	
					Sub-Total	181,46
					Iva 12%	21,78
					<b>Total 2</b>	<b>203,24</b>

Tabla. 47 Costos Indirectos- Recurso Humano

Item	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U. (\$)	P.T. (\$)	
1	Supervisor de Soldadura	1,5	Hora	14,47	21,70	
2	Inspector END	1,5	Hora	14,47	21,70	
	Alineador-Tubero	1,5	Hora	6,97	19,45	
3	Esmerilador	1,5	Hora	4,93	7,39	
4	Soldador	1,5	Hora	8,08	12,12	
5	Ayudante Mecánico	1,5	Hora	4,25	6,37	
					<b>Total 3</b>	<b>88,73</b>

### 6.8.3 Costos Total

El costo total de la investigación desarrollada es la suma de los costos directos e indirectos, como se muestra en la tabla 48.

Tabla. 48 Costos Total

Item	Descripción	Valor (\$)
1	Recursos Materiales	988,78
2	Recurso maquinaria y ensayos realizados	203,24
3	Recurso Humano	88,73
	Sub-Total	1280,75
	<b>Total</b>	<b>1280,75</b>

### 6.9 Previsión de la Evaluación

El desarrollo de esta investigación será de aporte significativo para nuevos proyectos en el ámbito de soldadura, debido a que se muestra el procedimiento apropiado para la realización de una junta de soldadura con el acero Q235B, además se demostró que se tiene datos favorables sobre algunas propiedades mecánicas de este acero, también se realizó un análisis de costos del proceso de soldadura con los aceros A36 y el acero Q235B como muestran la Tabla 48 y el Anexo K, determinando que el costo de realización de una junta de soldadura con acero Q235B es más económico que el acero A36. También se pudo determinar que este acero presenta características optimas de soldabilidad.

## Referencias Bibliográficas

- [1] NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2006.
- [2] R. Lagos, Análisis comparativo del acero ASTM A499-89 vs ASTM A36, Universidad Católica de Valparaíso Facultad Ingeniería Mecánica. (2015)
- [3] E. Tobar, Estudio de las transformaciones metalográficas y propiedades mecánicas de la zona afectada por el calor (ZAC) después del proceso de soldadura en los aceros ASTM A588 y A36, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE de Sangolquí-Ecuador. (2015)
- [4] C. Naranjo, X. Sánchez, E. Tobar, Estudio de las transformaciones metalográficas y propiedades mecánicas en las juntas soldadas de acero ASTM A588 y A36, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE de Sangolquí-Ecuador. (2015)
- [5] <https://www.educaweb.com/profesion/ingeniero-materiales-156/>
- [6] [http://contenidosdigitales.ulp.edu.ar/exe/educaciontecnologia/propiedades\\_mecnicas.html](http://contenidosdigitales.ulp.edu.ar/exe/educaciontecnologia/propiedades_mecnicas.html)
- [7] [https://www.unido.org/sites/default/files/2008-06/3-Slides\\_0.pdf](https://www.unido.org/sites/default/files/2008-06/3-Slides_0.pdf)
- [8] E. Tobar, Estudio de las transformaciones metalográficas y propiedades mecánicas de la zona afectada por el calor (ZAC) después del proceso de soldadura en los aceros ASTM A588 y A36, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE de Sangolquí-Ecuador. (2015)
- [9] <http://www.matweb.com>
- [10] <https://www.amberwiremesh.com/q235-steel-grade/>
- [11] E. Zurita, Análisis comparativo de la soldabilidad de planchas de acero A36 soldadas con el proceso GTAW con y sin material de aporte (2012).
- [12] <https://www.cuevadelcivil.com/2011/04/ensayos-para-el-acero.html>
- [13] Calle & Henao, Universidad Tecnológica de Pereira, 2012.
- [14] GAD Riobamba, Estudios de los planes maestros de agua potable y alcantarillado de la ciudad de Riobamba.
- [15] GAD Riobamba, Caracterización y tratabilidad del agua de la fuente de abastecimiento para la planta de tratamiento de la ciudad de Riobamba.
- [16] Norma ASTM E8 – Tracción
- [17] Norma ASTM E190 – Doblado

- [18] Norma ASTM E23-12C – Charpy
- [19] Norma ASTM E18-16 – Micro-durezas
- [20] Norma ISO 17639 - Macro grafico
- [21] Norma ASTM E415-17 – Químico
- [22] Norma ASTM E3-11 – Metalográfico
- [23] J. López, Soldaduras, uniones y calderería, Segunda edición, Barcelona Editorial Cultural. (1988)
- [24] O. Exsa, Manual de soldadura. Recuperado el 26 de mayo del 2015 [www.syhrep.com/manual\\_catalogo\\_oerlikon.pdf](http://www.syhrep.com/manual_catalogo_oerlikon.pdf)
- [25] M. Pastor, Infrroducción a la Metalurgia de la soldadura. Riobamba-Ecuador: Editorial Espoch (2002).
- [26] OERLIKON. (s.f.). MANUAL DE SOLDADURA.
- [27] Minilo, O Carlos, Inspectores de soldadura AWS QC1: 2007.Chile: Inchisol, (2007)
- [28] <http://www.indura.com.ec>
- [29] F. Zambrano, Elaboración de una guía de inspección de soldadura y calificación de soldadores aplicado a las normas ASME BPVC y API 1104, Quito, (2015)
- [30] ASME IX. “Qualifications Standart for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazer, and Welding and Brazing Operator”. 1995
- [31] API 1104. Soldadura de tuberías e instalaciones relacionadas. 1999
- [32] Hansen, B. L., & Ghare, P. M. (1989). Control de calidad: teoría y aplicaciones. Ediciones Díaz de Santos.
- [33] Manual de Diseño para la construcción con acero, 2013.
- [34] <https://ingenieriasiperocual.blogspot.com/2015/04/mecanica.html>
- [35] J. Morales, Clasificación de los metales – normas, 2015.
- [36] G. Ortiz, Defectos y discontinuidades de la soldadura. Venezuela: Universidad Fermín Toro. Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/273952693/Defectos-en-Soldaduras>. (2014).
- [37] <http://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/soldadura-smaw-que-es-y-procedimiento>
- [38] <http://www.demaquinasyherramientas.com/wp-content/uploads/2013/07/Soldadura-Smaw.jpg>
- [39] [http://www.esab.com.ar/ar/sp/education/blog/proceso\\_soldadura\\_tig.cfm](http://www.esab.com.ar/ar/sp/education/blog/proceso_soldadura_tig.cfm)

- [40] <https://www.thefabricator.com/spanish/todo-lo-que-usted-siempre-quiso-saber-sobre-gtaw>
- [41] E. Tobar, Estudio de las transformaciones metalográficas y propiedades mecánicas de la zona afectada por el calor (ZAC) después del proceso de soldadura en los aceros ASTM A588 y A36, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE de Sangolquí-Ecuador. (2015)
- [42] <https://metfusion.wordpress.com/2013/08/10/soldabilidad-de-los-aceros/>
- [43] <https://sparkweld.wordpress.com/2016/09/03/soldabilidad-en-aceros-al-carbono/>
- [44] F. Ramos, Soldabilidad de los aceros. 2018

## **ANEXOS**

## Anexo A: Informe de ensayos de Doblado E impacto-Charpy EPN



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
MECÁNICA



LABORATORIO DE ANÁLISIS  
DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES

F01-PE-LAEV-01 Rev.00

### INFORME

LAEV – M19.005

Quito, 15 de enero de 2019

Solicitado por: CONSORCIO ALAO MINEVOL  
Persona de contacto: Fabián Amancha  
Teléfono: 032841514 / 0992886213  
Correo: fabian.amancha@minevol.com  
Fecha de recepción: 20/12/2018  
Fecha de ejecución: 11/01/2019

ORDEN DE TRABAJO N°: 0006021

1. **MUESTRAS:** Ocho (8) probetas metálicas para ensayo de tracción, ocho (8) probetas de junta soldada para ensayo de doblado y veinte (20) probetas metálicas para ensayo de impacto charpy.

#### 2. GENERALIDADES:

La siguiente descripción fue proporcionada por el cliente:

- Tubería DN 600mm, espesor=5mm, material Q235B
- Tubería DN 600mm, espesor=7mm, material Q235B
- Tubería DN 600mm, espesor=9mm, material Q235B
- Tubería DN 600mm, espesor=10mm, material Q235B

#### 3. CONDICIONES AMBIENTALES:

Temperatura:  $20,3 \pm 1,2$  °C

Humedad relativa:  $57,2 \pm 5,2$  %



Dirección: Av. Mesa Chacabuco e Isabel la Católica Esquina (Escuela Politécnica Nacional)  
Teléfono: 022976300 ext. 3715, 3716  
Correo: laev@epn.edu.ec



En la tabla 4 se presenta los resultados del ensayo de tracción realizado a las probetas de espesor nominal 10 mm.

Tabla 4. Resultados del ensayo de tracción, espesor nominal 10 mm.

Id.	Ancho Promedio	Espesor Promedio	Carga máxima registrada		Límite de fluencia		Resistencia a la tracción		% elongación en 50 mm
	mm	mm	lbf	N	ksi	MPa	ksi	MPa	
M19.005.07	13,49	9,46	11 984	53 306	48,0	331,0	60,6	417,3	32,9
M19.005.08	13,5	9,29	11 871	52 804	48,0	331,2	61,1	420,6	25,3

## 5. ENSAYO DE DOBLADO

En la tabla 5 se presentan los resultados obtenidos en el ensayo de doblado realizado a las probetas.

Tabla 5. Resultados del ensayo de doblado.

Identificación	Espesor nominal	Observaciones
M19.005.09	5 mm	No se observan discontinuidades en la probeta.
M19.005.10	5 mm	No se observan discontinuidades en la probeta.
M19.005.11	7 mm	No se observan discontinuidades en la probeta.
M19.005.12	7 mm	No se observan discontinuidades en la probeta.
M19.005.13	9 mm	No se observan discontinuidades en la probeta.
M19.005.14	9 mm	No se observan discontinuidades en la probeta.
M19.005.15	10 mm	No se observan discontinuidades en la probeta.
M19.005.16	10 mm	No se observan discontinuidades en la probeta.

## 6. ENSAYO DE IMPACTO CVN

En la tabla 6 se presentan los resultados obtenidos en el ensayo de impacto CVN realizado a las probetas de espesor nominal 5 mm.

Temperatura de ensayo: Temperatura ambiente (20°C)



LAEV - M19.005



Página 3 de 7

Dirección: Av. Mena Caamaño e Isabel la Católica Esquina (Escuela Politécnica Nacional)

Teléfono: 022578900 ext. 3715, 3716

Correo: laev@epn.edu.ec

Tabla 6. Resultados obtenidos del ensayo de impacto CVN, espesor nominal 5 mm.

Identificación	Energía de Impacto	
	lbf-ft	J
M19.005.17	48	65
M19.005.18	50	68
M19.005.19	52	71
M19.005.20	52	71
M19.005.21	52	71
<b>Promedio*</b>	51,3	70

En la tabla 7 se presentan los resultados obtenidos en el ensayo de impacto CVN realizado a las probetas de espesor nominal 7 mm.

Tabla 7. Resultados obtenidos del ensayo de impacto CVN, espesor nominal 7 mm.

Identificación	Energía de Impacto	
	lbf-ft	J
M19.005.22	62	84
M19.005.23	60	81
M19.005.24	50	68
M19.005.25	62	84
M19.005.26	56	76
<b>Promedio*</b>	59,3	80

En la tabla 8 se presentan los resultados obtenidos en el ensayo de impacto CVN realizado a las probetas de espesor nominal 9 mm.

Tabla 8. Resultados obtenidos del ensayo de impacto CVN, espesor nominal 9 mm.

Identificación	Energía de Impacto	
	lbf-ft	J
M19.005.27	90	122
M19.005.28	96	130
M19.005.29	110	149
M19.005.30	100	136
M19.005.31	116	157
<b>Promedio*</b>	102	138



En la tabla 9 se presentan los resultados obtenidos en el ensayo de impacto CVN realizado a las probetas de espesor nominal 10 mm.

Tabla 9. Resultados obtenidos del ensayo de impacto CVN, espesor nominal 10 mm.

Identificación	Energía de Impacto	
	lbf-ft	J
M19.005.32	76	103
M19.005.33	72	98
M19.005.34	76	103
M19.005.35	84	114
M19.005.36	76	103
<b>Promedio*</b>	76	103

\*El promedio de las muestras se calcula con los tres valores intermedios de energía de impacto.

*Nota.- Los resultados contenidos en el presente informe corresponden únicamente a las muestras ensayadas por el Laboratorio de Análisis de Esfuerzos y Vibraciones (LAEV). Además, los valores de fuerza que se emiten en el presente documento corresponden a valores corregidos en función del último certificado de calibración del equipo de fuerza y no se ha utilizado el valor de la incertidumbre.*

	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Firma:		
Nombre:	Ing. Jonathan Castro, M.Sc.	Ph.D. Wilson Guachamin
Cargo:	TÉCNICO DOCENTE	JEE

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y VIBRACIONES



ANEXO



Fotografía 1. Montaje de probeta de tracción en la máquina universal de ensayos.



Fotografía 2. Montaje de probeta de doblado en la máquina universal de ensayos.



LAEV - M18.005



Página 6 de 7

Dirección: Av. Mena Caamaño e Isabel la Católica Esquina (Escuela Politécnica Nacional)  
Teléfonos: 022576300 ext. 3715, 3716  
Correo: laev@epn.edu.ec



Fotografía 3. Montaje de probeta en la máquina de impacto charpy.



## Anexo B: Informe de ensayos de Dureza, Composición Química, ensayo Macrográfico y ensayo Metalográfico EPN



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
DEPARTAMENTO DE MATERIALES  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA  
LABORATORIO DE METALOGRAFÍA, DESGASTE Y FALLA

### INFORME TÉCNICO

Orden de Trabajo N°. 0005597

Solicitado por: Consorcio Alao

Muestras suministradas por: CONSORCIO ALAO

Tipo de trabajo: Caracterización de Material

Fecha: Quito, 05 de Febrero del 2019

#### 1. ANTECEDENTES.

Se recibe en el Laboratorio de Metalografía, Desgaste y Falla de la Escuela Politécnica Nacional, cuatro secciones de tubería de diferentes espesores, con el fin de caracterizar el material de estos elementos. Además se entrega 8 probetas soldadas igualmente de diferente espesor para realizar macrografías en 4 de ellas. Según lo expresado por el cliente la tubería pertenece al proyecto "Construcción de la captación de Maguazo - Alao; conducción de agua cruda, planta de tratamiento Molobog, aducción de agua tratada a las reservas y reservas de San Martín de Veranillo, para la ciudad de Riobamba". Ver Fotografías N° 1 y N° 2.

#### 2. IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA.

Las secciones de tubería entregadas en el laboratorio se identifican de la siguiente manera. Tabla 1

Tabla 1. Identificación de la muestra entregada al laboratorio.

Muestra	Descripción	Cantidad	Observaciones
1	Sección de tubería espesor de 5 mm	1	Sección de tubería con diámetro aproximado de 635 mm, longitud de 300 mm y espesor de 5 mm. Fotografía N° 1.
2	Sección de tubería espesor de 7 mm	1	Sección de tubería con diámetro aproximado de 630 mm, longitud de 300 mm y espesor de 7 mm. Fotografía N° 1.

Orden de Trabajo No. 0005597



3	Sección de tubería espesor de 9 mm	1	Sección de tubería con diámetro aproximado de 610 mm, longitud de 297 mm y espesor de 9 mm. Fotografía N° 1.
4	Sección de tubería espesor de 10 mm	1	Sección de tubería con diámetro aproximado de 645 mm, longitud de 300 mm y espesor de 10 mm. Fotografía N° 1.
5	Probeta de tubería con soldadura de fábrica en costuras, espesor de 5 mm	2	Probeta de tubería con soldadura de fábrica en costuras de aproximadamente 51 x 78 mm y espesor de 5 mm. Fotografía N° 2.
6	Probeta de tubería con soldadura de fábrica en costuras, espesor de 7 mm	2	Probeta de tubería con soldadura de fábrica en costuras de aproximadamente 48 x 81 mm y espesor de 7 mm. Fotografía N° 2.
7	Probeta de tubería con soldadura de fábrica en costuras, espesor de 9 mm	2	Probeta de tubería con soldadura de fábrica en costuras de aproximadamente 52 x 88 mm y espesor de 9 mm. Fotografía N° 2.
8	Probeta de tubería con soldadura de fábrica en costuras, espesor de 10 mm	2	Probeta de tubería con soldadura de fábrica en costuras de aproximadamente 52 x 89 mm y espesor de 10 mm. Fotografía N° 2.

### 3. MAPEO DE DUREZAS

El mapeo de durezas se lo realizó en base a la Norma ASTM E18-16, en sentido longitudinal y transversal, de las probetas analizadas sin suelda, obteniendo los resultados que se muestran en la tabla N° 2.

Tabla N° 2. Valores de dureza.

Muestra		Durezas Rockwell HRB					
		1	2	3	4	5	Promedio
Sección de tubería espesor de 5mm	Sentido longitudinal	74	74	74	74	75	<b>74</b>
	Sentido transversal	75	74	74	75	75	<b>75</b>
Sección de tubería espesor de 7mm	Sentido longitudinal	69	70	69	69	69	<b>69</b>
	Sentido transversal	69	69	69	69	69	<b>69</b>
Sección de tubería espesor de 9mm	Sentido longitudinal	71	71	71	71	71	<b>71</b>
	Sentido transversal	73	73	75	74	76	<b>74</b>
Sección de tubería espesor de 10mm	Sentido longitudinal	63	62	62	63	62	<b>62</b>
	Sentido transversal	64	64	65	63	65	<b>64</b>



#### 4. COMPOSICIÓN QUÍMICA

La cuantificación de los componentes presentes en la muestra se lo realizó en el Laboratorio de Fundición, obteniendo los resultados que se muestran en la tabla N° 3 y en la tabla N° 4 se observa la composición química de la ficha técnica Q235 grado B (Norma GB/T 700-2006).

Tabla N° 3. Composición química. Valores obtenidos en FUNDICIÓN-EPN

ELEMENTOS	Carbono (%)	Silicio (%)	Manganeso (%)	Fósforo (%)	Cromo (%)	Níquel (%)	Hierro (%)
Sección de tubería espesor de 5mm	0,123	0,106	0,340	0,017	0,028	0,015	99,35
Sección de tubería espesor de 7mm	0,145	0,101	0,322	0,0032	0,013	0,010	99,39
Sección de tubería espesor de 9mm	0,137	0,091	0,343	0,013	0,033	0,016	99,34
Sección de tubería espesor de 10mm	0,123	0,092	0,178	0,0047	0,026	0,012	99,54

\* La tabla muestra los valores más representativos, adjunto con el informe se entrega el informe realizado en el laboratorio de fundición.

Tabla N° 4. Composición química. Ficha técnica Q235 grado B (Norma GB/T 700-2006)

ELEMENTOS	Carbono (%)	Silicio (%)	Manganeso (%)	Fósforo (%)	Azufre (%)
Q235B	0,20	0,35	1,40	0,045	2,25

#### 5. ENSAYO MACROGRÁFICO

Se realizó la macrografía de las soldaduras de fábrica en las costuras de la tubería en sentido transversal, obteniendo los resultados que se muestran en la tabla N° 5.

Tabla N° 5. Macrografía de soldadura

Muestra (Identificación)	Observación
Probeta de tubería con soldadura de fábrica en costuras, espesor de 5 mm	Existe fusión completa entre pases y la soldadura se encuentra libre de fisuras, escoria y poros. Fotografía N° 3.
Probeta de tubería con soldadura de fábrica en costuras, espesor de 7 mm	Existe fusión completa entre pases y la soldadura se encuentra libre de fisuras, escoria y poros. Fotografía N° 4.
Probeta de tubería con soldadura de fábrica en costuras, espesor de 9 mm	Existe fusión completa entre pases y la soldadura se encuentra libre de fisuras, escoria y poros. Fotografía N° 5.
Probeta de tubería con soldadura de fábrica en costuras, espesor de 10 mm	Existe fusión completa entre pases y la soldadura se encuentra libre de fisuras, escoria y poros. Fotografía N° 6.

Orden de Trabajo No. 0005507



## 6. RESULTADO METALOGRAFICO

La preparación de la probeta para el ensayo metalográfico es en base a la norma ASTM E3-11, se realizó en sentido longitudinal, obteniendo los datos que se muestran en la tabla N° 6.

Tabla N° 6. Análisis Metalográfico.

MUESTRA		OBSERVACIONES
Sección de tubería espesor de 5mm	100X	Acero con gran cantidad de inclusiones no metálicas con tamaño promedio de 14,10 $\mu\text{m}$ (micras) alineadas en la dirección del conformado mecánico, la microestructura corresponde a tipo ferrítico-perlítica, con tamaño de grano según la ASTM E112-12 de G11. Fotografías N° 7 y N° 11.
	500X	Acero con matriz de tipo ferrítica con colonias de perlita, se observa a detalle el tamaño de grano. Fotografía N° 17.
Sección de tubería espesor de 7mm	100X	Acero con gran cantidad de inclusiones no metálicas con tamaño promedio de 26,28 $\mu\text{m}$ (micras) alineadas en la dirección del conformado mecánico, la microestructura corresponde a tipo ferrítico-perlítica, con tamaño de grano según la ASTM E112-12 de G10. Fotografías N° 8 y N° 12.
	500X	Acero con matriz de tipo ferrítica con colonias de perlita, se observa a detalle el tamaño de grano. Fotografía N° 18.
Sección de tubería espesor de 9mm	100X	Acero con gran cantidad de inclusiones no metálicas con tamaño promedio de 17,83 $\mu\text{m}$ (micras) alineadas en la dirección del conformado mecánico, la microestructura corresponde a tipo ferrítico-perlítica, con tamaño de grano según la ASTM E112-12 de G11. Fotografías N° 9 y N° 13.
	500X	Acero con matriz de tipo ferrítica con colonias de perlita, se observa a detalle el tamaño de grano. Fotografía N° 19.
Sección de tubería espesor de 10mm	100X	Acero con gran cantidad de inclusiones no metálicas con tamaño promedio de 46,04 $\mu\text{m}$ (micras) alineadas en la dirección del conformado mecánico, la microestructura corresponde a tipo ferrítico-perlítica, con tamaño de grano según la ASTM E112-12 de G10. Fotografías N° 10 y N° 14.
	500X	Acero con matriz de tipo ferrítica con colonias de perlita, se observa a detalle el tamaño de grano. Fotografía N° 20.

Orden de Trabajo No. 0005297



## 7. CONCLUSION

- Las muestras de tubería de diferentes espesores suministradas al laboratorio por el consorcio ALAO corresponden a un acero de bajo contenido de carbono con microestructura ferrítico-perlítica, con presencia de gran cantidad de inclusiones no metálicas (Ver tabla N° 6).
- Analizando los valores de la dureza (Tabla N° 2) se evidencia que los resultados obtenidos corresponden al acero analizado microestructuralmente.
- La composición química de los elementos se encuentra dentro de los rangos que establece la ficha técnica para este tipo de acero (Q235B).
- Las probetas con soldadura de los diferentes espesores suministrados al laboratorio presentan fusión completa entre pases, libre de fisuras, escorias y poros. Ver Tabla N° 5.

**Nota.** Los ensayos son realizados a temperatura ambiente.

**Atentamente:**

Elaborado por:

Revisado por:

  
Ing. Patricia Proaño  
Especialista del Laboratorio de Metalografía,  
Desgaste y Falla.



  
Ing. Carlos Díaz  
Jefe del Laboratorio de Metalografía,  
Desgaste y Falla.

**Nota:** Se anexan 18 fotografías y las especificaciones técnicas de los equipos utilizados.

## ANEXO FOTOGRÁFICO



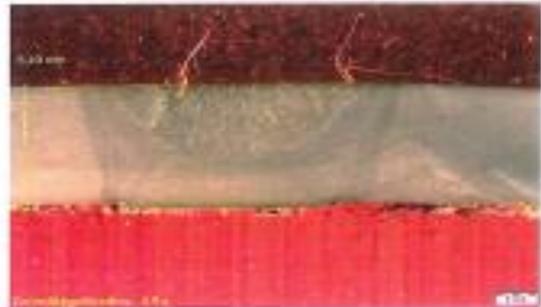
**Fotografía N° 1.** Secciones de tubería, entregados en el laboratorio de Metalografía, Desgaste y Falla.



**Fotografía N° 2.** Muestras de tubería con soldadura, entregados en el laboratorio de Metalografía, Desgaste y Falla.



**Fotografía N° 3.** Sección de tubería espesor de 5 mm con soldadura, fusión completa entre pases, libre de fisuras, escoria y poros.



**Fotografía N° 4.** Sección de tubería espesor de 7 mm con soldadura, fusión completa entre pases, libre de fisuras, escoria y poros.



**Fotografía N° 5.** Sección de tubería espesor de 9 mm con soldadura, fusión completa entre pases, libre de fisuras, escoria y poros.

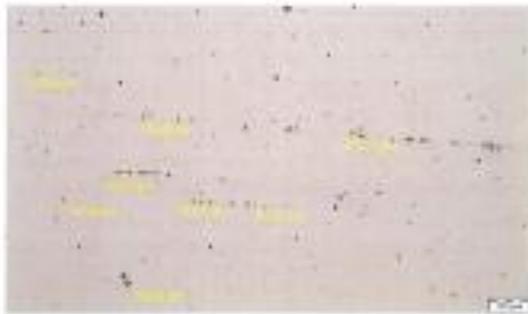


**Fotografía N° 6.** Sección de tubería espesor de 10 mm con soldadura, fusión completa entre pases, libre de fisuras, escoria y poros.

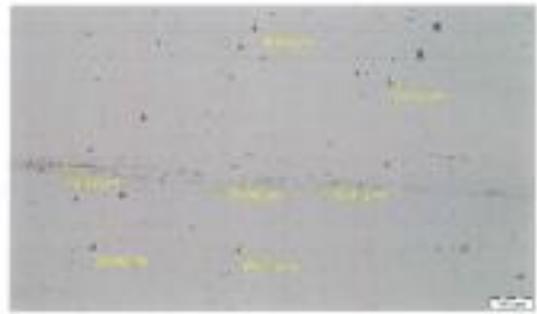
Orden de Trabajo No. 005567



Página 6 de 10



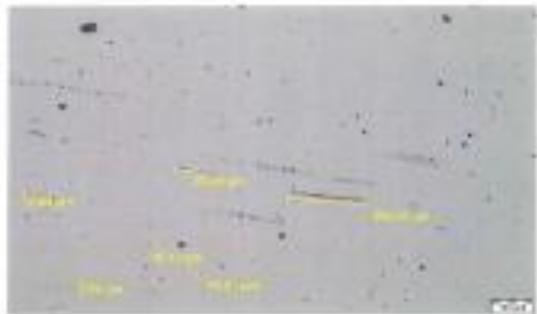
**Fotografía N° 7.** Sección de tubería con espesor de 5 mm, sentido longitudinal con presencia de inclusiones no metálicas de 14,10  $\mu\text{m}$  (micras), en sentido del conformado mecánico del elemento.



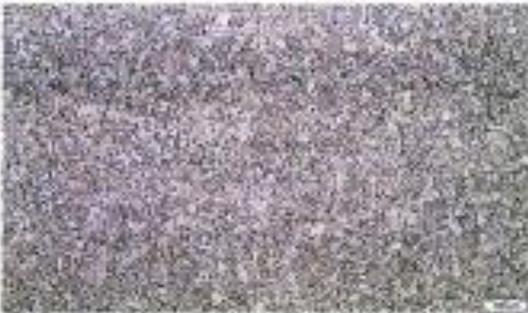
**Fotografía N° 8.** Sección de tubería con espesor de 7 mm, sentido longitudinal con presencia de inclusiones no metálicas de 26,28  $\mu\text{m}$  (micras), en sentido del conformado mecánico del elemento.



**Fotografía N° 9.** Sección de tubería con espesor de 9 mm, sentido longitudinal con presencia de inclusiones no metálicas de 17,83  $\mu\text{m}$  (micras), en sentido del conformado mecánico del elemento.



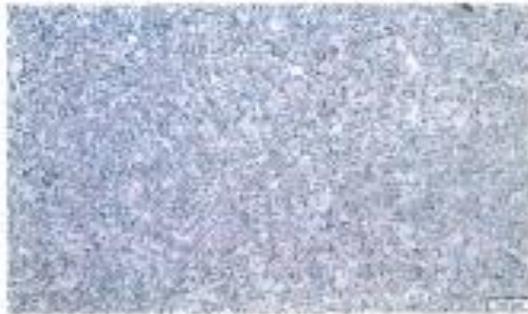
**Fotografía N° 10.** Sección de tubería con espesor de 10 mm, sentido longitudinal con presencia de inclusiones no metálicas de 46,04  $\mu\text{m}$  (micras), en sentido del conformado mecánico del elemento.



**Fotografía N° 11.** Sección de tubería con espesor de 5 mm, sentido longitudinal, microestructura de tipo ferrítico-perlítica, con tamaño de grano según la ASTM E112-12 de G11.



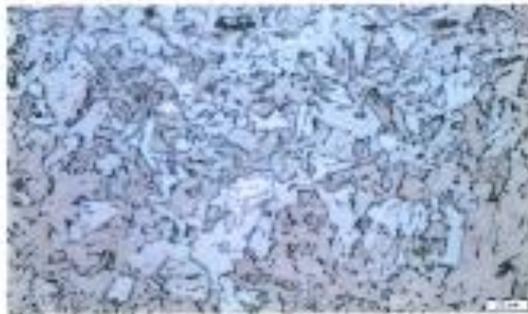
**Fotografía N° 12.** Sección de tubería con espesor de 7 mm, sentido longitudinal, microestructura de tipo ferrítico-perlítica, con tamaño de grano según la ASTM E112-12 de G10.



**Fotografía N° 13.** Sección de tubería con espesor de 9 mm, sentido longitudinal, microestructura de tipo ferrítico-perlítica, con tamaño de grano según la ASTM E112-12 de G11.



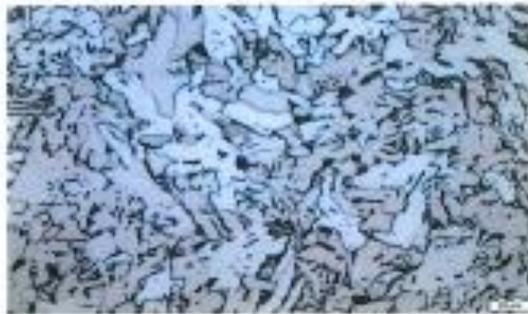
**Fotografía N° 14.** Sección de tubería con espesor de 10 mm, sentido longitudinal, microestructura de tipo ferrítico-perlítica, con tamaño de grano según la ASTM E112-12 de G10.



**Fotografía N° 15.** Sección de tubería con espesor de 5 mm, sentido longitudinal, matriz correspondiente a una de tipo ferrítica con colonias de perlita.



**Fotografía N° 16.** Sección de tubería con espesor de 7 mm, sentido longitudinal, matriz correspondiente a una de tipo ferrítica con colonias de perlita.



**Fotografía N° 17.** Sección de tubería con espesor de 9 mm, sentido longitudinal, matriz correspondiente a una de tipo ferrítica con colonias de perlita.



**Fotografía N° 18.** Sección de tubería con espesor de 10 mm, sentido longitudinal, matriz correspondiente a una de tipo ferrítica con colonias de perlita.

## ANEXO DE EQUIPOS UTILIZADOS

Tabla A 1 Especificaciones de la máquina de corte de disco circular de mano

Descripción	Especificación	Imagen
Marca:	MILWAUKEE	
Modelo:	6430-058A	
Potencia:	1600 [W]	
Serie:	6370-21(A35B908180015)	

(Fuente: Propia, 2018)

Tabla A 2 Especificaciones de la máquina desbastadora y pulidora

Descripción	Especificación	Imagen
Marca:	METKON	
Modelo:	FORCIPOL 2V	
Voltaje:	220 [V]	
Diámetro de platos:	250 [mm]	
Año:	2018	

(Fuente: Propia, 2018)

Tabla A 3 Especificaciones del equipo para el ensayo de durezas

Descripción	Especificación	Imagen
Marca:	HARDROKER	
Modelo:	HR- 150*	
Indentador:	Rockwell	
Peso:	60 [kg]	
Fecha de Verificación:	2018-06-25	

(Fuente: Propia, 2018)



Tabla A 4 Especificaciones del microscopio metalográfico invertido

Descripción	Especificación	Imagen
Marca:	OLYMPUS	
Modelo:	GX41F	
Objetivos:	5X – 10X – 20X – 50X – 100X	
Software:	STREAM ESSENTIALS	
Fecha de Verificación:	2017-07-05	

(Fuente: Propia, 2018)

Tabla A 5 Especificaciones del estereomicroscopio trinocular

Descripción	Especificación	Imagen
Marca:	OLYMPUS	
Modelo:	SZX7	
Rango de magnificación:	0.4x a 2.8x	
Software:	STREAM ESSENTIALS	
Fecha de Verificación:	2017-07-06	

(Fuente: Propia, 2018)





# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

DEPARTAMENTO DE MATERIALES

LABORATORIO DE FUNDICIÓN



## INFORME TÉCNICO

Solicitado por: Consorcio ALAO

Tipo de Trabajo: Espectrometría por chispa

Fecha: 03 de enero del 2019

Realizado por: Ing. Oscar Solomayor/Ing. Luis G. Huilca

Descripción: Muestras de material metálico.

Cotización N°: 42 00009

### 1. ANTECEDENTES.

Se recibe en el Laboratorio de Fundición de la Escuela Politécnica Nacional cuatro probetas de material metálico.

Se solicita realizar la prueba de espectrometría con la finalidad de determinar los componentes presentes en las muestras entregadas.

### 2. IDENTIFICACIÓN DE LAS PROBETAS.

Las probetas para los análisis correspondientes son identificadas como se muestra a continuación:

Nombre	Identificación de la probeta	Identificación Gráfica
Pipe Samples	M thickness 5 mm	





Pipe Samples	M thickness 7 mm	
	M thickness 9 mm	
	M thickness 10 mm	

### 3. ANTECEDENTES TÉCNICOS

3.1. **Limpieza Superficial:** Según norma ASTM E415 – 17 Standard Test Method for Analysis of Carbon and Low-Alloy Steel by Spark Atomic Emission Spectrometry

3.2. **Método:** Fe 110 Low Alloy

### 4. VALORES OBTENIDOS

El análisis de espectrometría por chispa se realiza empleando el espectrómetro marca BRUKER modelo Q2 ION. Para el análisis se tomaron 3 mediciones en distintos puntos del espécimen y finalmente se promediaron los valores respectivos:





# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

DEPARTAMENTO DE MATERIALES

LABORATORIO DE FUNDICIÓN



Elemento	M thickness 5 mm	M thickness 7 mm	M thickness 9 mm	M thickness 10 mm
	Valor [%]	Valor [%]	Valor [%]	Valor [%]
Carbono [C]	0,123	0,145	0,137	0,123
Silicio [Si]	0,106	0,101	0,091	0,092
Manganeso [Mn]	0,340	0,322	0,343	0,178
Fósforo [P]	0,017	0,0032	0,013	0,0047
Cromo [Cr]	0,028	0,013	0,033	0,026
Níquel [Ni]	0,015	0,010	0,016	0,012
Cobre [Cu]	0,0099	0,0064	0,013	0,014
Aluminio [Al]	0,0051	0,0036	0,0037	0,0026
Hierro [Fe]	99,35	99,39	99,34	99,54
<b>Total</b>	<b>99,99</b>	<b>99,99</b>	<b>99,99</b>	<b>99,99</b>

Ing. Luis G. Huilca

**Técnico Responsable**

Ing. Oscar E. Sotomayor Msc.

**Jefe del Laboratorio de  
Fundición.**



Con la finalidad de mejorar nuestros servicios, solicitamos de la manera más comedida se llene la encuesta mediante la captura del código QR adjunto, agradecemos su colaboración



Sample: Pipe thickness 5mm

Analysis Time: 02.01.2019 11:08:55

Method: Fe110

	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
Ø	0,123	0,106	0,340	0,017	<0,0030
	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Cu [%]	Al [%]
Ø	0,026	<0,0050	0,015	0,0099	0,0051
	Co [%]	Nb [%]	Ti [%]	V [%]	W [%]
Ø	0,0049	<0,0050	<0,0020	<0,0030	<0,020
	B [%]	Sn [%]	Fe [%]		
Ø	<0,0010	<0,0020	99,35		



Bruker Analysis Report



Sample: Pipe thickness 7mm  
 Analysis Time: 02.01.2019 11:28:00

Method: Fe110

	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
Ø	0,145	0,101	0,322	0,0032	<0,0030
	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Cu [%]	Al [%]
Ø	0,013	<0,0050	0,010	0,0064	0,0036
	Co [%]	Nb [%]	Ti [%]	V [%]	W [%]
Ø	0,0040	<0,0050	<0,0020	<0,0030	<0,020
	B [%]	Sn [%]	Fe [%]		
Ø	0,0013	<0,0020	98,38		



Bruker Analysis Report



Sample:	Pipe thickness 9mm				
Analysis Time:	02.01.2019 11:40:33		Method: Fe110		
	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
Ø	0,137	0,091	0,343	0,013	<0,0030
	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Cu [%]	Al [%]
Ø	0,033	<0,0050	0,018	0,013	0,0037
	Co [%]	Nb [%]	Ti [%]	V [%]	W [%]
Ø	0,0049	<0,0050	<0,0020	<0,0030	<0,020
	B [%]	Sn [%]	Fe [%]		
Ø	0,0012	<0,0020	99,34		



Bruker Analysis Report



Sample: Pipe thickness 10mm

Analysis Time: 02.01.2019 12:05:35

Method: Fe110

	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
∅	0,123	0,092	0,178	0,0047	<0,0030
	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Cu [%]	Al [%]
∅	0,026	<0,0050	0,012	0,014	0,0026
	Co [%]	Nb [%]	Ti [%]	V [%]	W [%]
∅	0,0057	<0,0050	<0,0020	<0,0030	<0,020
	B [%]	Sn [%]	Fe [%]		
∅	0,0017	<0,0020	99,54		



## Anexo C: Informe de ensayos de Doblado CFPM-Carroceros



Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Carroceros



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

### RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

<b>Informe N°:</b> 180397057120190724-EDS	
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>	
<b>Empresa / Cliente:</b> Ing. Israel Jacinto Amancha Torres.	
<b>Dirección:</b> Av. Indoamérica Km 4 ½.	
<b>Núm. de cédula / RUC:</b> 1803970571	<b>Teléfono:</b> 0992886203.
<b>E-mail:</b> jatos2012@hotmail.com	

<b>DATOS INFORMATIVOS</b>	
<b>Laboratorio:</b> Resistencia de Materiales.	
<b>Designación del material:</b> Material metálico: Acero ASTM A36.	
<b>Método de ensayo:</b> AWS D1.1: 2009: Ensayos destructivos de soldaduras en materiales metálicos. Ensayos de flexión.	

#### Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Descripción	Probetas a Ensayar
1	180397057120190724-EDS 01	Acero ASTM A36.	2
<b>Total</b>			<b>2</b>

**Nota:** La declaración de la designación de los materiales es de responsabilidad del cliente, el laboratorio no certifica que los materiales sean conformes a las normas respectivas de fabricación. La fabricación de las probetas en tipo y cantidad es de responsabilidad del cliente.



ENSAYO SOLICITADO			
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	180397057120190724-EDS 01-1	Cumple criterios dimensionales.	21/07/2019
2	180397057120190724-EDS 01-2	Cumple criterios dimensionales.	21/07/2019

**DATOS INFORMATIVOS:** De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

**NOTA:** LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

<b>Elaborado por:</b> Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	<b>Aprobado por:</b> Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	



**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES  
ENSAYOS DESTRUCTIVOS DE SOLDADURAS EN MATERIALES  
METÁLICOS. ENSAYOS DE FLEXIÓN**

**INFORME DE RESULTADOS N°: 180397057120190724-EDS**

**DATOS GENERALES**

**N° de proforma:** RM\_2019\_051  
**Empresa / Clientes:** Ing. Israel Jacinto Amancha Torres.  
**RUC/C.I.:** 1803970571 **Ciudad:** Ambato.  
**Dirección:** Av. Indoamérica Km 4 ½. **Correo:** jatos2012@hotmail.com  
**Teléfono:** 0992886203.  
**Lugar de Ejecución del Ensayo:** Laboratorio de Resistencia de Materiales.  
**Dirección:** Ambato/Catiglatá. Toronto y Rio de Janeiro.  
**Método de ensayo:** AWS D1.1: 2009: Ensayos destructivos de soldaduras en materiales metálicos. Ensayos de flexión.  
**Tipo de ensayo:** Cualitativo.  
**Tipo de probeta:** Plana  
**Equipo utilizado:** Máquina de ensayos universal Metrotest 1500 KN.  
**Modelo:** MTE 1500 **Serie:**8210M002  
**Velocidad de ensayo:** 100 mm/min **Precarga:** 2000 N  
**Designación del material:** Probetas soldadas.  
**Fecha de Inicio de Ensayo:**18/07/2019 **Fecha de Finalización de Ensayo:** 18/07/2019  
 Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas soldadas en Acero ASTM A36. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

**OBJETOS DE ENSAYO**

**Número de Probetas cuantificadas.**

N°	Identificación del grupo	Descripción	Probetas a Ensayar
1	180397057120190724-EDS 01	Acero ASTM A36	2
<b>Total</b>			2

**Observaciones:** La fabricación de las probetas y su configuración, están de acuerdo según especificaciones declaradas por el cliente.

**Nota:** La declaración de la designación de los materiales es de responsabilidad del cliente, el laboratorio no certifica que los materiales sean conformes a las normas respectivas de fabricación. La fabricación de las probetas en tipo y cantidad es de responsabilidad del cliente.

	
<b>Elaborado por:</b> Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	<b>Aprobado por:</b> Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC



**Lugar y fecha de emisión de Informe:** Ambato, 15 de agosto de 2019  
**N°. Factura:**001-002-000007495

### Resultados:

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones del objeto de ensayo (mm)			Distancia entre apoyos (mm)	Diámetro del rodillo (mm)	Angulo de doblez	Longitud de las indicaciones (mm)	Evaluación del ensayo
				Longitud	Ancho	Espesor					
1	180455426720190716-EDS 01-1	24,4	53,5	200	40	6	60,3	38,1	180 °	Ninguna	Conforme
2	180455426720190716-EDS 01-2	24,3	53,2	200	40	6	60,3	38,1	180 °	Ninguna	Conforme

**Criterio de Evaluación:** De acuerdo a la norma AWS D1.1. La superficie convexa de las muestras para ensayo de doblez deberá ser inspeccionada visualmente para verificar discontinuidades superficiales. Para su aceptación, la superficie no debe tener discontinuidades que excedan las siguientes dimensiones:

- (1) 1/8 Pulg. (3mm) medida en cualquier dirección sobre la superficie.
- (2) 3/8 Pulg. (10mm). La suma de las mayores dimensiones de todas las discontinuidades que excedan en 1/32 Pulg. (1mm), pero menores o igual a 1/8 Pulg. (3mm).
- (3) 1/4 Pulg. (6mm), la máxima dimensión de la grieta en el borde, excepto cuando dicha grieta sea el resultado de una visible inclusión de escoria u otros tipos de discontinuidades por fusión, entonces solo se permite 1/8 Pulg. (3mm) como máximo. Las muestras con grietas en el borde que exceden 1/4 Pulg. (6mm) con evidencia de que no hay inclusiones de escoria u otras discontinuidades por falta de fusión, deben ser descartadas y reemplazadas por otras de la misma junta soldada.

**Nota:** Sin observaciones durante el ensayo.



Centro de Fomento Productivo  
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

**Anexos fotográficos:**



Código: RG-RM-013  
Fecha de Elaboración: 11-05-2016  
Fecha de última aprobación: 10-01-2017  
Revisión: 1

INFORME ENSAYO DE FLEXIÓN DE MATERIALES METALICOS

Página 3 de 3



Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

**HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS**

<b>Informe N°:</b> 180397057120190724-EDS
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>
<b>Empresa / Cliente:</b> Ing. Israel Jacinto Amancha Torres.
<b>Dirección:</b> Av. Indoamérica Km 4 ½.
<b>Núm. de cédula / RUC:</b> 1803970571
<b>E-mail:</b> jatos2012@hotmail.com
<b>Teléfono:</b> 0992886203.

<b>DATOS INFORMATIVOS</b>
<b>Laboratorio:</b> Resistencia de Materiales.
<b>Designación del material:</b>
<b>Material metálico:</b> Acero ASTM A36.
<b>Método de ensayo:</b>
<b>AWS D1.1:</b> 2009; Ensayos destructivos de soldaduras en materiales metálicos. Ensayos de flexión.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180397057120190724-EIM 01-1	21/07/2019	02/08/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
2	180397057120190724-EIM 01-2	21/07/2019	02/08/2019	Cliente	Se entrega al cliente	

Código: RG-RM-003  
Fecha de Elaboración: 06-07-2016  
Fecha de última aprobación: 17-01-2017  
Revisión: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO  
DE MUESTRAS

Página 1 de 2

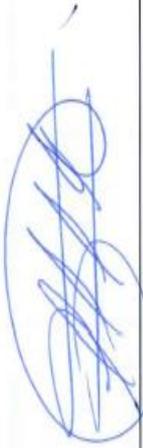


Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

Por acuerdo con el cliente las muestras son entregadas en su totalidad, el centro no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las mismas, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

	
<b>Elaborado por:</b> Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	<b>Aprobado por:</b> Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
 Cliente	

Código: RG-RM-003  
Fecha de Elaboración: 06-07-2016  
Fecha de última aprobación: 17-01-2017  
Revisión: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO  
DE MUESTRAS

## Anexo D: Informe de ensayos de Impacto-Charpy CFPM-Carroceros



Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Carroceros



### RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

<b>Informe N°:</b> 180397057120190724-EIM	
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>	
<b>Empresa / Cliente:</b> Ing. Israel Jacinto Amancha Torres.	
<b>Dirección:</b> Av. Indoamérica Km 4 ½.	
<b>Núm. de cédula / RUC:</b> 1803970571	<b>Teléfono:</b> 0992886203.
<b>E-mail:</b> jatos2012@hotmail.com	

<b>DATOS INFORMATIVOS</b>
<b>Laboratorio:</b> Resistencia de Materiales.
<b>Designación del material:</b> Material metálico: Acero ASTM A36.
<b>Método de ensayo:</b> ASTM E23 – 16b Método de prueba estándar para Prueba de Impacto de Barras de Materiales Metálicos.

#### Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Descripción	Probetas a Ensayar
1	180397057120190724-EIM 01	Acero estructural	5
<b>Total</b>			<b>5</b>

**Nota:** La declaración de la designación de los materiales es de responsabilidad del cliente, el laboratorio no certifica que los materiales sean conformes a las normas respectivas de fabricación. La fabricación de las probetas en tipo y cantidad es de responsabilidad del cliente.



ENSAYO SOLICITADO			
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	180397057120190724-EIM 01-1	Cumple criterios dimensionales.	21/07/2019
2	180397057120190724-EIM 01-2	Cumple criterios dimensionales.	21/07/2019
3	180397057120190724-EIM 01-3	Cumple criterios dimensionales.	21/07/2019
4	180397057120190724-EIM 01-4	Cumple criterios dimensionales.	21/07/2019
5	180397057120190724-EIM 01-5	Cumple criterios dimensionales.	21/07/2019

**DATOS INFORMATIVOS:** De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

NOTA: LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Ing. Fernando Galarza Chacón Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	

**LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES**  
**ENSAYO DE IMPACTO CHARPY DE MATERIALES METÁLICOS**  
**INFORME DE RESULTADOS N°: 180397057120190724-EIM**

**DATOS GENERALES**

**N° de proforma:** RM\_2019\_051  
**Empresa / Cliente:** Ing. Israel Jacinto Amancha Torres.  
**RUC/C.I.:** 1803970571 **Ciudad:** Ambato.  
**Dirección:** Av. Indoamérica Km 4 ½. **Teléfono:** 0992886203.  
**Correo:** jatos2012@hotmail.com  
**Datos del ensayo**  
**Lugar de Ejecución del Ensayo:** Laboratorio de Resistencia de Materiales.  
**Dirección:** Ambato/Catigлата. Toronto y Río de Janeiro.  
**Método de ensayo:** ASTM E23. Ensayo de impacto para materiales metálicos a temperatura ambiente. Sub espécimen 2A.  
**Tipo de ensayo:** Cuantitativo.  
**Energía utilizada (J):** 450(J)  
**Tipo de muestra:** Entalle en "U".  
**Equipo utilizado:** Máquina de ensayos Charpy. PIC 450 J.  
**Modelo:** PIC 450/C **Serie:** M152552AR14.  
**Fecha de Inicio de Ensayo:** 02/08/2019 **Fecha de Finalización de Ensayo:** 02/08/2019

Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de Acero ASTM A36 Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

**OBJETOS DE ENSAYO**

**Número de Probetas cuantificadas:**

N°	Identificación del grupo	Descripción	Probetas a Ensayar
1	180397057120190724-EIM 01	Acero ASTM A36	5
<b>Total</b>			5

**Observaciones:** La fabricación de la probeta para la ejecución del ensayo de Resistencia al impacto es responsabilidad del cliente.

**Nota:** La declaración de la designación de los materiales es de responsabilidad del cliente, el laboratorio no certifica que los materiales sean conformes a las normas respectivas de fabricación. La fabricación de las probetas en tipo y cantidad es de responsabilidad del cliente.

	
<b>Elaborado por:</b> Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	<b>Aprobado por:</b> Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

**Lugar y fecha de emisión de Informe:** Ambato, 15 de agosto de 2019.

**N°. Factura:** 001-002-000007495.



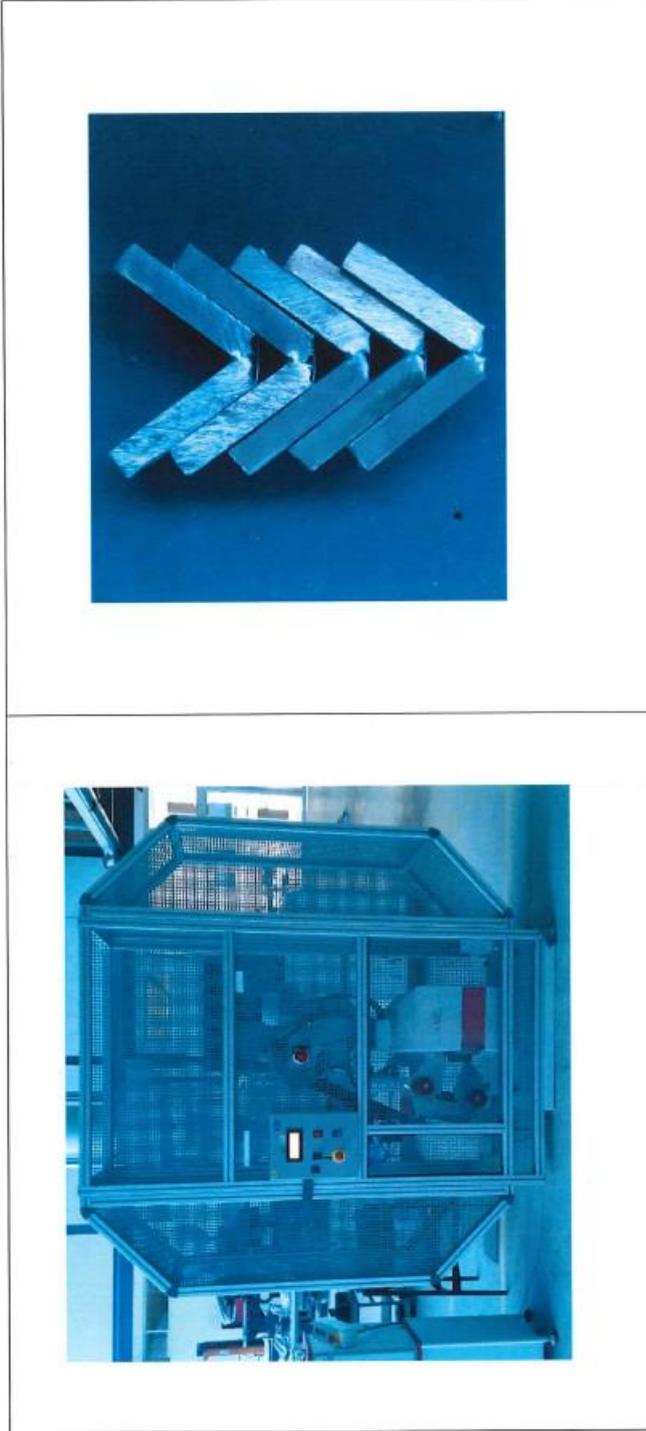
**Resultados:**

**ASTM A36 5 mm**

Ítem	Identificación de probeta	Temperatura °C	Humedad Relativa %	Sección transversal de la probeta			Energía absorbida (J)	Resistencia al impacto (KCU) (J/cm <sup>2</sup> )	Aspecto de la fractura (% de cizallamiento)	Fractura de la probeta	
				Altura (cm)	Ancho (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )				SI	NO
1	180397057120190724-EIM 01-1	22,5	54,5	0,577	0,417	0,241	58,29	242,260	60	X	
2	180397057120190724-EIM 01-2	22,5	54,5	0,539	0,402	0,217	53,67	247,695	60	X	
3	180397057120190724-EIM 01-3	22,5	54,5	0,519	0,456	0,237	70,28	296,961	60	X	
4	180397057120190724-EIM 01-4	22,5	54,5	0,516	0,436	0,225	64,45	286,475	60	X	
5	180397057120190724-EIM 01-5	22,5	54,5	0,552	0,356	0,197	53,67	273,113	60	X	
							Promedio $\bar{X}$	60,747			
							Desviación estándar $S_{n-1}$	8,573			
							Coefficiente de variación CV	14,113			

**Observaciones:** Ninguna

**Anexos fotográficos:**





Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

**HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS**

<b>Informe N°:</b> 180397057120190724-EIM	
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>	
<b>Empresa / Cliente:</b> Ing. Israel Jacinto Amancha Torres.	
<b>Dirección:</b> Av. Indoamérica Km 4 ½.	
<b>Núm. de cédula / RUC:</b> 1803970571	<b>Teléfono:</b> 0992886203.
<b>E-mail:</b> jatos2012@hotmail.com	

<b>DATOS INFORMATIVOS</b>	
<b>Laboratorio:</b> Resistencia de Materiales.	
<b>Designación del material:</b>	
Material metálico: Acero ASTM A36.	
<b>Método de ensayo:</b>	
ASTM E23 – 16b Método de prueba estándar para Prueba de Impacto de Barras de Materiales Metálicos.	

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180397057120190724-EIM 01-1	21/07/2019	02/08/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
2	180397057120190724-EIM 01-2	21/07/2019	02/08/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
3	180397057120190724-EIM 01-3	21/07/2019	02/08/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
4	180397057120190724-EIM 01-4	21/07/2019	02/08/2019	Cliente	Se entrega al cliente	
5	180397057120190724-EIM 01-5	21/07/2019	02/08/2019	Cliente	Se entrega al cliente	

Código: RG-RM-003  
Fecha de Elaboración: 06-07-2016  
Fecha de última aprobación: 17-01-2017  
Revisión: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO  
DE MUESTRAS

Por acuerdo con el cliente las muestras son entregadas en su totalidad, el centro no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las mismas, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

	
<p><b>Elaborado por:</b> Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Area de Ensayos e Inspecciones CFPMC</p>	<p><b>Aprobado por:</b> Ing. Fernando Galarza Chacón Mg. Analista Técnico Area de Ensayos e Inspecciones CFPMC</p>
 <p>Cliente</p>	

## Anexo E: Informe de ensayos de Dureza, Espectrometría, Metalográfico, y Químico CFPM-Carroceros



Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Carroceros



**Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua**

### RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

<b>Informe N°:</b> 180397057120190822-CMM	
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>	
<b>Empresa / Cliente:</b> Ing. Israel Jacinto Amancha Torres.	
<b>Dirección:</b> Av. Indoamérica Km 4 ½, Ambato.	
<b>Núm. de cédula / RUC:</b> 1803970571	<b>Teléfono:</b> 0992886203.
<b>E-mail:</b> jatos2012@hotmail.com	

<b>DATOS INFORMATIVOS</b>
<b>Laboratorio:</b> Análisis Metalográfico
<b>Designación del material:</b> Material metálico: Acero A36
<b>Métodos de ensayo:</b> NTE INEN ISO 6506-1. Materiales metálicos- Ensayo de dureza. ASTM E1085 2016: Método de prueba estándar para el análisis de los aceros de baja aleación por longitud de onda dispersiva de rayos X espectrometría de fluorescencia. ASTM E3-2011: Guía estándar para la preparación de muestras metalográficas. ASTM E112-2011: Medición de tamaño de grano. ASTM E- 407: Ataque químico. Práctica estándar para metales y aleaciones.

#### Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Material	Probetas a Ensayar
1	180397057120190822-CMM 01	Acero A36 5 mm.	2
<b>Total</b>			<b>2</b>

**Nota:** La fabricación de las probetas en tipo y cantidad es declarada por el cliente.



ENSAYO SOLICITADO			
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	180397057120190822-CMM 01-1	Cumple con los criterios dimensionales.	2019/08/15
2	180397057120190822-CMM 01-2	Cumple con los criterios dimensionales.	2019/08/15

**DATOS INFORMATIVOS:** De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

**NOTA:** LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

<b>Elaborado por:</b> Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC.	<b>Aprobado por:</b> Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC.
Cliente	



**LABORATORIO DE ANÁLISIS METALGRÁFICO  
CARACTERIZACIÓN METALÚRGICA DE MATERIALES  
INFORME DE RESULTADOS N°: 180397057120190822-CMM**

**DATOS GENERALES**

**N° de proforma:** AM\_2019\_021.  
**Empresa / Cliente:** Ing. Israel Jacinto Amancha Torres.  
**RUC/C.I.:** 1803970571                      **Ciudad:** Ambato.  
**Dirección:** Av. Indoamérica Km 4 ½.  
**Teléfono:** 0992886203.                      **Correo:** jatos2012@hotmail.com

**DATOS DEL ENSAYO:**

**Lugar de Ejecución del Ensayo:** Laboratorio de Análisis Metalográfico.  
**Dirección:** Ambato/Catiglata. Toronto y Río de Janeiro.  
 Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de *Acero A36*. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Análisis Metalográfico del CFPMC del H.G.P. Tungurahua.

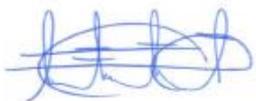
**OBJETOS DE ENSAYO**

**Número de Probetas cuantificadas**

N°	Identificación del grupo	Material	Probetas a Ensayar
1	180397057120190822-CMM 01	Acero A36 5mm.	2
<b>TOTAL</b>			2

**Observaciones:** Ninguna

**Nota:** La declaración de la designación de los materiales es de responsabilidad del cliente, el laboratorio no certifica que los materiales sean conformes a las normas respectivas de fabricación. La fabricación de las probetas en tipo y cantidad es de responsabilidad del cliente.

	
<b>Elaborado por:</b> Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	<b>Aprobado por:</b> Ing. Fernando Galarza Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

**Lugar y fecha de emisión de Informe:** Ambato, 23 de agosto de 2019.



**ENSAYO DE DUREZA BRINELL**

**Método de ensayo:** NTE INEN ISO 6506-1. Materiales metálicos- Ensayo de dureza Brinell- Parte 1: Método de ensayo.  
**Equipo utilizado:** Durómetro ERNST. **Modelo:** NR3 DR. **Serie:** 4651.  
**Tipo de ensayo:** Cuantitativo. **Tiempo de duración de la fuerza:** 10 s.  
**Última verificación de máquina:** RG-AM-003.  
**Patrón utilizado:** PR3. AlMgSiO-10mm 95,4 HB/30 ± 5.  
**Verificación de la máquina por medio de patrón:** 97 HB/30 (ACEPTABLE).  
**Fecha de Inicio de Ensayo:** 2019/08/13. **Fecha de Finalización de Ensayo:** 2019/08/13.

**Resultados:**

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL	
				Medición	Valor
1	18039705712019082-CMM 01-1	22,7	55,1	Medición 1	139
				Medición 2	137
				Medición 3	138
				Medición 4	138
				Medición 5	137
				Promedio $\bar{x}$	137,80
				Desviación estándar $S_{n-1}$	0,84
				Coeficiente de variación CV	0,61

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dureza BRINELL	
				Medición	Valor
2	180397057120190822-CMM 01-2	22,9	53,3	Medición 1	139
				Medición 2	139
				Medición 3	139
				Medición 4	139
				Medición 5	138
				Promedio $\bar{x}$	138,80
				Desviación estándar $S_{n-1}$	0,45
				Coeficiente de variación CV	0,32

**Observaciones del ensayo:** Ninguna

**Nota:** Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser usado con fines publicitarios y no debe ser reproducido total ni parcialmente.



**ENSAYO DE COMPOSICIÓN QUÍMICA. ESPECTROMETRÍA POR  
FLUORESCENCIA DE RAYOS X**

**Designación de material:** Acero A36.

**Equipo utilizado:** Espectrómetro OLYMPUS DPO2000-C Serie: 541828

**Energía:** 40 keV. **Precisión:** 0,01. **Corriente de funcionamiento:** 0.2 mA.

**Patrón de calibración:** Acero inoxidable 316. OLYMPUS Serie: 781-419-3900

**Código de identificación del patrón de verificación:** Waltham, MA 02453

**VERIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN DEL EQUIPO**

**Fecha de verificación:** 13 de agosto de 2019.

**Realizado por:** Ing. Esteban López Espinel MEng.

**Método de utilizado:** Comparación por Fluorescencia de Rayos X (XRF) por energía dispersiva (ED) de Materiales

**Resultado de la Verificación:** Aceptada.

**Hora:** 15 horas 10 minutos.

**Temperatura del ensayo:** 22,4 °C.

**Conteos por segundo:** 36307.

**Resolución (EV):** 146.

Ver: Anexo 1. 08/13/19 #3

**MÉTODO DE ENSAYO**

**Fecha de Inicio de Ensayo:** 13 de agosto de 2019.

**Tipo de ensayo:** Cuantitativo.

**Método de ensayo:** ASTM E1085 2016: Método de prueba estándar para el análisis de los aceros de baja aleación por longitud de onda dispersiva de rayos X espectrometría de fluorescencia.

**Temperatura del ensayo:** 22,7° C

**RESULTADOS DE ENSAYO**

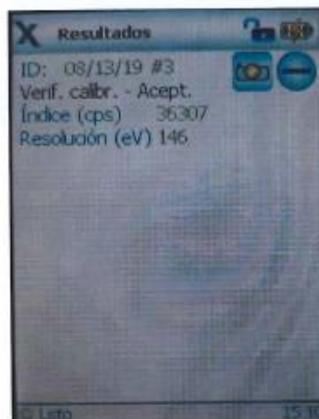
Probeta		Elementos			Material especificado	Evidencia
		Fe.	Mn.	Cr.		
180397057120190822- CMM 01-1	% Contenido	99,60	0,37	0,029	Carbon Steel	Anexo 2. 08/13/19 #7
	+/- Error	0,02	0,02	0,009		

**Nota:** El contenido de Carbono (C) se determinará de acuerdo al porcentaje de Perlita y Ferrita visualizados en la fotografía Microestructura magnificada a 200X.

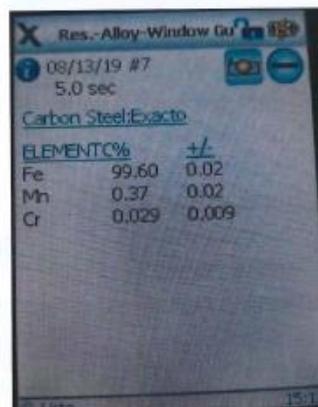


**Anexos.**

Anexo 1. 08/13/19 #3



Anexo 2. 08/13/19 #7





### PREPARACIÓN Y ANÁLISIS MICROESTRUCTURAL

**Métodos de ensayos:**

ASTM E3-2011: Guía estándar para la preparación de muestras metalográficas.

ASTM E- 407: Ataque químico. Práctica estándar para metales y aleaciones.

**Equipo utilizado:** Microscopio Metalográfico Olympus. **Modelo:** BX41M-LED  
**Serie:** 4A42787

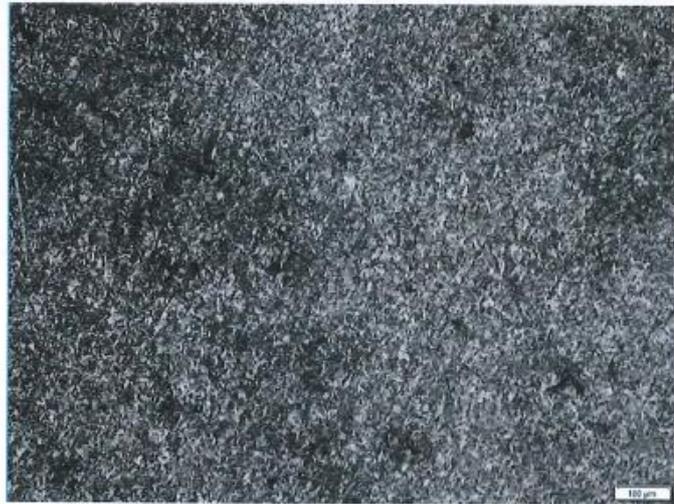
**Tiempo de ataque:** 9 seg.

**Ataque químico de la superficie con:** Nital 4%.

**Fecha de Inicio de Ensayo:** 2019/08/15. **Fecha de Finalización de Ensayo:** 2019/08/15.

### RESULTADOS

**Figura 1.** Microestructura magnificada a 100X.



**Figura 2.** Microestructura magnificada a 200X.

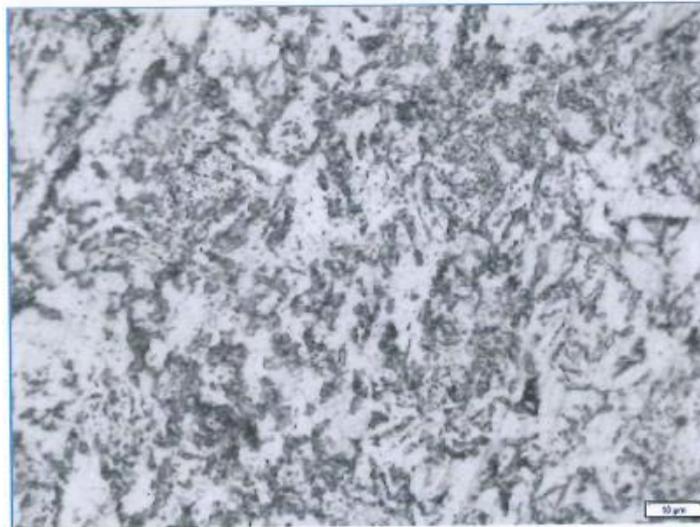




**Figura 3.** Microestructura magnificada a 500X

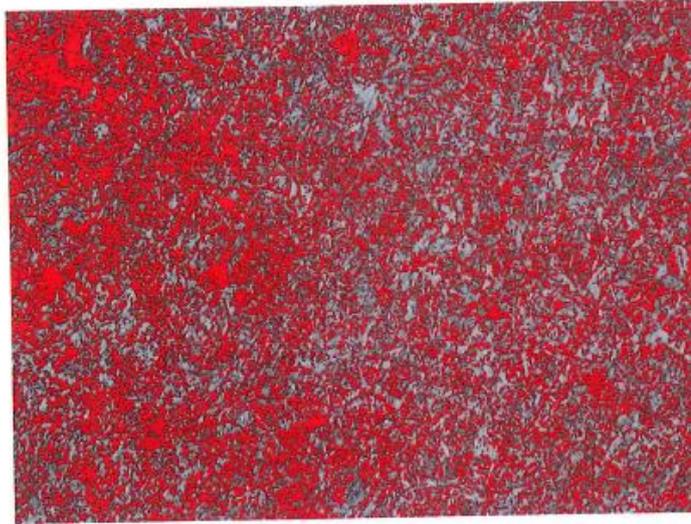


**Figura 4.** Microestructura magnificada a 1000X.





**Figura 4.** Microestructura magnificada a 200X segmentada.



**Estimación de % de Carbono:** 0,229

**Observación de caracterización de material:**

Según los resultados obtenidos en los ensayos de: dureza Brinell, espectrometría por fluorescencia de rayos X y análisis microestructural se caracteriza el material como un **acero semisuave de bajo contenido de carbono**, de manera adicional de acuerdo al porcentaje de elementos químicos que forman el acero se lo considera un **acero no aleado**.



Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Carrocero



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

**HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS**

<b>Informe N°:</b> 180397057120190822-CMM
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>
<b>Empresa / Cliente:</b> Ing. Israel Jacinto Amancha Torres.
<b>Dirección:</b> Av. Indoamérica Km 4 ½, Ambato.
<b>Núm. de cédula / RUC:</b> 1803970571
<b>E-mail:</b> jatos2012@hotmail.com
<b>Teléfono:</b> 0992886203.

**DATOS INFORMATIVOS**

<b>Laboratorio:</b> Análisis Metalográfico
<b>Designación del material:</b> Material metálico: Acero A36.
<b>Método de ensayo:</b> NTE INEN ISO 6506-1. Materiales metálicos- Ensayo de dureza. ASTM E1085 2016: Método de prueba estándar para el análisis de los aceros de baja aleación por longitud de onda dispersiva de rayos X espectrometría de fluorescencia. ASTM E3-2011: Guía estándar para la preparación de muestras metalográficas. ASTM E112-2011: Medición de tamaño de grano. ASTM E- 407: Ataque químico. Práctica estándar para metales y aleaciones.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180397057120190822-CMM 01-1	2019/08/15	2019/08/23	Cliente	Se entrega al cliente	

Código: RG-AM-009  
Fecha de Elaboración: 22-05-2018  
Fecha de última aprobación: 22-05-2018  
Revisión: 1

HOJA DE ALMACENAMIENTO  
DE MUESTRAS



N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
2	180397057120190822-CMM 01-2	2019/08/15	2019/08/23	Cliente	Se entrega al cliente	

Todas las probetas del grupo por acuerdo son entregadas al cliente, el CFPMC no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

	
<b>Elaborado por:</b> Ing. Fernando Tíban R Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	<b>Aprobado por:</b> Ing. Fernando Galarza Chacón Mg. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
	
Cliente	



## Anexo F: Informe de ensayos Macroscópico CFPM-Carroceros



Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Carrocero



### RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

<b>Informe N°:</b> 180397057120190822-EMS	
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>	
<b>Empresa / Cliente:</b> Israel Jacinto Amancha Torres.	
<b>Dirección:</b> Av. Indoamérica Km 4 ½, Ambato.	
<b>Núm. de cédula / RUC:</b> 1803970571	<b>Teléfono:</b> 0992886203.
<b>E-mail:</b> jatos2012@hotmail.com.	

<b>DATOS INFORMATIVOS</b>
<b>Laboratorio:</b> Análisis Metalográfico
<b>Designación del material:</b> Material metálico: Acero A 36 con proceso de soldadura.
<b>Método de ensayo:</b> ISO 17639:2003 Ensayos destructivos de soldaduras en materiales metálicos - Examen macroscópico y microscópico de soldaduras.

#### Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación del grupo	Material base	Probetas a Ensayar
1	180397057120190822-EMS 01	Acero A36 5 mm.	2
<b>Total</b>			<b>2</b>

**Nota:** La fabricación de las probetas en tipo, cantidad y proceso de soldadura es declarada por el cliente.



ENSAYO SOLICITADO			
No.	No. DE PROBETA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	180397057120190822-EMS 01-1	Cumple con los criterios dimensionales.	2019/08/15
2	180397057120190822-EMS 01-2	Cumple con los criterios dimensionales.	2019/08/15

**DATOS INFORMATIVOS:** De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

**NOTA:** LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
Ing. Fernando Tibán R	Ing. Fernando Galarza Mg.
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	





Identificación de la probeta: 180397057120190822-EMS 01-1



Identificación de la probeta: 180397057120190822-EMS 01-2



Muestra	Observación
180397057120190822-EMS 01-1	La macrografía presenta fusión completa, no se visualiza fisuras, porosidades ni mordeduras.
180397057120190822-EMS 01-2	La macrografía presenta una fisura en el cordón de soldadura y una mordedura.



Centro de Fomento Productivo  
Metalmeccánico Carroceiro



Honorable Gobierno  
Provincial de Tungurahua

**HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS**

<b>Informe N°:</b> 180397057120190822-EMS
<b>DATOS DEL CLIENTE</b>
<b>Empresa / Cliente:</b> Ing. Israel Jacinto Amancha Torres.
<b>Dirección:</b> Av. Indoamérica Km 4 ½, Ambato.
<b>Núm. de cédula / RUC:</b> 1803970571
<b>E-mail:</b> jatos2012@hotmail.com.
<b>Teléfono:</b> 0992886203.

**DATOS INFORMATIVOS**

**Laboratorio:** Análisis Metalográfico

**Designación del material:** Material metálico: Acero A36 con proceso de soldadura.

**Método de ensayo:** ISO 17639:2003 Ensayos destructivos de soldaduras en materiales metálicos - Examen macroscópico y microscópico de soldaduras.

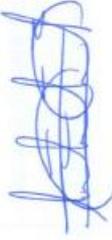
N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180397057120190822-EMS 01-1	2019/08/15	2019/08/23	Cliente	Se entrega al cliente	
2	180397057120190822-EMS 01-2	2019/08/15	2019/08/23	Cliente	Se entrega al cliente	

Código: RG-AM-009  
Fecha de Elaboración: 22-05-2018  
Fecha de última aprobación: 22-05-2018  
Revisión: 1

HOJA DE ALMACENAMIENTO  
DE MUESTRAS

Página 1 de 2

Todas las probetas del grupo por acuerdo son entregadas al cliente, el CFPMC no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

	
<p><b>Elaborado por:</b> Ing. Fernando Tibán R Analista Técnico Area de Ensayos e Inspecciones CFPMC</p>	<p><b>Aprobado por:</b> Ing. Fernando Galarza Chacón Mg. Analista Técnico Area de Ensayos e Inspecciones CFPMC</p>
	
<p>Cliente</p>	

## Anexo G: Informe de Análisis de Agua



### LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. OAE LE C 12-006



Nº SE: 112-19

#### INFORME DE ANALISIS

**NOMBRE:** Israel Amancha **INFORME Nº** 112- 19  
**Nº SE:** 112-19  
**EMPRESA:** Proyecto de Tesis Universidad Técnica de Ambato: \* Agua residual – Sistema Agua Cruda\*  
**DIRECCIÓN:** Izamba **FECHA DE RECEPCIÓN:** 24 – 07 –19  
**FECHA DE INFORME:** 25 – 07– 19  
**TELÉFONO:** 0902886203 **TIPO DE MUESTRA:**  
**NÚMERO DE MUESTRAS:** 2, Agua cruda, Agua tratada, Riobamba  
**IDENTIFICACIÓN:**  

MA - 255-19	Agua cruda	Agua
MA - 256-19	Agua tratada	Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de las muestras.

#### RESULTADO DE ANÁLISIS

MA – 255-19

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	7,75	+/- 0,05	24 – 07 –19
* Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> l	STANDARD METHODS 2340 - C	288	N/A	24 – 07 –19

MA – 256-19

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	7,91	+/- 0,05	24 – 07 –19
* Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> l	STANDARD METHODS 2340 - C	92	N/A	24 – 07 –19

**MÉTODOS UTILIZADOS:** Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 22ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 22ª EDICIÓN.

#### RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara  
Benito Mendoza T., Ph.D.

  
 Dr. Juan Carlos Lara B.  
 TECNICO L.S.A.

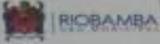
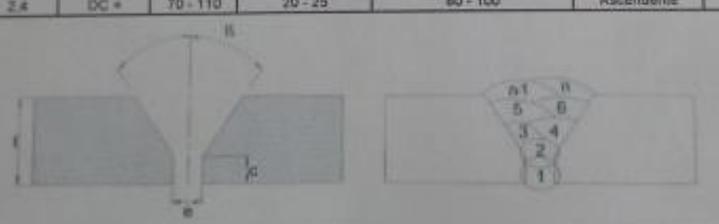
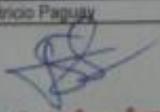
- Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
- Los ensayos marcados con (\*) se realizaron dentro del alcance de acreditación del SAE.
- Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Página 1 de 1

FMC2101-01

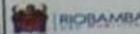
L.S.A. Campus Mister Edison Berra Km.1 Vía a Guano Bloque Administrativo,

Anexo H: Procedimiento de Soldadura Consorcio "ALAO"

		PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE LA CAPTACIÓN DE MAGUAZO,ALAO:CONDUCCIÓN DE AGUA CRUDA,PLANTA DE TRATAMIENTO MOLOBOG,ADUCCION DE AGUA TRATADA A LAS RESERVAS Y RESERVAS DE SAN MARTÍN DE VERANILLO, PARA LA CIUDAD DE RIOBAMBA								
ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) WPS N° EPN - LDS - ALAO - 001										
Nombre Compañía: CONSORCIO ALAO PQR de Soporte N°: EPN - LDS - ALAO - 001 Según Normas: ASME IX - 2017 "BOILER & PRESSURE VESSEL CODE" PARTE "WELDING AND BRAZING QUALIFICATION" DOCUMENTO PARA FINES DIDÁCTICOS, NO TIENE VALIDEZ				WPS N°: EPN - LDS - ALAO - 001 Fecha: 28/09/2019 Revisión: 1.0 Realizado por: Ing. Patricio Paguay Departamento Mecánico CWI						
<b>ARTICULO I. JUNTA UTILIZADA (QW-402)</b> Tipo de Junta: A TOPE Abertura raíz (c): 1,5±0,5 mm Talón (c): 1,5±0,5 mm Ángulo de Ranura (β): 60°±10° Placa de Respaldo: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> Preparar Bisel: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>				<b>ARTICULO VI. POSICIÓN DE SOLDADURA (QW-405)</b> Soldadura de: Ranura Posición de soldadura: 6G Progresión: Descendente ↓ Ascendente ↑ Técnica: Un pase <input type="checkbox"/> Varios pases <input checked="" type="checkbox"/>						
<b>ARTICULO II. METAL BASE (QW-403)</b> Especificación: Acero Q235B Espesor (t): 5 mm Diámetro: 200 mm. (8") P.N°: 1 S.N°: N/A Grupo: A				<b>ARTICULO VII. PRECALENTAMIENTO (QW-407)</b> Temperatura: N/A Temperatura entre pases máx: N/A Tiempo entre Pases: N/A						
<b>ARTICULO III. METAL DE APORTE (QW-404)</b> Proceso: SMAW Especificación (SFA) N°: E 51 Diámetro: 3,2 mm (1/8") Denominación AWS: E 6010 Marca: WAST ARCO P.N°: 3 A.N°: 1				<b>ARTICULO VIII. PWHT</b> Espesor nominal <20mm: N/A Tiempo de mantenimiento: N/A Temperatura de tratamiento térmico (t): N/A						
<b>ARTICULO IV. GAS DE PROTECCIÓN (QW-408)</b> Tipo: N/A Cautal: N/A				<b>ARTICULO IX. TÉCNICA DE SOLDADURA (QW-409)</b> Proceso de soldadura: SMAW - SMAW Tipo de Soldadura: Manual <input checked="" type="checkbox"/> Semiautomática <input type="checkbox"/> Automática <input type="checkbox"/> Soldadura a: Un lado <input checked="" type="checkbox"/> Dos lados <input type="checkbox"/> Cordón de respaldo: SI <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Pases múltiples o simples (por lado): Múltiples <input type="checkbox"/> Electrodo múltiples o únicos: Múltiples <input type="checkbox"/> Cordón recto u oscilante: Oscilante <input type="checkbox"/> Limpieza: Primer pase: Grata Pases siguientes: Grata						
<b>ARTICULO V. ELECTRODO</b> Especificación (SFA) N°: N/A Denominación: N/A Diámetro: N/A				<b>ARTICULO X. NOTAS</b> - Asegurar limpieza de las partes - Verificar alineación de la junta						
ARTICULO XI. CUADRO DE LAS VARIABLES DE OPERACIÓN QW-404, QW-409 y QW-410										
N° de Pases	Metal de Aporte		Corriente		Tensión de Trabajo (Volts)	Velocidad de avance (mm/min)	Progresión	Técnica de Soldadura		
	Clase	Diámetro (mm)	Tipo de Polaridad	Intensidad (Amperios)				Oscilado	Recto	
1	E6010	3,2	DC -	80 - 110	25 - 30	80 - 100	Descendente	X		
2	E6010	3,2	DC -	80 - 110	25 - 30	100 - 120	Descendente	X		
3-n	E7018	2,4	DC +	70 - 110	20 - 25	80 - 100	Ascendente	X		
Tipo de Junta:										
<b>REALIZADO POR:</b> Ing. Patricio Paguay				<b>VERIFICADO POR:</b> Ing. Israel Amancha						
  Angel Patricio Paguay Guaman CWI 17075531 18/09/2019							SUPERVISOR MECÁNICO QAI/OC			
Fecha: 28/9/2019				Fecha: 28/9/2019						



PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE LA CAPTACIÓN DE MAGUAZO ALAO-CONDUCCIÓN DE AGUA CRUDA, PLANTA DE TRATAMIENTO MOLOBOG, ADUCCIÓN DE AGUA TRATADA A LAS RESERVAS Y RESERVAS DE SAN MARTÍN DE VERANILLO, PARA LA CIUDAD DE RIOBAMBA



REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE SOLDADORES (WPQ)

Nombre Compañía: CONSORCIO ALAO  
 WPQ N°: EPN - LDS - ALAO - 5552 - W01-A  
 Soldado de acuerdo al WPS N°: EPN - LDS - ALAO - 001  
 POR de Soporte N°: EPN - LDS - ALAO - 001  
 Según Normas: ASME IX - 2017 "BOILER & PRESSURE VESSEL CODE" PARTE "WELDING AND BRAZING QUALIFICATION" DOCUMENTO PARA FINES DIDÁCTICOS, NO TIENE VALIDEZ

Fecha de realización: 28/09/2019  
 Fecha de expiración: 28/09/2020

Realizado por: Ing. Patricio Paguay  
 Departamento Mecánico  
 CWI

Nombre del Soldador: Pablo Marco Vileta Cuama CI #: 172413310-1  
 Código N°: WPQ - EPN - ALAO - 01 - A



Proceso de Soldadura: MANUAL SMAW - SMAW FCAW SEMIAUTOMÁTICO GMAW AUTOMÁTICO SAW

Tipo y grado de material Base: Acero Q235B Espesor: 5 mm Diámetro: 200 mm (8")  
 Abertura de raíz 1,5±0,5 mm Talón: 1,5±0,5 mm Ángulo de Ranura: 60°±10°  
 Tipo de soldadura: RANURA

Posición de soldadura: 0G Dirección de Soldadura: - Tiempo de Soldadura: 60 min

Material de Aporte: Denominación AWS: E6010 Diámetro: 3,2 mm Especificación SFA: 5.1 F - N° 3 A - N° 1  
 Denominación AWS: E7018 Diámetro: 2,4 mm Especificación SFA: 5.1 F - N° 4 A - N° 1

Electrodo: Denominación AWS: N/A Diámetro: N/A Especificación SFA: N/A

Gas de Protección: Tipo: N/A Caudal: N/A

Pre calentamiento: N/A Temperatura entre pases: N/A

Tipo de Máquina de Soldar: LINCOLN ELECTRIC INVERTEC V 350 - PRO Potencia de la máquina de soldar: 7

PARÁMETROS DE SOLDADURA

Pase N°:	RAIZ	CALIENTE	RELLENO	PRESENTACIÓN
Proceso:	SMAW	SMAW	SMAW	SMAW
Tipo de Electrodo (AWS):	N/A	N/A	N/A	N/A
Especificación (SFA) N°:	N/A	N/A	N/A	N/A
Diámetro (mm):	N/A	N/A	N/A	N/A
Material de aporte (AWS):	E6010	E7018	E7018	E7018
Especificación (SFA) N°:	5.1	5.1	5.1	5.1
Diámetro (mm):	3	3	2,4	2
Velocidad de soldadura (mm/min):	90-100	120-140	60-100	80-100
Voltaje:	25-30	20-25	20-25	20-25
Amperaje:	80-100	100-120	70-80	80-90
Dirección: Descendente   Ascendente	DESCENDENTE	DESCENDENTE	ASCENDENTE	ASCENDENTE
Tipo de Corriente y polaridad:	DC-	DC-	DC+	DC+
Código de soldador:	WPQ-EPN-ALAO-01-1	WPQ-EPN-ALAO-01-1	WPQ-EPN-ALAO-01-1	WPQ-EPN-ALAO-01-1

EXAMENES

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Inspección Visual	Calificado	SI	Descalificado
Ultrasonido	Calificado	SI	Descalificado

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN

Muestra N°	Identificación de Laboratorio	Aprobado
1	M19.005.01	SI
	M19.005.02	SI
Calificado		SI
		Descalificado

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DOBLADO

DOBLADO DE PROBETA

Muestra N°	Identificación de Laboratorio	Aprobado
1	M19.005.09	SI
	M19.005.10	SI
Calificado		SI
		Descalificado

LIMITES DE CALIFICACIÓN: El soldador queda habilitado para soldadura de RANURA en tubería para todas las posiciones  
 Límite de calificación en material base: Todos los materiales especificados con P N° 1 y Grupo N° 1  
 El rango de calificación en diámetros de 73 mm <math>\phi</math> => ilimitado  
 El rango de espesor de material base calificado es de: 1,6mm <math>\leq t \leq 14,22\text{mm}</math> (1/16" <math>\leq t \leq 9/16"</math>)  
 Los rangos de calificación en espesor de materiales de aporte son:

Proceso	Especificación	Rango del espesor	F N°	A N°
SMAW	E6010	1,6mm <math>\leq t \leq 6\text{mm}</math>	F N° 3	A N° 1

OBSERVACIÓN: El resultado de los ensayos no destructivos y destructivos se encuentran en el informe Técnico DM-LDS-18-02 del Laboratorio de Soldadura de la Escuela Politécnica Nacional. Con orden de trabajo N° 005552

Nosotros certificamos que las especificaciones de este registro de soldadura son correctas, y que además los cupones fueron soldados y ensayados de acuerdo a los requerimientos de la norma ASME IX - 2017 "BOILER & PRESSURE VESSEL CODE" PARTE "WELDING AND BRAZING QUALIFICATION"

REALIZADO POR:

Ing. Patricio Paguay

VERIFICADO POR:

Ing. Israel Amancha



Angel Patricio Paguay Guaman  
 QWA 17025531  
 QC1 EXP. 7/1/2020

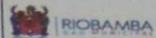
SUPERVISOR MECÁNICO QAVOC

Fecha: 28/9/2019

Fecha: 28/9/2019



PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE LA CAPTACIÓN DE MAGUAZO ALAO: CONDUCCIÓN DE AGUA CRUDA, PLANTA DE TRATAMIENTO MOLOBOG, ADUCCIÓN DE AGUA TRATADA A LAS RESERVAS Y RESERVAS DE SAN MARTÍN DE VERANILLO, PARA LA CIUDAD DE RIOBAMBA



REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR)  
 PQR N° EPN - LDS - ALAO - 001 Fecha: 28/09/2019  
 WPS N°  
 EPN - LDS - ALAO - 001  
 Fecha: 28/09/2019

Nombre Compañía: CONSORCIO ALAO  
 WPQ N°: EPN - LDS - ALAO - 5552 - W01-A  
 Soldado de acuerdo al WPS N°: EPN - LDS - ALAO - 001  
 PQR de Soporte N°: EPN - LDS - ALAO - 001  
 Según Normas: ASME IX - 2017 "BOILER & PRESSURE VESSEL CODE" PARTE "WELDING AND BRAZING QUALIFICATION" DOCUMENTO CON FINES DIDACTICOS, NO TIENE VALIDEZ  
 Fecha de realización: 28/09/2019  
 Fecha de expiración: 28/09/2020  
 Realizado por: Ing. Patricio Paguay  
 Departamento Mecánico  
 CMI

Nombre del Soldador: Pablo Marco Vilela Cusme CI #: 172413310-1 Código N°: WPQ - EPN - ALAO - 01 - A  
 Proceso de Soldadura: MANUAL SMAW - SMAW FCAW SEMIAUTOMÁTICO GMAW AUTOMÁTICO SAW  
 Tipo y grado de material Base: Acero Q235B Espesor: 5 mm Diámetro: 200 mm (8")  
 Abertura de raíz 1,5±0,5 mm Talón: 1,5±0,5 mm Ángulo de Ranura: 60°±10°  
 Tipo de soldadura: RANURA  
 Posición de soldadura: 6G Dirección de Soldadura: -- Tiempo de Soldadura: 60 min  
 Material de Aporte: Denominación AWS: E6010 Diámetro: 3,2 mm Especificación SFA: 5.1 F - N° 3 A - N° 1  
 Denominación AWS: E7018 Diámetro: 2,4 mm Especificación SFA: 5.1 F - N° 4 A - N° 1  
 Electrodo: Denominación AWS: N/A Diámetro: N/A Especificación SFA: N/A  
 Gas de Protección: Tipo: N/A Caudal: N/A  
 Pre calentamiento: N/A Temperatura entre pases: N/A  
 Tipo de Máquina de Soldar: UNCOLN ELECTRIC INVERTEC V 350 - PRO Potencia de la máquina de soldar: 7

PARÁMETROS DE SOLDADURA				
Pase N°:	RAÍZ	CALIENTE	RELLENO	PRESENTACIÓN
Proceso:	SMAW	SMAW	SMAW	SMAW
Tipo de Electrodo (AWS):	N/A	N/A	N/A	N/A
Especificación (SFA) N°:	N/A	N/A	N/A	N/A
Diámetro (mm):	N/A	N/A	N/A	N/A
Material de aporte (AWS):	E6010	E7018	E7018	E7018
Especificación (SFA) N°:	5.1	5.1	5.1	5.1
Diámetro (mm):	3	3	2,4	2
Velocidad de soldadura (mm/min):	90-100	120-140	60-100	80-100
Voltaje:	25-30	20-25	20-25	20-25
Amperaje:	80-100	100-120	70-80	80-90
Dirección: Descendente   Ascendente	DESCENDENTE	DESCENDENTE	ASCENDENTE	ASCENDENTE
Tipo de Corriente y polaridad:	DC-	DC-	DC+	DC+
Código de soldador:	WPQ-EPN-ALAO-01-1	WPQ-EPN-ALAO-01-1	WPQ-EPN-ALAO-01-1	WPQ-EPN-ALAO-01-1

EXAMENES

ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS		
Inspeccion Visual	Calificado	SI
Ultrasonido	Calificado	SI

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN

Muestra N°	Identificación de Laboratorio	Aprobado	Calificado	Descalificado
1	M19.005.01	SI		
	M19.005.02	SI		
Calificado		SI		Descalificado

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DOBALDO

DOBLADO DE PROBETA			
Muestra N°	Identificación de Laboratorio	Aprobado	Calificado
1	M19.005.09	SI	
	M19.005.10	SI	
Calificado		SI	Descalificado

LIMITES DE CALIFICACIÓN: El soldador queda habilitado para soldadura de RANURA en tubería para todas las posiciones  
 Límite de calificación en material base: Todos los materiales especificados con P N° 1 y Grupo N° 1  
 El rango de calificación en diámetros de 73 mm <= φ <= ilimitado  
 El rango de espesor de material base calificado es de : 1,6mm <= t <= 14,22mm (1/16" <= t <= 9/16")  
 Los rangos de calificación en espesor de materiales de aporte son:  

Proceso	Especificación	Rango del espesor	F N°	A N°
SAMW	E6010	1,6mm <= t <= 6mm	F N° 3	A N° 1

OBSERVACIÓN: El respaldo de los ensayos no destructivos y destructivos se encuentran en el informe Técnico DM-LDS-18-02 del Laboratorio de Soldadura de la Escuela Politécnica Nacional. Con orden de trabajo N° 005552

Reservamos certificar que las especificaciones de este registro de soldadura son correctas, y que además los cupones fueron soldados y ensayados de acuerdo a los requerimientos de la norma ASME IX - 2017 "BOILER & PRESSURE VESSEL CODE" PARTE "WELDING AND BRAZING QUALIFICATION"

REALIZADO POR: Ing. Patricio Paguay

VERIFICADO POR: Ing. Israel Amancha

Angel Patricio Paguay Guaman  
 CMI 17075531  
 INSPECTOR CMI  
 OCT EXP: 7/1/2020  
 SUPERVISOR MECÁNICO QA/QC

Fecha: 28/9/2019 Fecha: 28/9/2019

**Anexo I: Valores de Probabilidad acumulada para distribución normal  
Estándar**

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-3.5	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
-3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
-3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
-3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005
-3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
-3.0	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010	0.0010
-2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
-2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019	0.0019
-2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
-2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
-2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
-2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
-2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
-2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
-2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
-2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
-1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
-1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
-1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
-1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
-1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
-1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0733	0.0717	0.0708	0.0694	0.0681
-1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
-1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1001	0.0985
-1.1	0.1357	0.1325	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
-1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
-0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
-0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
-0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
-0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
-0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
-0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
-0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
-0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
-0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4403	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
-0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6444	0.6481	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7020	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7191	0.7224
0.6	0.7267	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8105	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9684	0.9691	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9975	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998
3.5	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998	0.9998

**Anexo J: ISO 639; 1995, Structural Steels-Plate, Wide Flats, Bars, Sections and Profiles, NEQ**

ICS 77.140.45  
H 40

**GB**

**NATIONAL STANDARD OF  
THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA**  
中华人民共和国国家标准

**GB/T 700-2006**  
Replace GB/T 700-1988

---

**Carbon Structural Steels**

(ISO 630: 1995, Structural Steels – Plates, Wide Flats, Bars, Sections and Profiles,  
NEQ)

**碳素结构钢**

a CodeofChina.com translation work  
for your reference only

\*Tel 86-10-8572 5655 \*Email coc@codeofchina.com

**Issued on November 1, 2006**

**Implemented on February 1, 2007**

---

**Jointly issued by the General Administration of Quality Supervision, Inspection,  
and Quarantine Headquarters of the People's Republic of China, and the  
Standardization Administration of the People's Republic of China**

## Foreword

This standard is not equivalent to ISO 630:1995 "Structural Steel and the chief differences are as follows:

- Have not set the designations with yield strength of grade 185 N/mm<sup>2</sup> and 335N/mm<sup>2</sup>;
- set the designations of grades 195 N/mm<sup>2</sup> and 215 N/mm<sup>2</sup> as Q195 and Q215;
- Reduce the copper and phosphorus content of grade A in Q235 and Q275 by 0.005%;
- Divide the thickness of Q235B steel into two grades with disoxidation method, and the carbon content is all 0.20%;
- The Q235B steels with thickness less than 25 mm may not be tested agreed by the purchaser if the supplier is able to ensure the qualification of the impact absorbing energy value;
- Q275 steels with thickness larger than 80 mm ~ 100 mm, improve their yield strength by 10 N/mm<sup>2</sup>;
- Add cold bending test;
- Specify specific regulations for forming batches according to domestic conditions;

This standard replaces GB/T 700-1988 "Carbon Structural Steels," and the major changes compared with GB/T 700-1988 are as follows:

- "Disoxidation method" removes the balanced steel;
- Cancel the designations Q255 and Q275 in GB/T 700-1998;
- Change the designation E275 in ISO 630:1995 to the new designation Q275;
- Cancel the lower limits of carbon and manganese content of each designation, and raise the upper limit of manganese content;
- Cancel the limits of silicon content in rimmed steel and killed steel;
- Change the silicon content from 0.30% to 0.35% (excluding the Q195);

- Reduce the phosphorus and sulfur content of designation Q195 from 0.045% and 0.050% to 0.035% and 0.040%;
- Cancel the provision on the elongation after fracture of the grade with thickness (or diameter) no larger than 16 mm;
- In Table 2, add "The upper limit of tensile strength of the wide strip (including sheared sheets) is not as the delivered terms" and " Q235B steels with thickness less than 25 mm may not be tested agreed by the purchaser if the supplier is able to ensure the qualification of impact absorbing energy value";
- Amend the provision on the nitrogen content in steels;
- Amend the provision on impact test, and add the figure about minimal impact absorbing energy of the test sample with width among 5 mm ~10 mm;
- Change the batch forming from "same furnace pot number" to "same furnace number," and cancel the limit of the mixing batch on the quantity of furnace number.

Appendix A of this standard is normative.

This standard was proposed by China Iron and Steel association China Iron and Steel Association.

This standard is under the jurisdiction of Steel Technical Committee for Standardization of P.R.C.

The drafting organizations of this standard are China Metallurgical Information and Standardization Research Institution, Shougang Group, Hangang Group, Benxi Iron and Steel CO., LTD.

This standard was prepared by Tang Yifan, Luan Yan, Wang Liping, Sun Ping, Zhang Xianfeng, and Dai Qiang.

This standard was firstly issued on January, 1965, amended on October, 1979 for the first time, and amended on June, 1988 for the second time.

*NOTE: The English version has been translated directly from the Chinese Standard GB/T 700-2006. In the event of any discrepancy in the process of implementation, the Chinese version shall prevail.*

## Carbon Structural Steels

### 1. Scope

This code prescribes the technical conditions of carbon structure steel, including denotation, size, shape, weight and allowable deviation, specifications, testing methods, testing rules, packaging, marks and quality certificates.

The standard is applicable to general structural steel and hot-rolled steel plates, steel strip, formed steel and bar steel for works. The product can be used for weld, binding and bolting member. They are generally used under the supply state.

The chemical compositions stated in this code are applicable to the steel ingot, continuous casting billet, steel billet and its products.

### 2. Normative References

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this national standard. For dated reference, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply; but the parties to agreements based on this standard are encouraged to investigate the possibility of applying the latest editions of the standards indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies.

GB/T 222-2006 Permissible variation of chemical composition for steel

GB 223.3 Method of chemical analysis on steel and alloy / the dianthipyryl methane phosphomolybdate gravimetric method for the determination of phosphorus content

GB/T 223.10 Method of chemical analysis on steel and alloy / the cupferron separation-chrome azurol S photometric method for the determination of aluminium content

- GB/T 223.11 Method of chemical analysis on steel and alloy /the ammonium persulfate oxidation volumetric method for the determination of chromium content
- GB/T 223.18 Method of chemical analysis on steel and alloy /the sodium thiosulfate separation iodimetric method for the determination of copper content
- GB/T 223.19 Method of chemical analysis on steel and alloy / the neocuproine-chloroform extraction photometric method for the determination of copper content
- GB/T 223.24 Method of chemical analysis on steel and alloy / the dimethylglyoxime spectrophotometric method for the determination of nickel content
- GB/T 223.32 Method of chemical analysis on steel and alloy /the hypophosphite reduction-iodimetric method for the determination of arsenic content
- GB/T 223.37 Method of chemical analysis on steel and alloy / the indophenol blue photometric method for the determination of nitrogen content after distillation
- GB/T 223.58 Method of chemical analysis on steel and alloy / the extraction-absorption catalytic polarographic method for the determination of manganese content
- GB/T 223.59 Method of chemical analysis on steel and alloy /the sodium arsenite-sodium nitrite titrimetric method for the determination of phosphorus content
- GB/T 223.60 Method of chemical analysis on steel and alloy /the perchloric acid dehydration for the determination of silicon content
- GB/T 223.63 Method of chemical analysis on steel and alloy / the sodium (potassium) periodate photometric method for the determination of manganese content
- GB/T 223.64 Method of chemical analysis on steel and alloy /the flame atomic absorption spectrometric method for the determination of manganese content
- GB/T 223.68 Method of chemical analysis on steel and alloy /the combustion potassium iodate volumetric method for the determination of sulfur content

- GB/T 223.71 Method of chemical analysis on steel and alloy /the gravimetric method after combustion in the pipe furnace for the determination of carbon content
- GB/T 223.72 Method of chemical analysis on steel and alloy /the alumina chromatographic separation-barium sulfate gravimetric method for the determination of sulphur content
- GB/T 228 Metallic materials/tensile testing method in room temperature (GB/T228-2002, eqv ISO 6892:1998)
- GB/T 229 Metallic materials/Charpy impact test (GB/T 229-2002, eqv ISO 83:1976, eqv ISO148:1983)
- GB/T 232 Metallic materials/bend testing methods (GB/T 232-1999, eqv ISO 7438:1985)
- GB/T 247 General rule of acceptance, package, mark and certification for steel plates (sheets) and strips
- GB/T 2101 General rule of acceptance, package, mark and certification for profile steel
- GB/T 2975 Rules for sampling in mechanical and technological testing of steel products
- GB/T 4336 Standard test method for spark discharge atomic emission spectrometric analysis of carbon and low-Alloy steel (routine method)
- GB/T 20066 Steel and iron - Sampling and preparation of samples for the determination of chemical composition (GB/T 20066-2006, ISO 14284: 1996, IDT)

### **3. Denotation and symbol of number, code name**

#### 3.1 Denotation of number

The steel number is composed of the following parts in order, like letter representing yielding point, yielding point value, quality grade symbol, deoxidation method symbol, etc.

For example: Q235-A·F

### 3.2 Symbol

Q- first letter of Chinese Pinyin "屈(qu)" in steel yielding point.

A, B, C and D are quality class respectively.

F-first letter of Chinese Pinyin "沸(bei)" in rimming steel.

Z-first letter of Chinese Pinyin "镇(zhen)" in killed steel.

TZ-first letter of Chinese Pinyin "特镇(te zhen)" in special killed steel.

"Z" and "TZ" symbols are omitted in number composing denotation.

### 4. Size, shape, weight and allowable deviation

Size, shape, weight and allowable deviation of steel should conform to prescriptions in corresponding standards.

### 5. Specifications

#### 5.1 Number and chemical compositions

The number and chemical compositions (melting analysis) of steel should conform to the prescriptions in Table 1.

Number	Code <sup>a</sup>	Grade	Thickness (or dia.) /mm	Deoxidation	Chemical Compositions (weight percentage)%, not larger than				
					C	Si	Mn	P	S
Q195	U11952	-	-	F, Z	0.12	0.30	0.50	0.035	0.040
Q215	U12152	A	-	F, Z	0.15	0.35	1.20	0.045	0.050
	U12155	B							
Q235	U12352	A	-	F, Z	0.22	0.35	1.40	0.045	0.050
	U12355	B			0.20				0.045
	U12358	C		Z	0.17			0.040	0.040
	U12359	D		TZ				0.035	0.035
Q275	Q12752	A	-	F, Z	0.24	0.35	1.50	0.045	0.050
	Q12755	B	≤40	Z	0.21			0.045	0.045
			>40		0.22			0.040	0.040
	Q12758	C	-	Z	0.20			0.035	0.035
	Q12759	D	-	TZ		0.035	0.035		

- a. The table shows the unified figures of Z and TZ, the unified figures of F are as follows:  
 Q195F - U11950;  
 Q215AF - U12150, Q215BF - U12153;  
 Q235AF - U12350, Q235BF - U12353;

Q275AF – U12750.

b) Upon the consent from the buyer, the carbon content cannot be larger than 0.22%.

5.1.1.1 The Grade-D steel shall have enough tinny crystal grains and give clear statement of tinny crystal grain content in the quality certificate. When adopting aluminum for de-oxidation, the acid-soluble aluminum content shall not be less than 0.015%, or the total aluminum content shall not be less than 0.020%.

5.1.1.2 The residual elements in steel should be no more than 0.30%, like Cr, Ni, Cu, etc. The analysis can't be made if suppliers can guarantee.

5.1.1.2.1 The N-content is allowed to exceed the limit value stated in Clause 5.1.1.2, but when the N-content increase 0.001%, the maximum P-content shall decrease 0.005%. In the melting analysis, the maximum N-content shall not be more than 0.012%; if the acid-soluble aluminum content is not less than 0.015% or the total aluminum content is not less than 0.020%, the upper limit of N-content is not confined. The fixed N content shall be stated in the quality certificate.

5.1.1.2.2 Cu-content in grade-A steel can be no more than 0.35% in the event that the buyer agrees with it. The supplier shall make Cu-content analysis and indicate the Cu-content in the quality certificate.

5.1.1.3 The remnant As-content in steel should be no less than 0.080%. The steel smelted from cast iron which is smelted from arsenic minerals, As-content is prescribed by suppliers and buyers through agreement. The As-content in steel needn't to analyze if there is no As in the raw material.

5.1.1.4 On the premise of guaranteeing the steel mechanical property conforming to standard prescription, C, Mn and Si content in grade-A steel of each number can be not taken as delivery terms. But their content shall be specified in the quality certificate.

5.1.1.5 When the steel ingot, continuous casting billet and steel billet are supplied, in order to guarantee each performance of rolled steel conforming to requirements of the code, the low limit of C and Mn contents can be required according to buyer's requirements.

5.1.2 Chemical composition allowable deviation of finished steel ingot, continuous casting billet and steel billet shall conform to prescriptions in Table 1 of GB/T 222-2006.

The N-content is allowed to exceed the rated value but has to conform to the requirements of Clause 5.1.1.2.1. The maximum N-content can't be larger than 0.014% in the finished goods analysis. If the aluminum content is compliant to the rated content stated in Clause 5.1.1.2.1 and is indicated in the quality certificate, the upper limit is not confined.

The chemical composition deviation of finished F steel or steel ingot is not necessary to make guarantee.

## **5.2 Smelting process**

The steel is smelted by oxygen converter or electronic furnace. Unless the buyer has special requirements and has noted them in contract, the smelting process is generally determined by supplier.

## **5.3 State of Delivery**

Generally, steels products shall be delivered in hot rolling, controlled rolling or normalizing state.

## **5.4 Mechanical Properties**

5.4.1 Tensile and impact tests of steels shall be compliant with provisions of Table 2, while bend test of steels shall be compliant with provisions of Table 3.

5.4.2 When using Q195 and Q235B F-type rolled steel, the thickness (or diameter) of steel shall be less than 25mm.

5.4.3 During tensile and bend tests, profiled steels and steels rod shall adopt transverse sampling, and 2% (absolute value) of post-breaking extensibility is allowed to be lower than values listed in Table 2. Formed steels can adopt longitudinal sampling if transverse sampling is confined.

5.4.4 In case that the supplier can guarantee the cold bending test is compliant to the provisions of Table 3, the testing is not necessarily to carry out. When grade-A steels are eligible in cold bending test, the upper limit of tensile strength may not be taken as one of the delivery terms.

5.4.5 For those steels whose thickness is not less than 12mm or diameter is not less than 16mm, impact test are needed and the sample size is 10mm X 10mm X 55mm. According to the agreement issued by both supplier and buyer, for those steels whose thickness is in 6mm-12mm or diameter is in 12mm-16mm, impact test can be done and the sample size is 10mm X 7.5mm X 55mm or 10mm X 5mm X 55mm or 10mm X thickness X 55mm. Appendix A shows the rated impact absorption value, for instance, when adopting 10mm X 5mm X 55mm for testing, the testing results shall not be less than 50% of the rated value.

5.4.6 Charpy (V-notch) impact absorption value can be calculated according to arithmetical mean value of a group consisting of three sample single values. One of three sample single values is allowed to be less than the rated value, and its minimum value shall be higher than 70% of the rated value.

If the above conditions are not satisfied, another three samples can be selected to test, the mean value of 6 samples shall not be less than the rated value, and two of them can be lower than the rated value, and only one of them can be lower than 70% of the rated value.

Table 2

No.	Grade	Yield strength <sup>a</sup> ReH/(N/mm <sup>2</sup> ), be larger than				Tensile strength <sup>b</sup> Rm/(N/mm <sup>2</sup> )	Post-breaking tractility A%, be larger than				Impact Test (V-notch)		
		Thickness (or diameter)/mm					Thickness (or diameter)/mm				Tem. °C	Impact absorption energy (vertical) /J be larger than	
		≤16	>16-40	>40-60	>60-100		>100-150	>150-200	≤40	>40-60			>60-100
Q195	-	195	195	-	-	315-430	33	-	-	-	-	-	-
Q215	A	215	205	195	185	175	165	31	30	29	27	26	-
	B												27
Q235	A												
	B	235	225	215	215	195	185	26	25	24	22	21	27 <sup>c</sup>
	C												
	D												
Q275	A												
	B	275	265	255	245	225	215	22	21	20	18	17	-
	C												27
	D												

Notes:

- The yield strength value of Q195 is for reference only and is excluded from the delivery conditions.
- For those steel products whose thickness is larger than 100mm, the low limit of tensile strength is allowed to decrease by 20N/mm<sup>2</sup>. The tensile strength upper limit of wide steel strip (including cutting steel plate) is excluded from delivery conditions.
- For those Q235B steel products whose thickness is less than 25mm, if the supplier can guarantee the impact absorption value is eligible, the testing is not necessary upon consent from the buyer.

**Sy=235 N/mm2    σ 34083.9 psi**

Table 3

No.	Testing Direction	Cold bend test 180°, B-2a <sup>a</sup>	
		Steel thickness (or diameter) <sup>b</sup> /mm	
		≤60	>60-100
		Bending diameter d	
Q195	vertical	0	-
	transverse	0.5a	
Q215	vertical	0.5a	1.5a
	transverse	a	2a
Q235	vertical	a	2a
	transverse	1.5a	2.5a
Q275	vertical	1.5a	2.5a
	transverse	2a	3a

Notes:

a. B is referred to as the width of sample, a is referred to as thickness or diameter of sample.

b. When the thickness or diameter is larger than 100mm, the bending test is determined by both supplier and buyer through negotiation.

## 5.5 Surface Quality

Surface quality of steels shall meet relevant standards of steel plate, steel trip, profiled steel and steel rod.

## 6. Test Method

6.1 Testing items, sampling amount/method and testing method of each batch of steels, shall be compliant to the provisions of Table 4.

Table 4

SN	Item	Sampling amount/unit	Sampling method	Testing method
1	Chemical analyses	1(per furnace)	GB/T 20066	GB/T 223 series, and GB/T 4336 quoted in Chapter 2
2	Tensile	1	GB/T 2975	GB/T 228
3	Cold bend			GB/T 232
4	Impact			GB/T 229

6.2 for tensile and cold bend test, the longitudinal axial of steel plate or steel strip shall be upright on the rolling direction; the longitudinal axial of profiled steel and steel rod as well as confined steel sample shall be parallel with the rolling direction.

6.3 Longitudinal axial line of impacted sample steels shall be parallel with rolling direction. The impacted sample can remain a rolling face.

## **7. Examination Provisions**

7.1 Examination and acceptance of steels shall be carried out by technical supervision authority, and the buyer is entitled to examine and inspect any item stated in this code or the contract.

7.2 Steels shall be accepted in batches, each of which shall be composed of same number, including same furnace number, quality grade, variety, specification and state of delivery. Weight of each batch shall not exceed 60t.

Steels smelted in smaller furnace, or steels rolled from continuous casting are allowed to form mixed batch. This mixed batch shall be composed of same number of grade A or grade B, same smelting method and casting method and different furnace number. But the carbon content difference shall not be greater than 0.02%, and the Mn-content difference shall not be greater than 0.15%.

7.3 If result of Charpy (V-notch) impact test of steels is incompliant to the relevant provisions of Clause 5.4.6, the selected samples shall be rejected, and another two samples shall be selected from the rest products. For each selected sample, three testing units are selected respectively. These two group of testing units shall be ratified, otherwise, the batch of products cannot be delivered to the buyer.

7.4 Re-examination and acceptance of other testing items of steels shall be compliant to the provisions of GB/T 247 and GB/T 2101.

## **8. Package, Mark and Quality Certificate**

Package, mark and quality certificate of steels shall be compliant to the provisions of GB/T 247 and GB/T 2101.

**Appendix A**  
**(Normative)**

**The impact absorption value of the small-size impact sample**

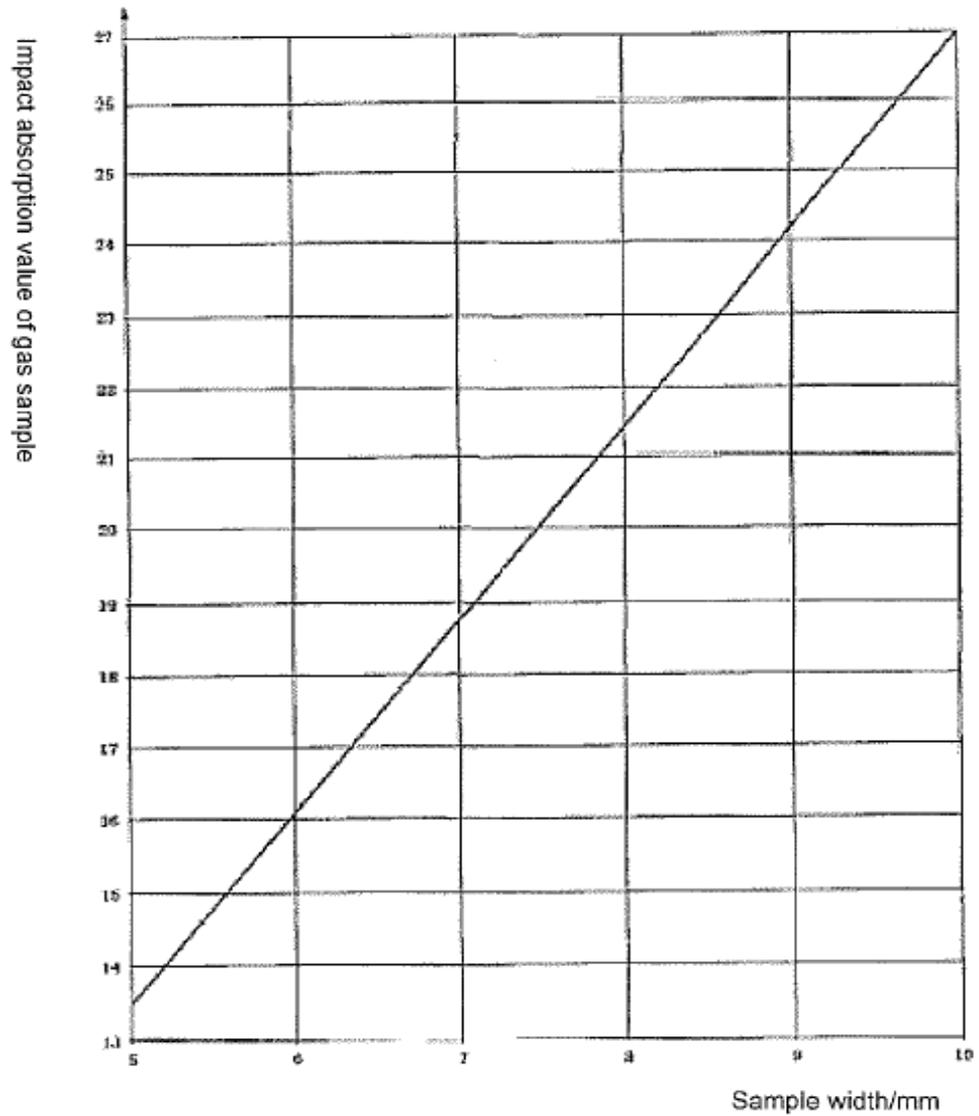


Figure A.1 Minimum impact absorption value of 5mm-10mm-wide impact sample

## Anexo K: Costo de Junta de Soldadura con Tubería A36

### Costos Directos

Para la realización de la junta de soldadura con el acero A36 se consideró costos directos e indirectos que se utilizan en una junta de soldadura, como se muestra en las siguientes tablas.

#### Costos Directos – Recursos Materiales

Item	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U. (\$)	P.T. (\$)
1	Tubería A36 espesor 5mm, $\phi$ 24" (VER ANEXO N)	12	mts	1955,25	1955,25
2	Electrodo 6010 1/8"	2	KG	2,75	5,50
3	Electrodo 7018 1/8"	1	KG	2,42	2,42
				Sub-Total	1963,17
				Iva 12%	235,58
				<b>Total 1</b>	<b>2198,75</b>

### Costos Indirectos

Los costos indirectos que se utilizan para la realización de la junta de soldadura se refieren a la utilización de máquinas, equipos, recurso humano.

#### Costos Indirectos- Recurso maquinaria

Item	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U. (\$)	P.T. (\$)
1	Uso de equipo de corte (amoladora)	2	Día	1,06	8,48
2	Motosoldadora	1	Día	42,23	42,23
3	Equipo de Ultrasonido	1	Día	20,00	20,00
4	Martillo	1	Día	0,22	0,22
5	Puntas	1	Día	0,30	0,30
6	Grapas	1	Día	21,67	21,67
7	Fajas	1	Día	1,70	1,70
8	Grilletes	1	Día	1,24	1,24
9	Disco de Corte 7" x 1/16" x 7/8"	3	U	1,68	5,04
10	Disco de Corte 7" x 1/8" x 7/8"	2	U	1,4	2,8
11	Disco de Desbaste 7" x 1/4" x 7/8"	1	U	2,97	2,97
12	Disco de Fondeo 7" x 3/16" x 7/8"	2	U	2,87	5,74
13	Grata acero circular trenzada de 7"	1	U	12,87	12,87
14	Pinza porta electrodos de motosoldadora	1	U	29,40	29,40
15	Chaqueta de cuero (campera) talla 40	1	U	16,50	16,50
16	Diesel	10	Galones	1,03	10,30
Sub-Total					181,46
Iva 12%					21,78
<b>Total 2</b>					<b>203,24</b>

#### Costos Indirectos- Recurso Humano

Item	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U. (\$)	P.T. (\$)
1	Supervisor de Soldadura	1,5	Hora	14,47	21,70
2	Inspector END	1,5	Hora	14,47	21,70
	Alineador-Tubero	1,5	Hora	6,97	19,45
3	Esmerilador	1,5	Hora	4,93	7,39
4	Soldador	1,5	Hora	8,08	12,12
5	Ayudante Mecánico	1,5	Hora	4,25	6,37
<b>Total 3</b>					<b>88,73</b>

### Costos Total

El costo total de la realización de la junta de soldadura del acero A36 es la suma de los costos directos e indirectos.

#### Costos Total

Item	Descripción	Valor (\$)
1	Recursos Materiales	2198,75
2	Recurso maquinaria y ensayos realizados	203,24
3	Recurso Humano	88,73
	Sub-Total	2490,72
	<b>Total</b>	<b>2490,72</b>

**Anexo L: Autorización de Realizar la tesis de Maestría.**



Riobamba, 12 /10/2018

Ingeniero

Juan Enrique Garcés Chávez, Mg.

**PRESIDENTE**

**UNIDAD ACADEMICA DE TITULACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

Presente,

De mi consideración

Yo, Ingeniero José Ramírez en mi calidad de Director de Proyectos, autorizo al Ingeniero Israel Amancha para que realicen las investigaciones pertinentes a la ejecución de su tesis titulada "ANÁLISIS DE LA SUSTITUCIÓN DEL MATERIAL ACERO A36 POR EL MATERIAL Q235B EN LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD RIOBAMBA PROVINCIA DE CHIMBORAZO", al efecto he dispuesto que los servidores de la Empresa "Consortio ALAO" les brinden las facilidades necesarias para la recolección de datos, además del uso de los ensayos e informes que se realizan en la empresa.

Se expide la presente solicitud del interesado, para los fines que sea pertinente.

**ING. JOSÉ RAMÍREZ**

**DIRECTOR DE PROYECTOS**

## Anexo M: Precio Tubería Q235B.

### CONTRACT 合 同

合同编号: CZLX20171205  
Contract No: CZLX20171205  
签订日期: 2017年12月5日  
Date: 2017/12/05

买方:

Buyer: Alao Consortium

授权代表:

Authorized Representative: Carlos Vasquez

地址:

Add: Ave Republica del Salvador N35 -40 y Portugal, Edificio Athos, oficina 802

电话(tel): 593-999807079

传真(fax):

电子邮件e-mail: cvasquezro@gmail.com

卖方: 沧州市螺旋钢管集团有限公司

Seller: Cangzhou Spiral Steel Pipes Group Co., Ltd.

法定代表人: 孙铁岭

Legal Representative: Sun Tieling

地址: 沧州市新华区解放东路92号 Add: No.92 Jiefang East Road, Cangzhou City, Hebei Province, China

电话(Tel): 86-317- 3562604

传真(Fax): 86-317-3562604

电子邮件(e-mail): 331627065@qq.com

Business number: 91130900601212826W

此合同经买卖双方同意按照以下条款由买方购进卖方售出以下商品:

It has been agreed that the Buyer buys and the Seller sells the pipes according to the terms and conditions specified here under (the "Goods"):

No.	Name	Specification (mm)		STEEL GRADE	QUANTITY			UNIT PRICE USD/M.TON	TOTAL AMOUNT (USD) FOB TIANJIN	NOTES
		O.D.	W.T		PIECE	METER	M.TON			
1	SSAW STEEL PIPE	609.6	5	Q235B	1372	16464	1227.391	978	1200388.40	12M/PC
2	SSAW STEEL PIPE	609.6	6	Q235B	238	2856	255.069	912	232622.93	12M/PC
3	SSAW STEEL PIPE	609.6	7	Q235B	463	5556	577.991	880	508632.08	12M/PC
4	SSAW STEEL PIPE	609.6	8	Q235B	264	3168	376.01	860	323368.60	12M/PC
5	SSAW STEEL PIPE	609.6	9	Q235B	140	1680	223.961	845	189247.05	12M/PC
6	SSAW STEEL PIPE	609.6	10	Q235B	99	1188	175.67	835	146684.45	12M/PC
7	SSAW STEEL PIPE	609.6	11	Q235B	82	984	159.792	824	131668.61	12M/PC
8	SSAW STEEL PIPE	508	5	Q235B	10	120	7.442	954	7099.67	12M/PC
9	SSAW STEEL PIPE	508	6	Q235B	27	324	24.067	910	21900.97	12M/PC

TUBERIA Q235B DIFERENTES DIAMETROS

N°	Rubro / Descripción	Unidad	Cantidad	Costo directo	Precio total	area (m2)	peso especifico (Kg/m3)	peso total (kg)	Costo total (\$/Kg)	Peso por lm (kg/m)	COSTO \$/m	TRANSPORTE	SOLO SUMINISTRO	
													COSTO /M PUESTO EN OBRA	COSTO TOTAL
1	Sum. Inst. tub. Q235B 600mm e=5mm \$	M	16.009,60	152,86	2.447.227,46	0,010	7.850,00	1.256.739,60	1,95	78,50	73,36	1,92	75,36	1.208.455,44
3	Sum. Inst. tub. Q235B 600mm e=7 mm \$	M	5.609,47	186,01	1.043.417,51	0,014	7.850,00	616.480,75	1,69	109,90	102,70	1,93	104,70	587.320,20
5	Sum. Inst. tub. Q235B 600mm e=9 mm \$	M	2.523,37	222,24	560.793,75	0,018	7.850,00	354.552,18	1,57	141,30	132,04	1,94	134,04	338.244,75
6	Sum. Inst. tub. Q235B 600mm e=10mm \$	M	1.385,61	255,93	326.905,97	0,019	7.850,00	206.663,73	1,58	149,15	139,38	1,94	141,38	195.898,48
			<b>25.528,05</b>		<b>4.378.345,69</b>			<b>2.436.450,27</b>						

Anexo N: Tabla de dimensiones Tubería A36.

Dimensiones y Pesos Tubería acero con y sin costura convencionales de acuerdo a fórmula peso específico 7850 Kg/m <sup>3</sup>								
Nominal Diameter	Diametro exterior Outside Diameter		Espesor de pared Wall thickness		Cédula Schedule / Designation	Peso Weight		
	in	in	mm	in		mm	Lb/ft	kg/m
20	20.000	508.0	0.562	14.27			116.79	173.80
			0.594	15.09	40		123.23	183.39
			0.625	15.88			129.46	192.66
			0.688	17.48			142.04	211.39
			0.750	19.05			154.35	229.70
			0.812	20.62	60		166.57	247.88
			0.875	22.23			178.90	266.24
			0.938	23.83			191.15	284.47
			1.000	25.40			203.12	302.28
			1.031	26.19	80		209.08	311.15
			1.062	26.97			215.01	319.98
			1.125	28.58			227.01	337.83
			1.188	30.18			238.92	355.56
			1.250	31.75			250.57	372.88
			1.281	32.54	100		256.35	381.50
			1.312	33.32			262.12	390.08
			1.375	34.93			273.78	407.44
			1.500	38.10	120		296.67	441.49
			1.750	44.45	140		341.44	508.11
1.969	50.01	160		379.56	564.84			
22	22.000	558.8	0.250	6.35	10		58.13	86.51
			0.281	7.14			65.25	97.10
			0.312	7.92			72.34	107.66
			0.344	8.74	STD		79.64	118.52
			0.375	9.53	20		86.70	129.02
			0.406	10.31			93.73	139.48
			0.438	11.13			100.97	150.25
			0.469	11.91			107.96	160.66
			0.500	12.70	30 XS		114.93	171.03
			0.562	14.27			128.80	191.68
			0.625	15.88			142.82	212.54
			0.688	17.48			156.76	233.28
			0.750	19.05			170.38	253.56
			0.812	20.62			183.93	273.72
			0.875	22.23	60		197.61	294.08
			0.938	23.83			211.21	314.31
			1.000	25.40			224.51	334.10
			1.062	26.97			237.72	353.77
			1.125	28.58	80		251.07	373.63
			1.188	30.18			264.33	393.36
			1.250	31.75			277.29	412.66
1.312	33.32			290.18	431.83			
1.375	34.93	100		303.18	451.19			
1.438	36.53			316.11	470.42			
1.500	38.10			328.74	489.22			
1.625	41.28	120		353.97	526.76			
1.875	47.63	140		403.41	600.34			
2.125	53.98	160		451.52	671.93			
24	24.000	609.6	0.218	5.00	5S		52.75	78.50
			0.250	6.35	10		63.31	94.20
			0.281	7.14			73.39	109.20
			0.312	7.92			79.01	117.58
			0.344	8.74			84.41	125.60
			0.375	9.53	20 STD		94.96	141.30
			0.406	10.31			100.22	149.15
			0.438	11.13			110.33	164.19
			0.469	11.91			116.05	172.70
			0.500	12.70	XS		125.62	186.94
			0.562	14.27	30		140.82	209.56
			0.625	15.88			156.19	232.43
			0.688	17.48	40		171.47	255.17
			0.750	19.05			186.42	277.42
			0.812	20.62			201.29	299.56
			0.875	22.23			216.32	321.92
			0.938	23.83			231.26	344.16
			0.969	24.61	60		238.59	355.06
			1.000	25.40			245.89	365.92
			1.062	26.97			260.43	387.56
			1.125	28.58			275.12	409.42
1.188	30.18			289.73	431.16			
1.219	30.96	80		296.88	441.81			

## Anexo O: Precio Tubería A36.



24 de octubre 2019

Atte: **Ing. ISRAEL AMANCHA**  
GERENTE GENERAL

**REF.: PROYECTO LINE PIPE**

**NUESTRA PROPUESTA: 2410190 02 LINE PIPE**

Estimado ingeniero Quintanilla,

De acuerdo con su solicitud, tenemos el agrado de presentarles la siguiente propuesta para la fabricación y suministro de tubería con costura longitudinal en acero al carbono ASTM A36 sin y con revestimiento externo e interno.

Atentamente,

**Antonella Villacreces**  
Dpto. Comercial II ELLOIL

## PROPUESTA REFERENCIAL 2410190 02 LINE PIPE

La propuesta detalla las especificaciones técnicas generales, precio, plazos de entrega, condiciones de pago y demás términos de todos los ítems propuestos.

### 1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

De acuerdo a las especificaciones técnicas solicitadas se presenta la siguiente información:

#### TUBERIA SIN REVESTIMIENTO.

Item	Detalle	Espesor (mm)	Kg/mt
1	Tubería ASTM A36 24plg espesor 5 mm	6,35	94,53
2	Tubería ASTM A36 24plg espesor 7mm	6,35	94,53
3	Tubería ASTM A36 24plg espesor 9mm	9,53	141,12
4	Tubería ASTM A36 24plg espesor 10mm	9,53	141,12

#### TUBERIA CON REVESTIMIENTO.

Item	Detalle	Espesor (mm)	Kg/mt
1	Tubería ASTM A36 24plg espesor 5 mm	6,35	94,53
2	Tubería ASTM A36 24plg espesor 7mm	6,35	94,53
3	Tubería ASTM A36 24plg espesor 9mm	9,53	141,12
4	Tubería ASTM A36 24plg espesor 10mm	9,53	141,12

#### Notas importantes, documentos y certificados habilitantes:

- Tubería de acero al carbono sin costura fabricada estrictamente bajo la norma API 5L.
- Revestimiento externo tricapa de poliuretano, 2.5mm de espesor norma DIN 30670
- Revestimiento interno de acuerdo a norma AWWA
- Todas las tolerancias, así como el resto de las características geométricas (espesor de pared, longitud, etc.) deberán satisfacer las requeridas en la norma API-5L.
- QCP (Quality Control Plan) de la tubería
- ITP (Inspection and test Plan)
- MPS (Manufacturing Procedure specification) para el revestimiento externo
- QCP (Quality Control Plan) del revestimiento externo de la tubería
- Certificado del fabricante de la tubería API 5L vigente por lo menos 12 meses después de la entrega de la tubería.
- Requisitos técnicos para el manejo, almacenamiento y transporte de la tubería.
- Certificado de origen

### 2. PRESUPUESTO

El presupuesto es referencial y aplica por metro lineal.

Item	Detalle	Espesor (mm)	Kg/mt	USD/Metro
1	Tubería ASTM A36 24plg espesor 5 mm	6,35	94,53	128,56
2	Tubería ASTM A36 24plg espesor 7mm	6,35	94,53	128,56
3	Tubería ASTM A36 24plg espesor 9mm	9,53	141,12	191,92
4	Tubería ASTM A36 24plg espesor 10mm	9,53	141,12	191,92

Item	Detalle	Espesor (mm)	Kg/mt	USD/Metro
1	Tubería ASTM A36 24plg espesor 5 mm	6,35	94,53	143,69
2	Tubería ASTM A36 24plg espesor 7mm	6,35	94,53	143,69
3	Tubería ASTM A36 24plg espesor 9mm	9,53	141,12	214,5
4	Tubería ASTM A36 24plg espesor 10mm	9,53	141,12	214,5

### 3. FORMA Y CONDICIONES DE PAGO

La forma de pago será 50% en calidad de anticipo con la firma del contrato y el 50% contra

entrega de los bienes.

**4. GARANTÍA**

Se emitirá una garantía técnica de un año a partir de la fecha de recepción.

**5. PLAZODE ENTREGA**

El plazo para la entrega es de máximo 120 días contados a partir de la firma del contrato y entrega del anticipo.

**6. LUGAR DE ENTREGA**

Guano, provincia de Chimborazo, sobre camión de acuerdo a incoterm DDP.

**7. VIGENCIA DE LAS OFERTAS**

La propuesta es referencial y está sujetas a cambios del precio de acero, sin previo aviso.