

R-DC-95

ELABORACION DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE CORTE, PREPARACION
Y CARACTERIZACION DE MUESTRAS BASADOS EN CRITERIOS Y ESTANDARES
DE CALIDAD PARA EL LABORATORIO DE INGENIERIA DE MATERIALES DEL
CENTRO DE INNOVACION Y TECNOLOGIA ICP.

VERSIÓN: 01



**ELABORACIÓN DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE SELECCIÓN, CORTE Y
PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA CARACTERIZACIÓN BASADO EN CRITERIOS
Y ESTÁNDARES DE CALIDAD SEGÚN LA NORMA API 5L EDICIÓN N0. 44 PARA EL
LABORATORIO DE INGENIERÍA DE MATERIALES DEL CENTRO DE INNOVACIÓN Y
TECNOLOGÍA ICP.**

AUTORES

Yerzon Alexander Aguilar Colmenares – 1.098.742.295

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
TECNOLOGÍA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO
BUCARAMANGA
07-06-2019**

R-DC-95

ELABORACION DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE CORTE, PREPARACION
Y CARACTERIZACION DE MUESTRAS BASADOS EN CRITERIOS Y ESTANDARES
DE CALIDAD PARA EL LABORATORIO DE INGENIERIA DE MATERIALES DEL
CENTRO DE INNOVACION Y TECNOLOGIA ICP.

VERSIÓN: 01



**ELABORACIÓN DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE SELECCIÓN, CORTE Y
PREPARACIÓN DE MUESTRAS PARA CARACTERIZACIÓN BASADO EN CRITERIOS
Y ESTÁNDARES DE CALIDAD SEGÚN LA NORMA API 5L EDICIÓN N0. 44 PARA EL
LABORATORIO DE INGENIERÍA DE MATERIALES DEL CENTRO DE INNOVACIÓN Y
TECNOLOGÍA ICP.**

AUTORES

Yerzon Alexander Aguilar Colmenares – 1.098.742.295

**Trabajo de Grado para optar al título de
TECNOLOGO EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROMECHANICO**

DIRECTOR

M. Ing. Diana Carolina Dulcey Díaz

GRUPO DE INVESTIGACIÓN DIMAT-DISEÑO Y MATERIALES

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍAS
TECNOLOGÍA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROMECHANICO
BUCARAMANGA
07-06-2019**

R-DC-95

ELABORACION DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE CORTE, PREPARACION
Y CARACTERIZACION DE MUESTRAS BASADOS EN CRITERIOS Y ESTANDARES
DE CALIDAD PARA EL LABORATORIO DE INGENIERIA DE MATERIALES DEL
CENTRO DE INNOVACION Y TECNOLOGIA ICP.

VERSIÓN: 01

Nota de Aceptación

Trabajo de grado titulado: ELABORACIÓN
DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE
CORTE, PREPARACION Y
CARACTERIZACIÓN DE MUESTRAS
BASADOS EN CRITERIOS Y ESTANDARES
DE CALIDAD PARA EL LABORATORIO DE
INGENIERIA DE MATERIALES DEL CENTRO
DE INNOVACION Y TECNOLOGIA ICP.

Presentado por: YERZON ALEXANDER AGUILAR COLMENARES

Firma del Jurado

Firma del Jurado

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primordialmente a Dios por bendecirme y llenarme de sabiduría e inteligencia para continuar en momentos difíciles le agradecerle de manera sincera por brindarme la oportunidad de realizar este sueño tan anhelado.

A la las Unidades Tecnológicas de Santander y a mis profesores, les expreso mi agradecimiento por ser la fuente de conocimiento que me abrió las puertas para entrar en el ámbito profesional, por brindarme los conocimientos y los espacios necesarios para formarme de la mejor manera y ser mejor persona.

A mi directora de grado la ingeniera Diana Carolina Dulcey Díaz por su esfuerzo, preocupación y dedicación constante, agradezco por las enseñanzas y orientación en el cumplimiento de los objetivos, que logro guiarme para el excelente desarrollo de este proyecto de grado.

A mi familia por estar siempre a mi lado, padres, primos, amigos, compañeros de trabajo, conocidos, a cada uno de ellos le doy gracias porque de alguna manera intervinieron en este gran logro.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO.....	10
INTRODUCCIÓN.....	11
1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	12
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	13
1.3. OBJETIVOS	14
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	14
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES	14
2. MARCOS REFERENCIALES	17
2.1. MARCO TEORICO	17
2.1.1. ANÁLISIS DE INSPECCIÓN VISUAL	17
2.1.2. PREPARACIÓN DE PROBETAS.....	17
2.1.3. SELECCIÓN DEL LUGAR DE LA MUESTRA O MUESTREO	17
2.1.4. ENSAYO DE METALOGRAFÍA	18
2.1.5. ATAQUE QUÍMICO EN ENSAYO METALOGRÁFICO.....	18
2.1.6. ENSAYO DE DUREZA BRINELL.....	18
2.1.7. ENSAYO DE COMPOSICIÓN QUÍMICA.....	20
2.1.8. NORMA API 5L “ESPECIFICACIONES PARA TUBERÍA DE TRANSPORTE”	20
2.1.9. NORMA ASTM E 3 – 01 (2007) “GUÍA ESTÁNDAR PARA PREPARACIÓN DE MUESTRAS METALOGRÁFICAS”	20
2.1.10. NORMA ASTM E10-10 “MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DUREZA BRINELL DE MATERIALES METÁLICOS”	21
2.1.11. NORMA E1806 - 96 “PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA EL MUESTREO DE ACERO Y HIERRO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA”	21
2.2. MARCO CONCEPTUAL	21
2.2.1. FUNDAMENTOS DE UN MANUAL.....	21
2.2.2. PROCEDIMIENTOS	22
2.2.3. EXAMEN MACRO GRAFICO.....	22
2.2.4. EXAMEN MACROSCÓPICO	22
2.2.5. EXAMEN MICROSCÓPICO	22
2.2.6. DUREZA.....	23
2.2.7. NÚMERO DE DUREZA BRINELL	23
2.2.8. LA REPETIBILIDAD R	23
2.2.9. ESPECTROMETRÍA DE EMISIÓN ÓPTICA	24
2.2.10. ESTÁNDARES Y CERTIFICADOS DE REFERENCIA.....	24
3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO	25

3.1. FASE 1: CAPACITACIONES	25
3.1.1. CAPACITACIÓN E INFORMACIÓN REFERENCIAL PARA BUENAS PRÁCTICAS EN EL ICP.....	25
3.2. FASE 2: COMPRESION METODOLOGICA	26
3.2.1. REVISIÓN DE LOS INSTRUCTIVOS, MANUALES Y NORMAS PRESENTES EN EL LABORATORIO PARA PREPARACIÓN DE MUESTRAS.....	26
3.2.2. APRENDIZAJE PRÁCTICO PARA SEGURIDAD DE CONOCIMIENTOS EN PROCEDIMIENTOS DE SELECCIÓN, CORTE Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS	32
3.3. FASE 3: DOCUMENTACION	47
3.3.1. DESARROLLO DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PREPARACION DE MUESTRAS A TUBERIA DE LINEA BAJO LA NORMA API 5L	47
<u>4. RESULTADOS</u>	<u>48</u>
<u>5. CONCLUSIONES</u>	<u>49</u>
<u>6. RECOMENDACIONES</u>	<u>50</u>
<u>7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>51</u>
<u>8. ANEXOS</u>	<u>53</u>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. (a) Proceso de indentación Brinell, (b) Medición del diámetro de la huella dejada por la indentación	19
Figura 2. Capacitación dentro de las instalaciones del ICP	26
Figura 3. Orientaciones y ubicaciones de las muestras	33
Figura 4. Inspección visual y documentación fotográfica de tubo bajo norma API 5L.....	38
Figura 5. Cuadrícula en cuerpo del tubo para prueba de espesores	38
Figura 6. Cortadoras del área del chircal	39
Figura 7. Tubería cortada en el area del Chircal con Cortadora Industrial.....	40
Figura 8. Cortadoras Abrasivas del Area de Preparacion de Muestras	41
Figura 9. Montadora De Muestras. Lab. Materiales - ICP	42
Figura 10. Probeta Para Ensayo De Metalografía.....	42
Figura 11. Desbastadora De Doble Banda. Lab. Materiales – ICP	43
Figura 12. Desbastadora De Cuatro Lijas Handimet. Lab. Materiales – ICP	44
Figura 13. Pulidora De Velocidad Variable Lab. Materiales – ICP.....	45
Figura 14. Muestras Para Ensayo De Dureza De Brinell.....	45
Figura 15. Muestras para Ensayo de composicion quimica.....	46
Figura 16. Diagrama de flujo de procedimiento de preparación de muestras.....	47
Figura 17. Tabla de contenido del manual de procedimientos de preparación de muestras	48

R-DC-95

ELABORACION DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE CORTE, PREPARACION
Y CARACTERIZACION DE MUESTRAS BASADOS EN CRITERIOS Y ESTANDARES
DE CALIDAD PARA EL LABORATORIO DE INGENIERIA DE MATERIALES DEL
CENTRO DE INNOVACION Y TECNOLOGIA ICP.

VERSIÓN: 01

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Condiciones de la prueba y el margen de dureza recomendada.....	30
Tabla 2. Número, orientación y ubicación de las piezas de ensayo para las pruebas mecánicas de tubería PSL 1.....	34
Tabla 3. Número, orientación y ubicación de las piezas de ensayo para pruebas mecánicas de tubería PSL 2.....	36

R-DC-95

ELABORACION DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE CORTE, PREPARACION
Y CARACTERIZACION DE MUESTRAS BASADOS EN CRITERIOS Y ESTANDARES
DE CALIDAD PARA EL LABORATORIO DE INGENIERIA DE MATERIALES DEL
CENTRO DE INNOVACION Y TECNOLOGIA ICP.

VERSIÓN: 01

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Manual de procedimientos de corte y preparación de muestras..... 53

RESUMEN EJECUTIVO

En el Laboratorio De Ingeniera De Materiales Del Centro De Innovación y Tecnología ICP donde se presta servicio a las áreas de refinación, ambiental y transporte, se realizaron pruebas en los materiales metálicos provenientes de las tuberías, las cuales presentaban fallas o corrosión y eran recibidas para ser estudiadas e identificar sus propiedades físicas, químicas, mecánicas y térmicas entre otras.

Para conocer las propiedades, los metales o aleaciones fueron sometidos a unos ensayos mecánicos y químicos, que permitieron obtener los resultados de las propiedades que los caracterizan. Como propósito de estas prácticas se hizo la participación del desarrollo de estos ensayos en el laboratorio, donde inicialmente se adquirieron los conocimientos básicos a través de las metodologías actuales utilizadas en el laboratorio como instructivos de operación, manuales y normas con el fin de obtener los conocimientos necesarios para realizar los procedimientos.

Para desarrollar con más validez la participación en estas pruebas se elaboró un esquema preliminar del paso a paso de los procesos de corte y preparación de probetas para caracterización del material de muestra metálica y con esto se generalizaron los conceptos básicos para la comprensión de los procedimientos de preparación de una muestra antes de la caracterización.

El resultado final de las prácticas en el laboratorio se determinó con el desarrollo de un manual de los procesos de corte y preparación de muestras metálicas, teniendo en cuenta las mejores prácticas recomendadas y metodologías basadas en las normas, fundamentalmente en la API 5L dirigida a tubería de conducción de oleoductos y gasoductos también conocida como tubería de línea, con el fin de obtener un procedimiento que sirva como guía con claras opciones para realizar la práctica de preparación de muestras para los trabajadores de nuevo ingreso encargados de la elaboración de probetas para caracterización.

PALABRAS CLAVE: Caracterización, Corte, Ensayos, Preparación, Manual.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de este proyecto describe los procesos para la elaboración de un manual de procedimientos orientado al proceso de preparación de muestras metálicas para su caracterización en el Laboratorio De Ingeniería De Materiales Del Centro De Tecnología e Innovación ICP, definido como un proceso importante para la revelación de la historia del tratamiento mecánico y térmico que ha sufrido un metal durante su fabricación o uso en la industria.

El objetivo principal de este proyecto es documentar el desarrollo de los procesos selección, corte y preparación de muestras metálicas para caracterización con el fin de estudiar las características estructurales o de constitución del metal o aleación para relacionarlo con las propiedades físicas, mecánicas y químicas del mismo.

Para el desarrollo de este proyecto, es necesario realizar una fase de investigación teórica descriptiva de todo el proceso que conllevan al estudio de las características de los metales en el laboratorio; en este proceso de caracterización, el ensayo de metalografía es el que se encarga de revelar los componentes y estructuras de los metales y sus aleaciones en la sección transversal y longitudinal por medio de la observación de un microscopio óptico o el escaneado de luz de electrones, el ensayo de composición química encargada del análisis de compuestos químicos de aleaciones metálicas en el espectrómetro de emisión óptica y el ensayo de dureza Brinell permite la caracterización según la dureza de materiales metálicos con el durómetro por medio de la aplicación constante de carga. Otros ensayos presentes en el laboratorio son el ensayo de tracción-tensión el cual caracteriza en términos de la resistencia a la fractura los materiales metálicos y el ensayo de impacto CVN que permite definir la resistencia a la fractura de materiales metálicos bajo condiciones dinámicas de impacto.

El desarrollo de este manual se realizó por el interés del laboratorio de determinar un procedimiento en sus procesos de preparación de muestras para la caracterización de tubería metálica de conducción de oleoducto y gasoducto basado en estándares de calidad guiado por la norma API 5L. Por otra parte, también se expondrán brevemente los métodos de preparación de muestras bajo otras normas existentes utilizadas en el laboratorio.

La finalidad del manual es guiar a los trabajadores del laboratorio de ingeniería de materiales en los procesos de preparación de muestras de tubería de acero para los sistemas de transporte de oleoductos basado en la norma API 5L y otras normas existentes utilizadas.

1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Instituto Colombiano del Petróleo tiene como razón de ser, el desarrollar, adaptar y transferir soluciones tecnológicas de alto impacto para la industria petrolera, fortaleciendo el sistema de competitividad e innovación del país, por esta razón requiere en sus instalaciones profesionales encargados del estudio de diversas tecnologías correspondientes a sus áreas de trabajo. En el caso del laboratorio de ingeniería de materiales que se encarga de estudiar y realizar pruebas en los materiales como metales, plásticos, cerámicos y compuestos, para elaborar productos que utiliza Ecopetrol en sus procesos con hidrocarburos necesita consolidar los conceptos de procedimientos de corte y preparación de probetas para la caracterización de las muestras que permiten estudiar, clasificar y analizar sus propiedades físicas, químicas, mecánicas, ópticas, térmicas y magnéticas.

Un adecuado proceso en estas pruebas y una acertada interpretación de los resultados de las mismas, resultan ser sumamente útiles en evaluaciones comparativas, en la selección de un material para su utilización en un ambiente corrosivo determinado y para garantizar el cumplimiento de ciertas exigencias de índole técnica. La elaboración de un manual de procedimientos radica en la facilidad de orientar al trabajador del laboratorio en un contorno de fácil entendimiento y aprendizaje en la preparación de muestras para los ensayos de caracterización. Si el trabajador encargado en la preparación de muestras no está capacitado o posee un manual para la adecuada realización de los procedimientos de preparación puede causar un daño en las muestras para su posterior análisis, el cual puede afectar en el éxito de los resultados o demorar el proceso de validación de pruebas en el laboratorio.

La elaboración del manual de procedimientos de corte y preparación de muestras para caracterización según estándares de calidad bajo la norma API 5L, permite la disminución del tiempo en los procesos de práctica y una mejora en la calidad de las muestras para los ensayos implementados por el laboratorio para tubería de línea que presente fallos o irregularidades. Se crea un orden y un paso a paso seguro para obtener las muestras y evitar una falla en los resultados de los materiales analizados.

La pregunta que representa la problemática es ¿Se podrá elaborar un manual de procedimientos que contenga los protocolos que se implementan en el laboratorio de materiales, para muestras que presentan corrosión, que permita realizar una mejora, para así fortalecer el sistema de competitividad e innovación que presenta el ICP?

1.2. JUSTIFICACIÓN

En el Instituto Colombiano del Petróleo es muy importante mantener los estándares de calidad que representa gran parte de su compromiso con el sector productivo de hidrocarburos del país por esta razón el laboratorio de Ingeniería de Materiales hace parte fundamental de este proceso con su trabajo de caracterización de metales y otros materiales presentes en los recursos del instituto que brindara seguridad a los servicios de las áreas de refinación, ambiental y transporte.

Para dar solución a la problemática, se plantea estructurar un manual de procedimientos, para el laboratorio de ingeniería de materiales del centro de innovación y tecnología ICP. Con el propósito de contar con un instrumento de apoyo o guía que permita inducir al personal de nuevo ingreso en las actividades corte y preparación de probetas para la caracterización de muestras metálicas de tubería de transporte de oleoducto basado en la norma API 5L que se desarrollan en el laboratorio de ingeniería de materiales.

A través de este manual se evitarán desorganizaciones al momento de realizar los procedimientos de preparación de muestras por parte de los trabajadores del laboratorio. Debido a su estructuración sencilla y precisa en la descripción de los procesos permite ubicar al trabajador en el punto exacto requerido para la continuidad de la práctica.

La propuesta es una guía para la elaboración de un manual de practica para el laboratorio de ingeniería del centro de innovación y tecnología ICP y para las Unidades Tecnológicas de Santander, la cual es una herramienta documental que ayuda a ambas entidades en sus estudios de análisis de materiales. Para la institución se busca que el estudiante pueda dedicar más tiempo al aprendizaje en la asignatura del laboratorio de resistencias de materiales con la facilidad brindada por medio de este manual.

Como algo para tener en cuenta, el reconocimiento que brinda una oportunidad laboral con Ecopetrol o una de sus organizaciones implicaría mayor reputación para las Unidades Tecnológicas de Santander y en sus estudiantes, el objetivo de esta práctica empresarial es dar la oportunidad que se mejore la relación de Ecopetrol con la Universidad y tener la posibilidad de realizar posteriores proyectos de diversa índole.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar un manual de los procedimientos de corte y preparación de muestras para caracterización basado en los criterios y estándares de calidad definidos en normas o metodología recomendadas para el Laboratorio de Ingeniería de Materiales del centro de innovación y tecnología ICP.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Adquirir conocimientos básicos a través de las metodologías actuales utilizadas en el Laboratorio de Ingeniería de Materiales con el fin de identificar los procesos realizados para la caracterización de tuberías metálicas analizadas en el laboratorio.
- Elaborar un esquema preliminar del paso a paso de corte y preparación de probetas para la caracterización del material de muestra metálica con el fin de generalizar los conceptos básicos para comprensión del procedimiento de una muestra antes de la caracterización.
- Registrar en un manual los procesos de corte y preparación de muestras metálicas para caracterización teniendo en cuenta mejores prácticas recomendadas y metodologías basadas en normas con el fin de obtener un procedimiento que sirva como apoyo para los trabajadores encargados de la elaboración de probetas para caracterización.

1.4. ESTADO DEL ARTE / ANTECEDENTES

Las referencias de tesis de grado que se presentan en este trabajo, permitirán guiar al desarrollo de este manual de procesos de prácticas de preparación de muestras para caracterización de metales en base a otros manuales y estudios de caracterización que se encuentran desarrollados, se hace mención de los tipos de caracterización por medios de ensayos y la función de estos que tienen como objeto el desarrollo del trabajo.

DISEÑO Y ELABORACIÓN DE LAS GUÍAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN LOS ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES, DUREZA, EMBUTIDO, DOBLEZ E IMPACTO DE LA ASIGNATURA METALURGIA MECÁNICA DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA METALÚRGICA

Cuervo Silva, Viáfara Arango y Meneses Rincón, en el (2018) en la ciudad de Bucaramanga realizaron en la Universidad Industrial de Santander de Colombia un proyecto de grado el cual consistió en diseñar y elaborar las guías prácticas del laboratorio en los ensayos de dureza, embutido, doblez e impacto que cumplan con la necesidad que tiene la escuela de ingeniería metalúrgica de la universidad y también que

pueda brindar al estudiante un medio didáctico y eficaz para que pueda aplicar estos tipos de ensayos en distintos tipos de materiales metálicos y así fortalecer sus competencia académicas en un ámbito actualizado y eficiente para la industria a nivel nacional e internacional. (Cuervo Silva, Viafara Arango, & Meneses Rincon, 2018).

APOYO A LA CARACTERIZACION DE MICROESTRUCTURAS DE ALEACIONES METALICAS Y EL TRATAMIENTO TERMICO APLICADO A ELEMENTOS Y/O MATERIALES METALICOS DE CONSTRUCCION, EN LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR, BAHIA BLANCA, ARGENTINA.

Sepulveda Buitrago (2017) en bucamamanga/Santander realizo para la Universidad Pontificia Bolivariana en la Escuela de Ingenierias Facultad de Ingenieri Civil un trabajo de grado donde muestra las actividades ejecutadas como apoyo al grupo de investigacion del laboratorio de metalurgica a la Universidad Nacional Del Sur en la ciudad de bahia blanca, provincia de Buenos Aires, Argentina, encabezado por el PHD Alberto Picasso.

El objetivo principal de la practica era caracterizar microestructuras de nuevas alecciones metalicas, analizando su comportamiento termico a temperaturas de 700°C hasta 900°C con tiempos de envejecimiento de 15 minutos hasta cientos de horas. Como actividades realizadas se encontraban la metalografia, microscopias, calculos de fracciones volumetricas, disoluciones de matrices y mediciones de micro-dureza. (Sepulveda Buitrago, 2017)

ESTRUCTURACIÓN DEL MANUAL DE PRUEBA DE UNA MAQUINA UNIVERSAL POR MEDIO DE ENSAYOS DE TENSIÓN Y COMPRESIÓN PARA LA ASIGNATURA DE RESISTENCIA DE MATERIALES DE LAS UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER SEDE BARRANCABERMEJA

Espinosa Montes, Sierra Gonzales, Oliveros Vega en (2017) en la ciudad de Bucaramanga/Santander desarrollaron para las Unidades Tecnologicas de Santander, la estructuracion de un manual de prueba de una maquina universal para la asignatura de resistencia de materiales para optar por el titulo de Tecnologo en Operación y Mantenimiento Electromecanico. Este manual serviria como guia a los estudiantes en las pruebas de ensayos mecanicos, incluyendo el paso a paso para la contruccion del manual, la informacion que debe contener y como se estructura, como elaborar ensayos practicos de tension y compresion en la maquina universa, como generar los modelos de las tablas utilizadas para anexar los resultados de las pruebas y finalmente documentar los procedimientos de los ensayos de tension y compresion en el manual de practicas para conocer las caracteristicas mecanicas. (Espinosa Montes, Sierra Gonzales, Oliveros Vega, & Villalobos, 2017).

DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UNA MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PARA LOS LABORATORIOS DE RESISTENCIA DE MATERIALES, METALOGRAFIA, ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS Y TRATAMIENTOS TERMICOS DE LA FACULTAD DE MECANICA

Peñañiel Pilco (2014) en Riobamba – Ecuador, como tesis de grado para la obtencion del titulo de ingeniero mecanico diseño un manual de operación y mantenimiento para los laboratorios de resistencias de materiales, metalografía, ensayos no destructivos y tratamientos termicos de la Facultad De Mecanica De La Escuela Superior Politecnica De Chimborazo, con la finalidad de dar apoyo a los estudiantes y responsables del laboratorio, familiarizandolos con la correcta operación y mantenimiento de las maquinas, equipos e instrumentos existentes. (Peñañiel Pilco, 2014)

ANÁLISIS DE ACEROS POR MICROSCOPIA ÓPTICA.

Guzmán Ornelas, García Lira y Arenas Romero, en junio del año (2013) en ciudad de México D.F. Realizaron en el Instituto Politécnico Nacional una guía práctica de análisis metalográfico para aceros, para la observación en el microscopio óptico, en el laboratorio de ensaye de materiales(metalografía) para obtener el título de Ingeniero Mecánico. Este trabajo describió los métodos para preparar muestras pequeñas de aceros, con el fin de hacer un examen metalográfico y tuvo como objetivo principal ayudar al estudiante de ingeniería a comprender mejor la metalografía y entender la importancia que tiene en el estudio de los materiales metálicos y aleaciones. (GUZMAN ORNELAS, 2013)

ESTIMACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE EN PRUEBAS DE DUREZA ROCKWELL C Y B

Paz Esquivel y García Núñez, en el (2013) en la ciudad de Méjico D.F. Realizaron en el Instituto Politécnico Nacional una tesis de grado la cual establece una metodología para la determinación de la incertidumbre en las pruebas de dureza Rockwell en escala C y B, empleando el método de la norma ASTM E18 “Norma de Ensayos de Dureza Rockwell y Rockwell Superficial para materiales metálicos” y la Norma Mexicana NMX-CH-140-INMC “Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones”.

Adicionalmente presentaron un estudio estadístico de control de calidad, donde los resultados permitían concluir que el método de la obtención de dureza, se encuentra dentro de los límites de control de calidad basado en ciento cincuenta muestras experimentales usando bloques patrón. Además, se demostró que el proceso de medición era exacto y preciso. (Paz Esquivel & Garcia Nuñez, 2013)

2. MARCOS REFERENCIALES

2.1. MARCO TEORICO

2.1.1. ANÁLISIS DE INSPECCIÓN VISUAL

Este análisis busca determinar principalmente sobre la muestra analizada, las características morfológicas de la superficie interna y externa de cada una de las cañuelas recibidas. La evaluación se desarrolla en un recinto garantizando las condiciones de iluminación requerida, humedad y extracción de olores controlada. Durante la evaluación, el analista se vale de instrumentos como son; la lupa, imán y pinzas para completar la evaluación a escala macroscópica; a su vez, para evaluaciones más avanzadas y a escala microscópica se apoya de equipos que ofrecen mayor resolución como son el microscopio estereográfico y un video microscópico de alta resolución. (Martinez Ramirez, y otros, 2007)

2.1.2. PREPARACIÓN DE PROBETAS

Una superficie metálica en la que se observaran las fases microscópicas ha de ser plana y estar pulida. Plana, porque la pequeña profundidad de foco de los sistemas ópticos de observación con grandes aumentos no permitiría enfocar la imagen simultáneamente en planos situados a distintos niveles. Pulida, para que solo puedan aparecer en ella detalles propios de su estructura. (Martinez Ramirez, y otros, 2007)

2.1.3. SELECCIÓN DEL LUGAR DE LA MUESTRA O MUESTREO

La localización de la parte que se va a ser estudiada puede ser, por ejemplo, la falla de una pieza, en el límite entre una soldadura y el metal base, perpendicular o en la misma dirección de un laminado, o tal vez se quiera observar una parte representativa de una gran pieza. Cuando el material se considera homogéneo, una probeta es suficiente; pero si se supone la presencia de algunas irregularidades, se deben separar varias probetas de una misma pieza, tomadas en lugares apropiados. En piezas forjadas o fuertemente deformadas, como barras, alambres, laminas o elementos fabricados con estos materiales, existe mucha diferencia entre el aspecto de una sección transversal y una longitudinal. En una soldadura la observación más conveniente es la que permite ver el material de aporte, la zona afectada térmicamente o faltas de penetración o de fusión; todo en un plano perpendicular al de la unión. La observación de fisuras es necesario hacerla desde un plano perpendicular, que permita determinar si el crecimiento de la grieta presenta ramificaciones, o si la propagación es de tipo transgranular o intergranular. (Martinez Ramirez, y otros, 2007)

2.1.4. ENSAYO DE METALOGRAFÍA

Es la ciencia que estudia las características estructurales o constitutivas de un metal o aleación en la sección transversal y longitudinal por medio de luz óptica o microscopio de escaneo electrónico, relacionándolas con las propiedades físicas y mecánicas.

Entre las características estructurales están el tamaño de grano, forma y distribución de las fases que comprenden la aleación y las inclusiones no metálicas, así como la presencia de segregaciones y otras irregularidades, que profundamente pueden modificar las propiedades mecánicas y el comportamiento general de un metal. El procedimiento no solo sirve para el estudio de la estructura, sino que resulta muy útil para determinar otras características, como las particularidades de una grieta o el espesor y calidad de la interface de un recubrimiento. (GUZMAN ORNELAS, 2013)

2.1.5. ATAQUE QUÍMICO EN ENSAYO METALOGRÁFICO

El propósito del ataque es hacer visibles las características estructurales del metal o aleación. El proceso debe ser tal que queden claramente diferenciadas las partes de la microestructura esto se logra mediante un reactivo apropiado, que somete a la superficie pulida a una acción química. El reactivo de ataque reacciona con los átomos que están en los límites de grano, lo que permite distinguirlos; o también puede colorear una fase más que otra haciendo posible su distinción al microscopio. La selección del reactivo de ataque este determinado por el metal o aleación y la estructura específica que se desea ver. Los reactivos son en general ácidos muy diluidos; cada metal o aleación tiene sus reactivos apropiados, según lo que se quiera ver. En algunas ocasiones, después del pulido, se encuentra en la superficie una capa de material deformada; en tales casos se puede atacar y pulir varias veces, según la práctica del operario para reconocer cuando se tiene una estructura deformada o una estructura nítida y real. (Martinez Ramirez, y otros, 2007)

2.1.6. ENSAYO DE DUREZA BRINELL

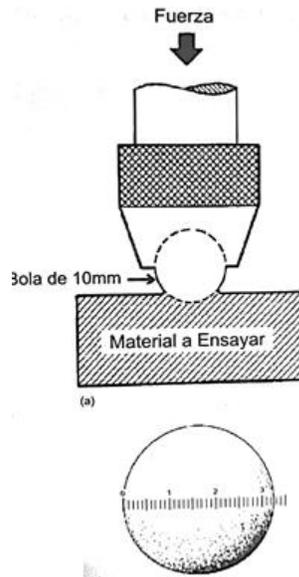
El ensayo de dureza Brinell consiste en la aplicación de una carga constante, usualmente de 500 a 3.000 kg, con un indentador tipo bola o esférico, fabricado con acero endurecido y de 10 mm de diámetro, sobre una superficie plana de una pieza por evaluar. (ver Figura 1. (a) Proceso de indentación Brinell, (b) Medición del diámetro de la huella dejada por la indentación). la carga de 500 kg es usualmente utilizada para ensayar materiales más blandos, como aleaciones de Cu u Al, mientras la carga de 3.000 kg es utilizada para materiales más duros, como aceros y fundiciones. La carga es sostenida por un tiempo específico (10 a 15 segundos para aceros y 30 segundos para materiales blandos), requerido para asegurarse de que el flujo plástico del material se ha detenido. Finalmente, el diámetro dejado por la indentación es medido para calcular la dureza del material ensayado. (Martinez Ramirez, y otros, 2007)

La dureza es evaluada por el diámetro medio de la indentación (dos lecturas diametrales cada 90°) y se calcula la dureza Brinell (HB) dividiendo la carga aplicada por el área superficial de la indentación, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$HB = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

F es la carga en kilogramos; D es el diámetro de la bola, en milímetros, y d es el diámetro de la indentación en milímetros.

Figura 1. (a) Proceso de indentación Brinell, (b) Medición del diámetro de la huella dejada por la indentación



Fuente. Libro Materiales de Ingeniería. Fig. 7.1 pág. 162

Los ensayos de dureza tienen una gran importancia, ya que se utilizan para verificar la calidad de los metales en los tratamientos térmicos, en la aceptación de los materiales durante su inspección, en la evaluación de soldaduras, en el análisis de fallas y al igual para poder seleccionar un material. En tales situaciones es necesario conocer las características del material y diseñar la pieza para una tarea específica de tal manera que cualquier deformación resultante, no sea excesiva y no se produzca en el peor de los casos una fractura. (Paz Esquivel & Garcia Nuñez, 2013)

Es el método más usado para medir la resistencia mecánica de un material, el cual consiste en la penetración de un cuerpo muy duro sobre la superficie del material ensayado. Se pueden utilizar diferentes tipos de ensayos que provienen de la utilización de distintas combinaciones de penetradores y cargas, lo cual permite ensayar cualquier metal o aleación desde el más duro al más blando, teniendo siempre en mente las bases teóricas que permiten analizar y comparar los diferentes resultados. (Cuervo Silva, Viafara Arango, & Meneses Rincon, 2018)

2.1.7. ENSAYO DE COMPOSICIÓN QUÍMICA

Este análisis está basado en la técnica de emisión atómica, la cual, depende de los átomos de los elementos que pueden ser energizados (excitados) para emitir energía radiante cuando son expuestos a una fuente de excitación, cuando esta energía radiante se dispersa, por medio de un prisma de difracción o de una rejilla, esta emerge como un espectro de luz característica de la estructura del átomo que ha sido excitado. Átomos de elementos diferentes poseen diferentes configuraciones de electrones y, por lo tanto, cada elemento posee un espectro característico de radiación, con líneas espectrales características. En análisis cuantitativo, la intensidad de radiación representa la concentración del elemento en la muestra. La intensidad de radiación se convierte en energía eléctrica por intermedio de fotomultiplicadores. La señal eléctrica de salida del detector es procesada y registrada en un sistema periférico de impresión o video. (Lizcano Contreras J. M., EVALUACION MUESTRA TUBERIA DE LASTRE TNP, 2019)

2.1.8. Norma API 5L “Especificaciones Para Tubería De Transporte”

NORMA API 5L (2009) está dirigida a las especificaciones para la fabricación, compra y venta de tubería de acero al carbono que se utiliza para los sistemas de transporte de oleoductos y gasoductos. También puede emplearse para el transporte de otros líquidos como vapor, agua o lodo. Esta Norma Nacional Americana está bajo la jurisdicción del Subcomité 5 de la API de artículos tubulares. ISO 3183 fue preparada por el Comité Técnico ISO / TC 67, materiales, equipos y estructuras offshore para petróleo, petroquímica y gas natural, sistemas de transporte SC2, tubería de línea.

El alcance de la norma para la edición del 2012 se define como “Los requisitos para la fabricación de dos niveles de especificación del producto (el PSL1 y el PSL2) de tuberías de acero sin costura y soldadas para su uso en sistemas de transporte en industrias del petróleo y gas natural. Esta norma no es aplicable para tuberías de fundición”. (API 5L, 2009)

2.1.9. Norma ASTM E 3 – 01 (2007) “Guía Estándar Para Preparación De Muestras Metalográficas”

NORMA ASTM E3-01 (2007) está dirigida a la preparación de muestras metálicas para el proceso metalográfico mediante prácticas que la experiencia ha mostrado satisfactoriamente, pero no describe las variaciones en la técnica requerida para resolver problemas individuales presentes en la preparación. Para obtener una descripción más extensa de varias técnicas metalográficas la norma hace referencia a Samuels, L. E., Metallographic Pulshing por Métodos Mecánicos, American Society for Metals (ASM) Metals Park, OH, 3er Ed., 1982; Petizo, G., Metallographic Aguas, ASM, 1978; y Vander-Voort, G., Metalografía: Principios y Práctica, McGraw Hill, NY, 2º Ed., 1999.

Esta norma presenta para la orientación del metalográfico solo aquellas prácticas que la experiencia ha demostrado son generalmente satisfactorias; no puede y no describe las variaciones en la técnica requerida para resolver problemas de preparación de muestras

individuales, tampoco pretende abordar todas las preocupaciones de seguridad, en su caso, asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias antes del uso. (ASTM E3, 2007)

2.1.10. Norma ASTM E10-10 “Método De Prueba Estándar Para Dureza Brinell De Materiales Metálicos”

NORMA ASTM E10-10 (2010) está dirigida a la determinación de la dureza Brinell de materiales metálicos por el principio de dureza por indentación Brinell. Esta norma proporciona los requisitos para una máquina de ensayo Brinell y los procedimientos para realizar pruebas de dureza Brinell.

Esta norma no pretende considerar todos los problemas de seguridad, si los hay, asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer las prácticas de seguridad y salud de esta norma establecer las prácticas de seguridad y salud apropiado y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso. (ASTM E10, 2010)

2.1.11. Norma E1806 - 96 “Práctica Estándar Para El Muestreo De Acero Y Hierro Para La Determinación De La Composición Química”

NORMA ASTM E1806-96 está dirigida a cubrir todos los aspectos de muestreo y preparación de aceros y hierros para el análisis químico, tal como se define en métodos de prueba, prácticas y definiciones A751 y Especificaciones A48. En esta norma se definen temas como la ubicación del muestreo y el muestreo de los lotes.

Se pretende que esta práctica incluya la mayoría de los requisitos para el muestreo de acero y hierro para análisis. Los métodos analíticos estándar que hacen referencia a esta práctica deben contener solo modificaciones y excepciones especiales. Se supone que todos los que utilicen estos procedimientos serán muestreadores capacitados capaces de realizar operaciones de muestreo comunes con habilidad y seguridad. Se espera que solo se utilicen equipos de muestreo adecuados con el uso de esta norma. (ASTM E1806, 1996)

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Fundamentos de un manual

El objetivo deberá contener una explicación del propósito que se pretende cumplir con el manual de procedimientos; su elaboración se ajustara a los lineamientos que se describen a continuación. Especificar con claridad la finalidad que pretende el documento, la redacción será clara, concreta y directa, la descripción se iniciará con un verbo en infinitivo, se evitará el uso de adjetivos calificativos. Ejemplo: bueno, excelente, el objetivo deberá ser lo más concreto posible, y su redacción clara y en párrafos breves; además, la

primera parte de su contenido deberá expresar qué se hace; y la segunda, para qué se hace. (Espinosa Montes, Sierra Gonzales, Oliveros Vega, & Villalobos, 2017)

2.2.2. Procedimientos

Constituye la parte central o sustancial del Manual de Procedimientos, se integra por los siguientes apartados: Programa general (2003) declara. “El nombre del procedimiento debe dar idea clara de su contenido. La descripción del procedimiento debe redactarse en forma clara y sencilla. No se deben incluir dos procedimientos diferentes en uno” (p.17). (Espinosa Montes, Sierra Gonzales, Oliveros Vega, & Villalobos, 2017)

2.2.3. Examen Macro grafico

Es la forma más sencilla de realizar un estudio, este consta en examinar la superficie metálica a simple vista, pudiendo determinar de esta forma las características macroscópicas, del cual se puede obtener datos sobre los tratamientos mecánicos sufridos por el material (es decir se puede determinar si el material fue trefilado, laminado, forjado, etc.) o determinar la distribución de defectos (grietas superficiales, rechupes, poros, partes soldadas, etc.). (GUZMAN ORNELAS, 2013)

2.2.4. Examen Macroscópico

El examen macroscópico es aquel que se puede realizar a simple vista, es decir sin necesidad de microscopio. Dependiendo del estudio a realizar, se utiliza criterios para el tipo de corte a realizar (transversal o longitudinal) para extraer la muestra, por ejemplo, un corte transversal para determinar la naturaleza del material, homogeneidad, segregaciones, proceso de fabricación de caños, etc., y un corte longitudinal para controlar los procesos de fabricación de pieza tipo y calidad de la soldadura, etc. El rango de tamaño que se puede ver en este análisis es de 10^{-3} m en adelante el análisis macroscópico se puede usar en:

- Líneas de flujo en materiales forjados.
- Capas en herramientas endurecidas por medio de tratamiento térmico.
- Zonas resultado del proceso de soldadura.
- Granos en algunos materiales con tamaño de grano visible.
- Marcas de maquinado.
- Grietas y ralladuras.
- Orientación de la fractura en fallas.

2.2.5. Examen Microscópico

Es aquel que no se puede realizar a simple vista (menor a 10^{-3} m). Observar las estructuras microscópicas en materiales ayuda a comprender el comportamiento de los mismos. Se basa en la amplificación de la superficie mediante instrumentos ópticos (microscopio) para observar características estructurales microscópicas (microestructura).

Este tipo de examen permite realizar el estudio o controlar el proceso térmico al que ha sido sometido el metal, debido a que los mismos nos ponen en evidencia la estructura o los cambios estructurales que sufren en dicho proceso. El análisis microscópico se puede usar en:

- Tamaño de grano.
- Límites de grano y dislocaciones.
- Análisis micro estructural.
- Distribución de fases en aleaciones.

Para comprender el análisis microscópico es necesario tener claridad sobre el concepto de grano y el funcionamiento del microscopio metalográfico. (Piñero Prado, Andrea, 2011)

2.2.6. Dureza

Dureza es un término que tiene diferente significado, de acuerdo con la profesión de las personas: es la resistencia a la penetración para un metalurgista, resistencia al desgaste para un ingeniero de lubricación, una medida del flujo de esfuerzos para un ingeniero de diseño, la resistencia al rayado para un mineralogista y la resistencia al corte para un tornero. A pesar de estas definiciones de dureza, todas están relacionadas con esfuerzos de flujo plásticos en el material.

Los tipos de ensayo para determinar la dureza son:

- a. **Ensayos de indentación estáticos;** en los cuales una bola, un cono de diamante o piramidal es forzado sobre el material que será ensayado. De este tipo de ensayo tenemos los ensayos Brinell, Rockwell, Knoop, Vickers y por ultrasonido.
- b. **Ensayos de indentación dinámicos;** en los cuales un objeto de masa y dimensiones estándar es rebotado sobre la superficie. La altura del rebote es utilizada para medir la dureza. De este tipo tenemos el escleroscopio.
- c. **Ensayos por rayado;** en los cuales un material es juzgado como capaz de rayar a otro material. Los ensayos de Mohs y la lima de un tornero son de este tipo. (Martinez Ramirez, Ensayos Mecánicos de los Materiales Cap. 7, 2007)

2.2.7. Número de dureza Brinell

Un número, que es proporcional al cociente obtenido dividiendo la fuerza de ensayo por el área de superficie curvada de la indentación que se supone que es esférica y del diámetro de la bola.

2.2.8. La repetibilidad R

La repetibilidad R en el rendimiento de una máquina de dureza Brinell en cada nivel de dureza, bajo las condiciones de verificación particulares, se estima por el rango de

medidas de diámetro de un número “n” de indentaciones realizadas en un bloque de prueba estandarizado como parte de una verificación de rendimiento, definida como:

2.2.9. Espectrometría De Emisión Óptica

Esta técnica utiliza una chispa de alta energía a través del espacio llenado con argón, entre el electrodo y la muestra del material que se va a analizar. La chispa crea una emisión de radiación desde la superficie de la muestra excitada generando longitudes de onda características de su composición química.

2.2.10. Estándares Y Certificados De Referencia

Un material estándar de referencia es una muestra que ha sido analizada por una variedad de métodos, los cuales reportan la concentración de los elementos con alta confiabilidad.

3. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

Para el desarrollo del manual de preparación de muestras se realizó una investigación básica, orientada a través de fuentes de información ya existentes en el laboratorio de ingeniería de materiales del ICP donde otros autores han postulado la información para guiar otras investigaciones referentes al uso de manuales de caracterización de metales.

El desarrollo del manual requiere un conocimiento previo de los métodos de preparación de muestras y caracterización, de manera que se implementó la preparación de las muestras para una tubería de línea bajo la norma API 5L siguiendo la siguiente metodología.

3.1. FASE 1: CAPACITACIONES

3.1.1. CAPACITACIÓN E INFORMACIÓN REFERENCIAL PARA BUENAS PRÁCTICAS EN EL ICP

El proceso inicial para dar comienzo a las prácticas en el centro de tecnología e innovación ICP fue una serie de charlas dentro de las instalaciones del instituto correspondientes a las normativas de seguridad personal, laboral y ambiental que se han de tener en cuenta para una buena práctica laboral dentro de las instalaciones.

Se dio comienzo con una charla de salud ocupacional la cual se define como la disciplina que busca el bienestar físico, mental y social de los empleados en sus sitios de trabajo (definición de salud de la organización mundial de la salud OMS), también se menciona sus componentes legislativas en el transcurso de la historia hasta llegar a un sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo la cual consiste en el desarrollo de un proceso lógico y por etapas, basado en la mejora continua y que incluye la política, la organización, la planificación, la aplicación, la evaluación, la auditoría y las acciones de mejora con el objetivo de anticipar, reconocer, evaluar y controlar los riesgos que puedan afectar la seguridad y salud en el trabajo.

Durante estas charlas se hace mención de los posibles riesgos de accidentes dentro de las instalaciones del ICP y con esto hablar del sistema general de riesgos laborales el cual se encarga de promover la seguridad y salud en el trabajo y de divulgar a los empresarios y trabajadores las medidas para prevenir y controlar los accidentes de trabajo y las enfermedades de origen laboral.

Figura 2. Capacitación dentro de las instalaciones del ICP



Fuente. Autor

Como proceso de inducción a las practicas se mencionan las obligaciones de los estudiantes como trabajadores y también a diferenciar y prevenir los accidentes e incidentes de trabajo, definir los peligros y riesgos a los que se está expuesto y sus clasificaciones.

3.2. FASE 2: COMPRESION METODOLOGICA

3.2.1. REVISIÓN DE LOS INSTRUCTIVOS, MANUALES Y NORMAS PRESENTES EN EL LABORATORIO PARA PREPARACIÓN DE MUESTRAS

Para dar inicio a la comprensión de las metodologías utilizadas en el laboratorio para los procesos de caracterización se comenzó con una rigurosa investigación de los procedimientos empleados en el laboratorio para los procesos de preparación de muestras y uso de equipos por medio de los instructivos y manuales de operación ya existentes en el laboratorio entre los que se encuentran los siguientes mencionados.

3.2.1.1 GTN-I-362 “Análisis De Composición Química De Aleaciones Metálicas-Lim”.

El instructivo tiene como objetivo ser una guía para analizar la composición química de aleaciones metálicas en el espectrómetro de emisión óptica, el instructivo describe los conceptos básicos para el conocimiento del proceso de ensayo de composición química, además de algunas condiciones generales a tener en cuenta para interpretación de resultados. En su desarrollo describe el procedimiento completo para una buena práctica

en el ensayo de composición química y plantea la identificación de peligros, riesgos y controles a tener en cuenta en todo momento de la práctica. (Lizcano Contreras J. M., INSTRUCTIVO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ALEACIONES METÁLICAS GTN-I-362, 2017)

3.2.1.2 GTN-I-689 “Preparación De Probetas Para Análisis Metalográfico-Lim”.

El instructivo tiene como objetivo ser una guía para la preparación de probetas con muestras de metales y aleaciones para realizar el análisis metalográfico, el instructivo describe el objetivo del examen metalográfico y los datos a tener en cuenta para su interpretación en los resultados como también un procedimiento para su práctica en el laboratorio. (Lizcano Contreras J. M., PREPARACION DE PROBETAS PARA ANALISIS METALOGRAFICO GTN-I-689, 2017)

3.2.1.3 GTN-I-698 “Ensayo Para Dureza Brinell-Lim”.

El instructivo tiene como objetivo describir la metodología para determinar la dureza Brinell en materiales metálicos con el durómetro según norma ASTM E10 (última versión). El instructivo describe un conocimiento básico para la determinación de la dureza Brinell en una muestra metálica y también el procedimiento para una buena práctica de la misma. (Lizcano Contreras J. M., INSTRUCTIVOS DE ENSAYO PARA DUREZA BRINELL GTN-I-698, 2012)

3.2.1.4 GTN-I-702 “Ensayo De Impacto-Lim”.

El instructivo tiene como objetivo determinar la resistencia a la fractura de materiales metálicos bajo condiciones dinámicas de impacto según norma ASTM E 23(última versión). (Lizcano Contreras J. M., INSTRUCTIVO DE ENSAYO DE IMPACTO GTN-I-702, 2017)

3.2.1.5 GTN-I-704 “Ensayo De Tensión A Temperatura Ambiente-Lim”

El instructivo tiene como objetivo determinar la resistencia a la fractura de materiales metálicos en tensión a temperatura ambiente según norma ASTM E 8(última versión). (Lizcano Contreras J. M., INSTRUTIVO DE ENSAYO PARA TENSION A TEMPERATURA AMBIENTE GTN-I-704, 2017)

3.2.1.6 GTN-I-762 “Durómetro Bickers 220-Lim”.

El instructivo de operación tiene como objetivo Brindar al personal del laboratorio la información necesaria para la operación adecuada y segura del Durómetro Bickers 220 mediante la descripción del procedimiento utilizado en el laboratorio. (Lizcano Contreras j. M., 2017)

3.2.1.7 GTN-I-936 “Sierra De Cinta-Lim”.

El instructivo de operación tiene como objetivo brindar al personal del laboratorio la información necesaria para la operación adecuada de la Sierra de cinta, donde brinda un proceso de alistamiento de la cortadora, una descripción de las partes de la misma y un

procedimiento del uso de la cortadora para el proceso de corte. (Lizcano Contreras J. M., INSTRUCTIVO PARA LA OPERACION DE SIERRA DE CINTA GTN-I-936, 2017)

Además de la revisión a los instructivos y manuales de operación presentes en el laboratorio se hizo lectura de las normas claves para algunos de los procesos de corte y preparación de muestras metálicas entre las que se mencionan las siguientes.

3.2.1.8 NORMA API 5L “Especificaciones Para Tubos De Línea”.

Esta Norma Nacional Americana está bajo la jurisdicción del Subcomité 5 de la API de artículos tubulares. ISO 3183 fue preparada por el Comité Técnico ISO / TC 67, materiales, equipos y estructuras offshore para petróleo, petroquímica y gas natural, sistemas de transporte SC2, tubería de línea.

Esta norma está definida como requisito para la fabricación de dos niveles de especificación del producto de tuberías de acero sin costura y soldadas para uso en sistemas de transporte en industria del petróleo y gas natural, también conocida como tubería de línea, la tubería API 5L es una tubería de acero al carbono.

En el desarrollo del manual se dio uso a esta norma para la preparación de muestras de tubería de fabricación para conducción de oleoductos y gasoductos sustrayendo la información de las orientaciones y ubicaciones de las muestras de ensayo.

➤ TIPOS DE TUBOS DE FABRICACION

La especificación API 5L abarca los tipos de fabricación para tuberías soldadas y sin costura. Dentro de los tipos de tubería soldada comunes se encuentran:

- Tuberías de acero en espiral con soldadura por arco sumergido (SSAW)
- Tuberías de acero con soldadura longitudinal por arco sumergido (LSAW)
- Tuberías de acero con soldadura por resistencia eléctrica (ERW).
- Tuberías de acero con costura longitudinal producido por baja o de alta frecuencia de soldadura eléctrica (Tubería EW).

Por otro lado, la fabricación sin costuras se emplea comúnmente para las tuberías con diámetros más pequeños (cuando el diámetro es menor a 150 mm o 6 pulgadas, se prefieren los tubos de acero sin costura, en lugar de los tubos de acero soldado). Para su información, también contamos con tuberías sin costuras de diámetros superiores. Por medio del proceso de fabricación con rolado caliente, podemos preparar tuberías sin costura con hasta 20 pulgadas de diámetro (508 mm). En cambio, si necesitas tubos sin costura con más de 20”, podemos fabricarlos empleando un proceso de expansión en caliente, alcanzando un diámetro máximo de hasta 40” (1016 mm).

➤ ¿QUÉ SIGNIFICA PSL?

PSL son las siglas para Nivel de Especificación del Producto (Product Specification Level, en inglés). El nivel de especificación del producto puede clasificarse en PSL1 y PSL2, lo cual también puede ser comprendido como el nivel de calidad.

➤ **CONDICIONES DE ENTREGA PARA CADA GRADO DE ACERO**

Para grados intermedios, la descripción del grado de tubería API 5L debe encontrarse en uno de los siguientes formatos:

- a) La letra “L”, seguida del límite elástico mínimo en MPa. Por ejemplo, L290 (X42) significa que el límite elástico mínimo es 290 MPa. En caso de una tubería con nivel PSL2, se añade una letra sufija (R, N, Q o M) para describir la condición de entrega.
- b) La letra “X”, seguida de dos o tres dígitos numéricos equivalentes al límite elástico en 1000 psi, redondeado al entero más cercano, y para la tubería con nivel PSL2, la letra que describe la condición de entrega (sea R, N, Q, o M) representa los siguientes formatos.

Letra R: Rolado

Letra N: Rolado con normalizado, Formado con normalizado, Normalizado

Letra Q: Templado y Revenido

Letra M: Rolado termo mecánico, o Formado termo mecánico

3.2.1.9 NORMA ASTM E10-10 “Método De Prueba Estándar Para Dureza Brinell De Materiales Metálicos”

Esta norma describe el método de ensayo que cubre la determinación de la dureza Brinell de materiales metálicos por el principio de dureza por indentación Brinell o indentación con indentador esférico. Esta norma proporciona los requisitos para una máquina de ensayo Brinell y los procedimientos para realizar la prueba de dureza Brinell.

Esta norma considera la dureza Brinell satisfactoria para ensayos de aceptación de envíos comerciales, y que se ha utilizado ampliamente en la industria para este propósito. También aconseja que el lugar específico de una pieza puede no representar las características físicas de toda la parte o del producto final y por eso se deben sacar diferentes muestras que contenga la información de la amplitud completa del producto.

En la norma los valores de dureza de Brinell no se designarán con un solo número porque es necesario indicar qué indentador y qué fuerza se ha empleado para realizar la prueba (ver tabla 1). Los números de dureza Brinell irán seguidos del símbolo HBW y se complementarán con un índice que indicará las condiciones de prueba en el siguiente orden:

1. Diámetro de la bola, mm,
2. Un valor que representa la fuerza de prueba, kg, (ver)
3. El tiempo de permanencia de la fuerza aplicada, seg, si es diferente de 10 seg a 15 seg.

La única excepción al requisito anterior es para la escala HBW 10/3000 cuando se usa un tiempo de permanencia de 10 seg 15 seg. Solo en el caso de esta escala de dureza Brinell, la designación puede informarse simplemente como HBW.

Tabla 1. Condiciones de la prueba y el margen de dureza recomendada

Escala de dureza Brinell	Diámetro de la bola D mm	Proporción de diámetro de fuerza	Valor nominal de la fuerza de prueba F		Rango de dureza recomendado
			N	Kgf	
HBW 10/3000	10	30	29420	3000	95,5-650
HBW 10/1500	10	15	14710	1500	47,7-327
HBW 10/1000	10	10	9807	1000	31,8-218
HBW 10/500	10	5	4903	500	15,9-109
HBW 10/250	10	2,5	2452	250	7,96-54,5
HBW 10/125	10	1,25	1226	125	3,98-27,2
HBW 10/100	10	1	980,7	100	3,18-21,8
HBW 5/750	5	30	7355	750	95,5-650
HBW 5/250	5	10	2452	250	31,8-218
HBW 5/125	5	5	1226	125	15,9-109
HBW 5 / 62,5	5	2,5	612,9	62,5	7,96-54,5
HBW 5 / 31,25	5	1,25	306,5	31,25	3,98-27,2
HBW 5/25	5	1	245,2	25	3,18-21,8
HBW 2,5 / 187,5	2,5	30	1839	187,5	95,5-650
HBW 2,5 / 62,5	2,5	10	612,9	62,5	31,8-218
HBW 2,5 / 31,25	2,5	5	306,5	31,25	15,9-109
HBW 2,5 / 15,625	2,5	2,5	153,2	15,625	7,96-54,5
HBW 2,5 / 7,8125	2,5	1,25	76,61	7,8125	3,98-27,2
HBW 2,5 / 6,25	2,5	1	61,29	6,25	3,18-21,8
HBW 1/30	1	30	294,2	30	95,5-650
HBW 1/10	1	10	98,07	10	31,8-218
HBW 1/5	1	5	49,03	5	15,9-109
HBW 1 / 2,5	1	2,5	24,52	2,5	7,96-54,5
HBW 1 / 1,25	1	1,25	12,26	1,25	3,98-27,2
HBW 1/1	1	1	9,807	1	3,18-21,8

Norma ASTM E10-10. (Tabla 3)

3.2.1.10 NORMA ASTM E3-R07 “Guía Estándar Para Preparación De Muestras Metalográficas”

El objetivo de esta norma es describir el método de preparación de muestras para el ensayo de metalografía el cual se centra en revelar los componentes y estructuras de los metales y sus aleaciones por medio de un microscopio óptico o el escaneado de luz de electrones.

Esta norma define que el objetivo principal de los exámenes metalográficos es revelar los componentes y estructura de los metales y sus aleaciones por medio de un microscopio óptico o el escaneado de luz de electrones. En casos especiales, el objetivo del examen puede requerir el desarrollo de menos detalle que en otros casos, pero, bajo casi todas las condiciones, la selección y preparación de la muestra adecuada es de gran importancia. Debido a la diversidad en el equipamiento y la gran variedad de problemas encontrados, el siguiente texto presenta para la orientación del metalográfico sólo aquellas prácticas que la experiencia ha demostrado son generalmente satisfactorias; no puede y no describe las variaciones en la técnica requerida para resolver problemas de preparación de muestras individuales.

La norma orienta sobre la selección de muestras metalográfica, recalcando su importancia en el examen metalográfico. Para esta la intención o el propósito del examen metalográfico generalmente determinara la ubicación de las muestras a estudiar. Con el propósito del estudio, el examen metalográfico se puede dividir en tres clasificaciones:

- **Estudios generales o trabajo de rutina:** las muestras deben elegirse de lugares con mayor probabilidad de revelar las variaciones máximas dentro del material en estudio. Por ejemplo, se podrían tomar muestras de una pieza de fundición en las zonas donde podría esperarse que ocurra la segregación máxima, así como muestras de secciones donde la segregación podría ser mínima. En el examen de la tira o cable, se podrían tomar muestras de prueba de cada extremo de las bobinas.
- **Estudio de falla:** las muestras de prueba deben tomarse lo más cerca posible de la fractura o al inicio de la falla. Antes de tomar las muestras metalográficas, el estudio de la superficie de la fractura debe estar completo o, al menos, debe documentarse la superficie de la fractura. En muchos casos, las muestras deben tomarse de un área de sonido para una comparación de estructuras y propiedades.
- **Estudios de investigación:** la naturaleza del estudio determinará la ubicación de la muestra, la orientación, etc. El muestreo generalmente será más extenso que en los exámenes de rutina.

Habiendo establecido la ubicación de las muestras metalográficas a estudiar, el tipo de sección a examinar tiene que ser decidido.

La norma con respecto al tamaño de una muestra menciona que, por conveniencia, las muestras a ser pulidas para sus exámenes metalográficos son generalmente no más de aproximadamente 12 a 25 mm (0,5 a 1,0 in.) Cuadradas, o aproximadamente 12 a 25 mm de diámetro, si el material es cilíndrico. La altura de la muestra debe ser mayor de lo necesario para un cómodo manejo durante el pulido.

3.2.1.11 NORMA ASTM E 1806-96 “Practica Estándar Para El Muestreo De Acero Y Hierro Para La Determinación De La Composición Química”

Esta norma cubre los aspectos del muestreo y la preparación de acero y hierro para el análisis químico, tal como se define en métodos de prueba, practica y definiciones A 751 y especificaciones A 48. En esta norma se definen temas como la ubicación del muestreo y el muestreo de los lotes.

La norma hace mención de los peligros y precauciones de seguridad a tener en cuenta al momento del muestreo y preparación de muestras. Recalca la importancia del uso de los EPP (Elementos De Protección Personal), y el uso de la maquinaria adecuada respetando las reglas de legislación nacional y estándares nacionales. También limita las regulaciones nacionales con respecto a la utilización de disolventes para la limpieza y el secado de las muestras y las porciones de ensayo.

La norma entre sus generalidades describe los requisitos de muestreo y preparación de la muestra como también métodos para la fabricación de algunos tipos de hierro fundido a partir de hierro líquido, aceros a partir de acero líquido, etc.

3.2.2. APRENDIZAJE PRÁCTICO PARA SEGURIDAD DE CONOCIMIENTOS EN PROCEDIMIENTOS DE SELECCIÓN, CORTE Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS

La revisión de los instructivos, manuales y normas del laboratorio fue de importancia para la comprensión de los procesos de corte y preparación de muestras antes de la práctica, con la información obtenida de este periodo de recolección de datos se procedió a realizar la práctica de la preparación de muestras a una tubería de lastre TNP enviado al laboratorio del terminal marítimo Néstor Pineda de Cartagena la cual presentaba una capa interna de cemento.

3.2.2.1 PROCESO DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS DE UNA TUBERÍA DE LASTRE (LÍNEA) BAJO LA NORMA API 5L

La práctica inicial para la preparación de muestras en el laboratorio se realizó con una tubería de línea bajo la supervisión del líder del laboratorio, se realizó un procedimiento el cual sería documentado en el manual propuesto.

A continuación, se explican los parámetros que se tuvieron presentes en el momento de las prácticas para la realización de un esquema de los procesos de preparación de muestras de una tubería de línea bajo la norma API 5L.

A. SELECCIÓN DEL LUGAR DE LA MUESTRA SEGÚN NORMA API 5L

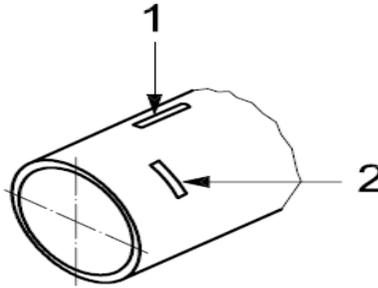
Como primera parte de esta etapa de aprendizaje se realizó el estudio de la norma API 5L, más precisamente a sus indicaciones sobre el lugar de orientación y ubicación de las muestras de ensayo para la tubería de línea con especificaciones técnicas propias de la norma y se sustrajo la siguiente información:

- **ORIENTACIONES Y UBICACIONES DE MUESTRAS DE ENSAYO SEGÚN NORMA API 5L**

Para determinar las ubicaciones donde tomar las piezas para cualquier tipo de ensayo bajo la norma API 5L se debe conocer el tipo de tubería y diámetro exterior para seguidamente con estos datos observar la figura 3 y las tablas 2 Y 3 para realizar el proceso de extracción de la muestra.

Figura 3. Orientaciones y ubicaciones de las muestras

a. Tubería sin costura (SMLS)

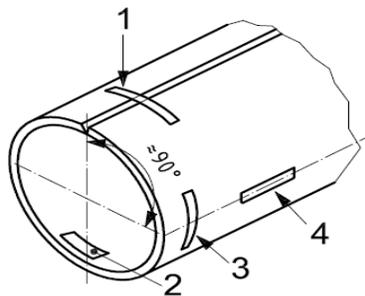


Fuente. Norma API 5L (Figura 5 a) (2009) (pág. 60)

Llave

- 1 L - muestra longitudinal
- 2 T - muestra transversal

b. Tubería CW, LFW, HFW, LW, SAWL Y COWL

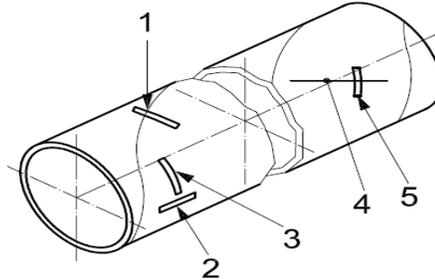


Fuente. Norma API 5L (Figura 5 b) (2009)
(pág. 60)

Llave

- 1 W - muestra transversal, centrada en la soldadura
- 2 T180 - muestra transversal, centrada $\approx 180^\circ$ de la soldadura longitudinal
- 3 T90 - muestra transversal, centrada $\approx 90^\circ$ de la soldadura longitudinal
- 4 L90 - muestra longitudinal, centrada $\approx 90^\circ$ de la soldadura longitudinal

c. Tubería COWH Y SAW



Fuente. Norma API 5L (Figura 5 c) (2009)
(pág. 60)

Llave

- 1 W - muestra transversal, centrada en el cordón de soldadura helicoidal
- 2 L - muestra longitudinal, centrada al menos a/4 en la dirección longitudinal de la costura de soldadura helicoidal
- 3 T - muestra transversal, centrada al menos a/4 en la dirección longitudinal de la costura de soldadura helicoidal
- 4 Tira/Soldadura de extremo de placa, con longitud "a"
- 5 WS - muestra transversal, centrada al menos a/4 de las uniones de la costura de soldadura helicoidal y la tira/ Soldadura de extremo de placa.

Tabla 2. Número, orientación y ubicación de las piezas de ensayo para las pruebas mecánicas de tubería PSL 1

Tipo de tubería	ubicación de la muestra	Tipo de prueba	Número, orientación y ubicación de las piezas de ensayo por muestra			
			Diámetro exterior especificado D mm (in)			
			< 219,1 (8,625)	≥ 219,1 (8.625) a < 323,9 (12.750)	≥ 323,9 (12.750) a < 508 (20.000)	≥ 508 (20.000)
SMLS, sin expandido frio [Ver Figura a]	cuerpo de la tubería	Tension	1L ^b	1L	1L	1L

R-DC-95

ELABORACION DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE CORTE, PREPARACION Y CARACTERIZACION DE MUESTRAS BASADOS EN CRITERIOS Y ESTANDARES DE CALIDAD PARA EL LABORATORIO DE INGENIERIA DE MATERIALES DEL CENTRO DE INNOVACION Y TECNOLOGIA ICP.

VERSIÓN: 01

SMLS, expandido frío [Ver Figura a]	cuerpo de la tubería	Tensión	1L ^b	1T ^c	1T ^c	1T ^c
CW [Ver Figura b]	cuerpo de la tubería	Tension	1L90 ^b	-	-	-
	cuerpo de la tubería y soldadura	Flexión	1	-	-	-
	cuerpo de la tubería y soldadura	Aplastamiento	como se muestra en la Figura 6			
LW [Ver Figura b]	cuerpo de la tubería	Tension	1L90 ^b	1T180 ^c	1T180 ^c	1T180 ^c
	cordón de soldadura	Tension	-	1W	1W	1W
	cordón de soldadura	Guiada por flexion	-	-	2W	2W
	cuerpo de la tubería y soldadura	Aplastamiento	como se muestra en la Figura 6			
LFW o HFW [Ver Figura b]	cuerpo de la tubería	Tension	1L90 ^b	1T180 ^c	1T180 ^c	1T180 ^c
	cordón de soldadura	Tension	-	1W	1W	1W
	cuerpo de la tubería y soldadura	Aplastamiento	como se muestra en la Figura 6			
SAWL o COWL [Ver Figura b]	cuerpo de la tubería	Tension	1L90 ^b	1T180 ^c	1T180 ^c	1T180 ^c
	cordón de soldadura	Tension	-	1W	1W	1W ^d
	cordón de soldadura	Guiada por flexion	2W	2W	2W	2W ^d
SAWH o COWH [ver figura c]	cuerpo de la tubería	Tension	1L ^b	1T ^c	1T ^c	1T ^c
	cordón de soldadura	Tensión	-	1W	1W	1W
	cordón de soldadura	Guiada poor flexion	2W	2W	2W	2W
	Tira / placa de soldadura final	Guiada poor flexion	2WS	2WS	2WS	2WS

- a. Consulte la Figura 1 para obtener una explicación de los símbolos utilizados para designar la orientación y localización de las muestras y las piezas de ensayo.
- b. Pueden utilizarse piezas de ensayo longitudinales de sección completa a opción del fabricante.
- c. Se pueden utilizar piezas de ensayo anulares para determinar la resistencia de rendimiento transversal mediante la prueba de expansión del anillo hidráulico en acuerdo con ASTM A370.
- d. Para tubería de doble costura, se probarán las costuras de soldadura longitudinal en el tubo seleccionado para representar la unidad de prueba.

Fuente. Norma API 5L (Tabla N.º 19) (2009) (pág. 62)

Tabla 3. Número, orientación y ubicación de las piezas de ensayo para pruebas mecánicas de tubería PSL 2

Tipo de tubería	Ubicación de la muestra	Tipo de prueba	Número, orientación y ubicación de las piezas de ensayo por muestra ^{una}			
			Diámetro exterior especificado			
			D mm (in)			
			< 219,1 (8,625)	219,1 (8,625) a < 323,9 (12.750)	323,9 (12.750) a z 508 (20.000)	≥ 508 (20.000)
SMLS, sin frío expandido [Ver Figura a]	cuerpo de la tubería	Tension	1L ^b	1L ^{c, d}	1L ^{c, d}	1L ^{c, d}
		CVN	3T	3T	3T	3T
SMLS, expandido frío [Ver Figura a]	cuerpo de la tubería	Tension	1L ^b	1T ^d	1T ^d	1T ^d
		CVN	3T	3T	3T	3T
HFW [Ver Figura b]	cuerpo de la tubería	Tension	1L90 ^b	1T180 ^d	1T180 ^d	1T180 ^d
		CVN	3T90	3T90	3T90	3T90
		DWT	-	-	-	2T90
	cordon de soldadura	Tension	-	1W	1W	1W
		CVN	3W	3W	3W	3W
	cuerpo de la tubería y soldadura	Aplastamiento	como se muestra en la Figura 6			
		Tension	1L90 ^b	1T180 ^d	1T180 ^d	1T180 ^d
SAWL o COWL [Ver Figura b]	cuerpo de la tubería	CVN	3T90	3T90	3T90	3T90
		DWT	-	-	-	2T90
		Tension	-	1W	1W	1W ^e

SAWH o COWH [ver figura c]	cordon de soldadura	CVN	3W y 3 ZAC	3W y 3 ZAC	3W y 3 ZAC	3W ^e y 3ZAC ^e	
		Guiada por flexion	2W ^F	2W ^F	2W ^F	2W ^{e, f}	
	cuerpo de la tubería	Tension	1L ^b	1T ^d	1T ^d	1T ^d	
		CVN	3T	3T	3T	3T	
		DWT	-	-	-	2T	
	cordon de soldadura	Tension	-	1W	1W	1W	
		CVN	3W y 3 ZAC				
		Guiada por flexion	2W ^F	2W ^F	2W ^F	2W ^F	
	Tira / placa de soldadura final	Tension	-	1WS	1WS	1WS	
		CVN	3WS y 3 ZAC				
		Guiada por flexion	2WS ^F	2WS ^F	2WS ^F	2WS ^F	
	<p>a Véase la figura 1 para una explicación de los símbolos utilizados para designar la orientación y la ubicación.</p> <p>b Pueden utilizarse piezas de ensayo longitudinales de sección completa a opción del fabricante</p> <p>c Se pueden usar probetas transversales.</p> <p>d Piezas de ensayo anulares se pueden utilizar para la determinación de resistencia a la deformación transversal por la prueba de expansión de anillo hidráulico de acuerdo con ASTM A370.</p> <p>e Para tubo de doble costura, ambas costuras longitudinales de la soldadura en la tubería seleccionada para representar la unidad de prueba deberán ser probados</p> <p>f Para tubos con t > 19,0 mm (0,748 in), las piezas de ensayo pueden ser mecanizado para proporcionar una sección transversal rectangular que tiene un espesor de 18,0 mm (0,709 in).</p>						

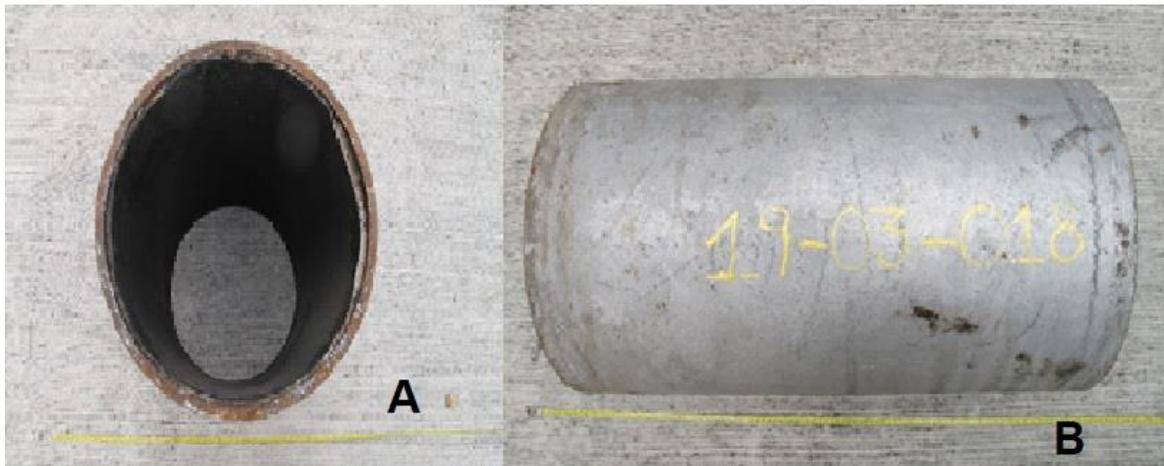
Fuente. Norma API 5L (Tabla N.º 20) (2009) (pág. 63)

B. PROCEDIMIENTO DEL MUESTREO.

En este punto del proceso una vez estudiada la norma para la orientación y ubicación de las muestras se da inicio con una inspección visual y la documentación fotográfica del tubo junto con un patrón de referencia (cinta métrica), esta inspección servirá como prueba de las condiciones de llegada del tubo a examinar. (Ver figura 4)

Luego de la inspección visual se procede a realizar un análisis de espesores para determinar si se ha producido una pérdida de material con respecto a las características técnicas del tubo, para esto se pule o desbasta en forma de cuadrícula la sección longitudinal hasta llegar a la pared del mismo si este presenta un recubrimiento de cualquier tipo. (Ver figura 5)

Figura 4. Inspección visual y documentación fotográfica de tubo bajo norma API 5L.
Foto vista transversal (A) Foto vista longitudinal (B)



Fuente. Autor

Figura 5. Cuadrícula en cuerpo del tubo para prueba de espesores



Fuente. Autor

C. PROCESO DE CORTE PARA TUBERÍA DE LÍNEA

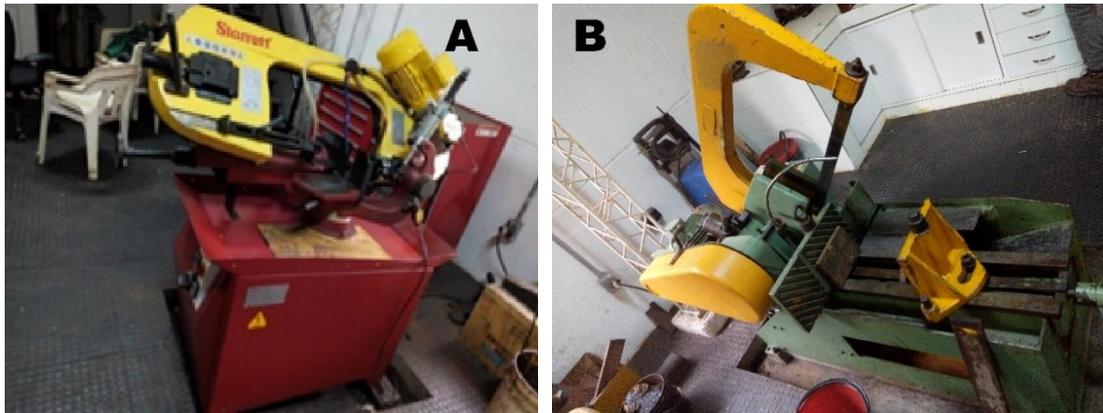
Luego del proceso de ubicación de las muestras se procedió a realizar los cortes de la tubería en un área llamada el chircal donde se encuentran dos cortadoras industriales de grandes dimensiones, muy útiles para realizar el corte en tuberías grandes.

- **PROCESO DE CORTE EN ÁREA DEL CHIRCAL**

Para realizar el corte de los tubos que exceden las capacidades de las cortadoras abrasivas del área de preparación de muestras, utilizar las cortadoras ubicadas en el área del chircal, en este lugar se encuentran dos cortadoras industriales para tubería de grandes dimensiones. (Ver figura 6)

Luego de especificar las piezas de la tubería de acuerdo a la sección ORIENTACIONES Y UBICACIONES DE MUESTRAS DE ENSAYO SEGÚN NORMA API 5L que señala el lugar de inspección donde tomar la muestra dependiendo de los ensayos mecánicos, se procede a realizar los cortes de manera que las áreas indicadas para las muestras estén a disposición para realizar cortes más pequeños (Ver figura 7), se utilizan las cortadoras abrasivas para realizar cortes más pequeños que serán utilizados en la preparación de probetas.

Figura 6. Cortadoras del área del chircal
(Sierra De Cinta (A) – Cortadora de vaivén (B))



Fuente. Autor

Figura 7. Tubería cortada en el área del Chircal con Cortadora Industrial.



Fuente. Autor

- **PROCESO DE CORTE EN ÁREA DE PREPARACIÓN DE MUESTRAS**

El proceso de corte finaliza en un área llamada unidad de preparación de muestras donde se llevan las cañuelas de la tubería cortada en el chircal, y en este lugar se extraen el tamaño de las muestras para sus respectivos montajes y preparaciones para cada una de sus correspondientes ensayos.

Las cortadoras abrasivas son una herramienta fundamental en la preparación de probetas en el laboratorio ya que son indispensables para realizar el corte de la muestra en el tamaño adecuado para un exitoso análisis. El laboratorio cuenta con dos cortadoras manuales de tipo basculante y oscilante. (Ver figura 8)

Las cortadoras del laboratorio de ingeniería de materiales funcionan sobre el principio de avance de corte. El disco debe presionarse moderadamente de manera que los granos abrasivos muerdan y extraigan el material en forma de finas partículas (viruta). El operador encargado del corte puede determinar por la sensación que recibe al accionar la palanca de mando y el sonido del corte, si el disco está cortando normalmente o simplemente resbalando con trabajosa acción de corte.

Figura 8. Cortadoras Abrasivas del Area de Preparacion de Muestras
Cortadora Manual Delta Abrasimet y Cortadora Abrasiva Basculante



Fuente. Autor

D. MONTAJE DE MUESTRAS DE ENSAYOS PARA CARACTERIZACIÓN

Para finalizar esta etapa de comprensión metodológica se realizó la práctica del montaje de las muestras para los diferentes tipos de ensayos de caracterización presentes en el laboratorio, más precisamente a los ensayos de metalografía, dureza Brinell y composición química.

- **MUESTRAS DE ENSAYO PARA METALOGRAFÍA**

La preparación de muestras de ensayo (probetas) para el proceso de caracterización metalográfico dentro del laboratorio de ingeniería de materiales deben montarse de manera que facilitaran el desbaste y pulido. Alambres, varillas pequeñas, muestras de hoja metálica, secciones delgadas, etc. Deben montarse en un material adecuado o sujetarse rígidamente en una montadora mecánica. Para probetas de muy difícil agarre por su tamaño y estructura se realiza el montaje en baquelita, por medio de moldes de compresión o montajes calientes los cuales requieren de calor, presión y por tanto algún tipo de prensa especializada. (Martinez Ramirez, y otros, 2007)

El trabajo de montaje por compresión en caliente dentro de la unidad de preparación de muestras del laboratorio de ingeniería se realiza en una prensa especializada. (Ver figura 9)

Figura 9. Montadora De Muestras. Lab. Materiales - ICP



Fuente. Autor

Como resultado de la preparación de la pieza de ensayo en la montadora de muestras se obtiene un montaje como se muestra en la figura 10.

Figura 10. Probeta Para Ensayo De Metalografía



Fuente. Autor

El montaje en baquelita garantiza que la muestra se mantenga apoyada firmemente, en forma adecuada y segura durante el pulimento tanto manual como automático. Además, contribuye a que los bordes de la muestra no corran el riesgo de ser destruidos por la acción de los materiales abrasivos.

En el proceso de montaje para las muestras de metalografía se realizó una serie de desbaste y pulidos con el fin de llevar la muestra a un estado óptimo para su respectivo análisis con el microscopio óptico.

- **PROCESO DE DESBASTE GRUESO PARA PROBETAS DE METALOGRAFÍA**

El desbaste grueso se practica una vez extraída la probeta de baquelita con la finalidad de reducir las irregularidades, retirar el recubrimiento sobre la sección donde está la muestra del material a analizar. Siempre que se practique el desbaste grueso se debe cuidar que la presión no sea exagerada para que la distorsión no sea muy importante, ni la temperatura de la superficie se eleve demasiado, además de que el área de análisis de la probeta debe ser totalmente horizontal para un mejor resultado en el microscopio óptico. En el área de preparación de muestras, el desbaste grueso se realiza sobre una desbastadora de doble banda.

Figura 11. Desbastadora De Doble Banda. Lab. Materiales – ICP



Fuente. Autor

- **PROCESO DE DESBASTE FINO PARA PROBETAS DE METALOGRAFÍA**

Luego del desbaste grueso la probeta se someterá a un desbaste fino mediante el empleo de papeles de esmeril o lija de muy buena calidad. Los papeles de esmeril usados en la preparación de probetas para la prueba de metalografía se clasifican de acuerdo al tamaño de sus partículas, entre otras formas con los números 120-160-180-240-280-320-400-500-600-0-00-000-0000-0000 (los ceros también se denominan 0 – 2/0 – 3/0 – 4/0 – etc.)

El desbaste se da por terminado cuando se obtiene una cara completamente plana, con rayas muy finas en toda la superficie, producidas en un solo sentido por el papel esmeril de mayor finura. La finura del papel esmeril utilizado en último término depende de la dureza del metal a desbastar. El laboratorio de ingeniería utiliza para su proceso de desbastado fino dos herramientas las cuales son la desbastadora de cuatro lijas handimet y la pulidora de velocidad variable.

Figura 12. Desbastadora De Cuatro Lijas Handimet.
Lab. Materiales – ICP



Fuente. Autor

- **PROCESO DE PULIDO FINO PARA PROBETAS DE METALOGRAFÍA**

El pulido fino tiene como objetivo eliminar las rayas finas producidas en el proceso de desbaste y producir una superficie con características específicas. Esta operación por lo general se realiza en forma mecánica y se utiliza un paño impregnado con partículas de algún abrasivo en solución acuosa. En el laboratorio de ingeniería de materiales la última aproximación a una superficie plana libre de rayadura se obtiene mediante la Pulidora De Velocidad Variable con su correspondiente disco de paño (micro paño). (ver figura 13).

Una rueda giratoria húmeda, cubierta con un paño especial cargado con partículas abrasivas cuidadosamente seleccionadas en su tamaño. La probeta desbastada se mantiene firmemente sobre el disco que gira, imprimiéndole un movimiento de rotación en sentido contrario al del disco, o bien haciéndola avanzar y retroceder según un radio del disco. El paño debe mantenerse siempre húmedo, agregando intermitentemente el abrasivo en suspensión. En esta operación deben desaparecer todas las rayas producidas por el último esmeril y aún las más finas, producidas por este pulido. El pulido no debe extenderse más allá de lo necesario para evitar la distorsión superficial del metal.

Figura 13. Pulidora De Velocidad Variable Lab.
Materiales – ICP



Fuente. Autor

➤ **MUESTRAS DE ENSAYO PARA DUREZA BRINELL**

La preparación de muestras de ensayo para el proceso de caracterización de Dureza de Brinell en el laboratorio de ingeniería de materiales se realiza mediante el montaje de una pieza metálica obtenida de una muestra cortada de la tubería de forma longitudinal o transversal de manera que el espesor de la muestra sea suficiente para la indentación del durómetro, como se muestra en la figura 14.

Figura 14. Muestras Para Ensayo De Dureza De Brinell



Fuente. Autor

- **PROCESO DE DESBASTE GRUESO PARA PIEZAS DE ENSAYO DE DUREZA BRINELL**

El proceso de desbaste grueso en las piezas para la prueba de dureza de Brinell se realiza sobre sus dos secciones paralelas con el objetivo de retirar las imperfecciones y corregir ondulaciones, protuberancias o marcas con el fin de obtener secciones longitudinales planas.

- **MUESTRAS DE ENSAYO PARA COMPOSICIÓN QUÍMICA.**

La preparación de muestras de ensayo para el proceso de caracterización por medio de composición química en el laboratorio de ingeniería de materiales se realiza mediante el montaje de una pieza metálica obtenida de una muestra cortada de la tubería de forma longitudinal o transversal, la cara frontal de la probeta la cual es el área superficial del cuerpo de la tubería debe ser lo suficiente amplia para la prueba en el espectrómetro de emisión óptica, como se muestra en la figura 15.

Figura 15. Muestras para Ensayo de composicion quimica



Fuente. Autor

- **PROCESO DE DESBASTE GRUESO PARA PIEZAS DE ENSAYO DE COMPOSICION QUIMICA**

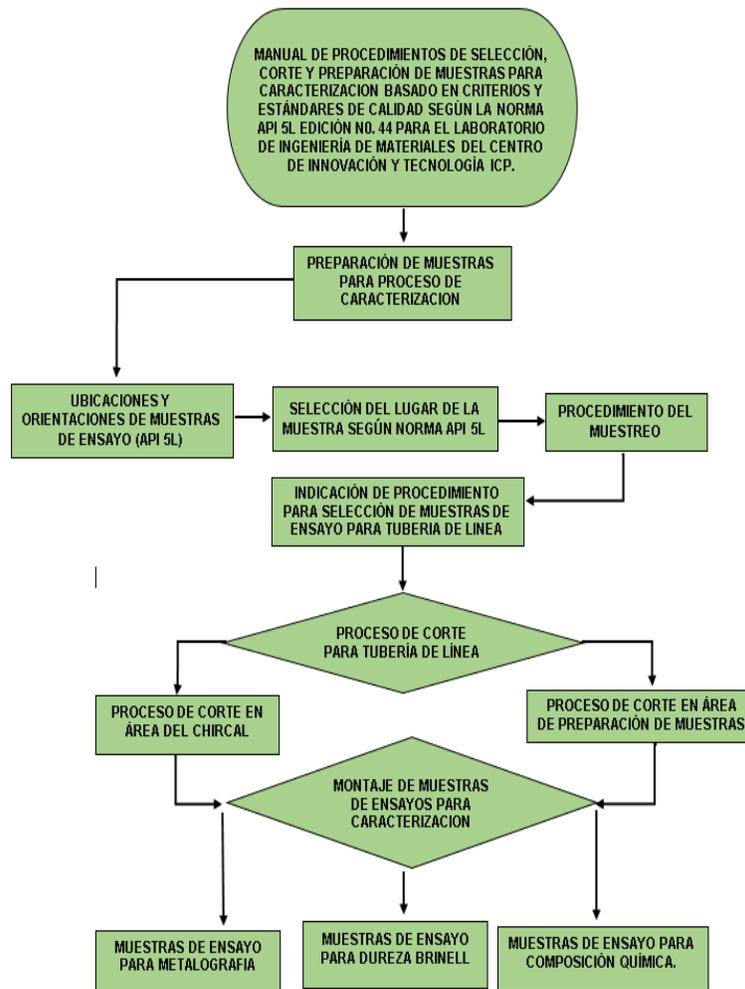
El proceso de desbaste grueso en las piezas para la prueba de composición química se realiza sobre su sección del área superficial con el objetivo de retirar las imperfecciones y corregir ondulaciones, protuberancias o marcas con el fin de obtener un área plana y lisa.

3.3. FASE 3: DOCUMENTACION

3.3.1. DESARROLLO DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE PREPARACION DE MUESTRAS A TUBERIA DE LINEA BAJO LA NORMA API 5L

Para terminar la última fase de la metodología propuesta para la solución de este proyecto se registra toda información característica para la preparación de muestras metálicas usada en el Laboratorio de Ingeniería de Materiales, la cual contiene todos los procedimientos empleados durante el periodo de la práctica y es categorizada en el siguiente diagrama de flujo.

Figura 16. Diagrama de flujo de procedimiento de preparación de muestras.



Fuente. Autor

4. RESULTADOS

Se entrega un manual de procedimientos de preparación de muestras para caracterización por ensayos de metalografía, dureza Brinell y composición química, que permitirá a los trabajadores del laboratorio ejecutar las actividades de forma segura. Los trabajadores tendrán una base sólida de conocimiento acerca de los métodos de corte y preparación de muestras, visto de forma práctica, instaurando una serie de pasos que describen detalladamente cada tipo de preparación para las diferentes muestras, con sus respectivas recomendaciones de seguridad ante la ejecución, durante y finalizada la preparación.

Además de contener la información de los procesos de preparación hechos durante la práctica, el manual contiene información sugerida por el líder de laboratorio sobre la preparación de otras muestras, además de contener información leve acerca de los procesos de caracterización como lo son el objetivo y el alcance de los ensayos como otras generalidades. Ver anexo 1.

Se le entrega al Centro De Innovación Y Tecnología ICP un documento que se convierte en un aporte, para aportar a los procesos del Laboratorio De Ingeniería De Materiales y servir de apoyo para promover el uso de manuales de prácticas en los trabajadores.

Figura 17. Tabla de contenido del manual de procedimientos de preparación de muestras



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	5
1. OBJETIVO DEL MANUAL	6
2. ALCANCE	6
3. GLOSARIO.....	6
4. PREPARACION DE MUESTRAS PARA PROCESO DE CARACTERIZACION	7
4.1. SELECCIÓN DEL LUGAR DE LA MUESTRA SEGÚN NORMA API 5L.....	7
4.2. ORIENTACIONES Y UBICACIONES DE MUESTRAS DE ENSAYO (API 5L).....	7
4.3. PROCEDIMIENTO DEL MUESTREO.....	11
4.4. INDICACION DE PROCEDIMIENTO PARA SELECCIÓN DE MUESTRAS DE ENSAYO PARA TUBERÍA DE LÍNEA.....	13
4.5. PROCESO DE CORTE PARA TUBERÍA DE LÍNEA.....	14
4.5.1. PROCESO DE CORTE EN ÁREA DEL CHIRCAL.....	14
4.5.2. PROCESO DE CORTE EN ÁREA DE PREPARACION DE MUESTRAS.....	15
4.6. MONTAJE DE MUESTRAS DE ENSAYOS PARA CARACTERIZACION	16
4.6.1. MUESTRAS DE ENSAYO PARA METALOGRAFÍA	16
4.6.2. MUESTRAS DE ENSAYO PARA DUREZA BRINELL	21
4.6.3. MUESTRAS DE ENSAYO PARA COMPOSICION QUIMICA	22
4.6.4. MUESTRAS DE ENSAYO PARA TENSION Y COMPRESION	24
4.6.5. MUESTRAS DE ENSAYO PARA IMPACTO CVN	25
4.7. PROCESOS DE CARACTERIZACION.....	28
4.7.1. ENSAYO DE METALOGRAFIA	28
4.7.2. ENSAYO DE DUREZA BRINELL	35
4.7.3. ENSAYO DE COMPOSICION QUIMICA	37
5. BIBLIOGRAFÍA	40

Fuente. Autor

5. CONCLUSIONES

Con la elaboración del manual de procedimientos el personal del laboratorio tiene una guía que le brinda la oportunidad de aumentar los conocimientos acerca de los aspectos de preparación de muestras, identificar los lugares más comunes para la selección de las muestras en una tubería y el adecuado proceso de corte y preparación de la muestra con respecto a su ensayo de caracterización.

Con la ayuda de este manual se podrá comprender mejor las técnicas y los procedimientos de preparación de diferentes muestras para los procesos de caracterización en el laboratorio.

Durante el desarrollo de las practicas se mejoró el procedimiento para entender mejor el proceso de preparación de muestras con el propósito de complementar la formación y fortalecer un enfoque práctico en el estudiante.

Se pudo identificar algunas limitaciones en cuanto a la preparación de muestras y procedimientos de caracterización que se deben tener en cuenta para optimizar los ensayos y lograr un mayor aprendizaje significativo en el practicante.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda usar guantes, mascarillas y gafas de seguridad cuando se esté trabajando en la practicas de corte y desbaste, para así tener una preparación de muestras con toda seguridad.

Se recomienda a las Unidades Tecnológicas De Santander y al Centro De Innovación Y Tecnología ICP continuar con la inclusión de pasantes en sus instalaciones, fortaleciendo nuevas experiencias y expectativas a jóvenes estudiantes.

Revisar periódicamente cada uno de los manuales e instructivos del laboratorio, para asegurar su aplicación continua y sobre todo analizar y estudiar cada propuesta de cambio sugerida por cada uno de los miembros del laboratorio y que muestren una mejora positiva.

Dar a conocer por medio de jornadas de capacitación el total del contenido de cada uno de los manuales a todos y cada uno de los miembros que conforman el laboratorio.

Que el presente trabajo de investigación sea el punto de partida de una mejora creciente dentro del laboratorio, enfocando los manuales como herramientas vitales, que permitan perfilarse hacia la calidad y eficacia de la empresa.

7. Referencias Bibliográficas

- API 5L, I. (1 de Agosto de 2009). *NORMA API 5L*. Washington D.C: API.
- ASTM E10, I. (2010). *METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA DUREZA BRINELL DE MATERIALES METALICOS*. ASTM INTERNATIONAL.
- ASTM E1806, I. (1996). *PRECTICA ESTANDAR PARA EL MUESTREO DE ACERO Y HIERRO PARA LA DETERMINACION DE LA COMPOSICION QUIMICA*. ASTM INTERNATIONAL.
- ASTM E3, I. (Marzo de 2007). *GUIA ESTANDAR PARA PREPARACION DE MUESTRAS METALOGRAFICAS*. ASTM INTERNATIONAL.
- Cuervo Silva, J. L., Viafara Arango, C. C., & Meneses Rincon, M. L. (2018). *DISEÑO Y ELABORACION DE LAS GUIAS PRACTICAS DE LABORATORIO EN LOS ENSAYOS DE IDENTIFICACION DE MATERIALES, DUREZA, EMBUTIO, DOBLEZ E IMPACTO DE LA ASIGNATURA METALURGIA MECANICA DEL PROGRAMA INGENIERIA METALURGICA (TESIS DE GRADO)*. UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, SANTANDER, BUCARAMANGA.
- Espinosa Montes, C. A., Sierra Gonzales, E. Y., Oliveros Vega, L. F., & Villalobos, E. (2017). *ESTRUCTURACION DEL MANUAL DE PRUEBA DE UNA MAQUINA UNIVERSAL POR MEDIO DE ENSAYOS DE TENSION Y COMPRESION PARA EL LABORATORIO DE RESISTENCIAS DE MATERIALES DE LAS UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER SEDE BARRANCABERMEJA*. UNIDADES TECNOLOGICAS DE SANTANDER, Santander, Barrancabermeja.
- GUZMAN ORNELAS, C. F. (2013). *ANALISIS DE ACEROS POR MICROSCOPIA OPTICA (Tesis de grado)*. INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL. MEXICO D.F: INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL.
- Lizcano Contreras, J. M. (2012). *INSTRUCTIVOS DE ENSAYO PARA DUREZA BRINELL GTN-I-698*. Piedecuesta: ECOPETROL S.A.
- Lizcano Contreras, J. M. (2017). *INSTRUCTIVO DE ENSAYO DE IMPACTO GTN-I-702*. Piedecuesta: ECOPETROL S.A.
- Lizcano Contreras, J. M. (2017). *INSTRUCTIVO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ALEACIONES METÁLICAS GTN-I-362*. piedecuesta: ECOPETROL S.A.
- Lizcano Contreras, J. M. (2017). *INSTRUCTIVO PARA LA OPERACION DE SIERR DE CINTA GTN-I-936*. Bucaramanga: INSTITUTO COLOMBIANO DEL PETROLEO.
- Lizcano Contreras, J. M. (2017). *INSTRUTIVO DE ENSAYO PARA TENSION A TEMPERATURA AMBIENTE GTN-I-704*. Piedecuesta: ECOPETROL S.A.
- Lizcano Contreras, j. M. (2017). *OPERACION DEL EQUIPO DUROMETRO BICKERS 220*. Piedecuesta: ECOPETROL S.A.
- Lizcano Contreras, J. M. (2017). *PREPARACION DE PROBETAS PARA ANALISIS METALOGRAFICO GTN-I-689*. Bucaramanga: INSTITUTO COLOMBIANO DEL PETROLEO ICP.
- Lizcano Contreras, J. M. (2019). *EVALUACION MUESTRA TUBERIA DE LASTRE TNP*. PIEDECUESTA: ECOPETROL S.A.
- Martinez Ramirez, A. (2007). *Ensayos Mecanicos de los Materiales Cap. 7*. En A. Martinez Ramirez, C. A. Parra Ortega, F. Vargas Galvis, G. Santos Castañeda, G. Latorre

R-DC-95

ELABORACION DEL MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE CORTE, PREPARACION Y CARACTERIZACION DE MUESTRAS BASADOS EN CRITERIOS Y ESTANDARES DE CALIDAD PARA EL LABORATORIO DE INGENIERIA DE MATERIALES DEL CENTRO DE INNOVACION Y TECNOLOGIA ICP.

VERSIÓN: 01

- Cortes, H. Quiroga Becerra, . . . L. Contreras, *Materiales De Ingenieria* (págs. 161-189). Piedecuesta-Santander: Iris Impresores.
- Martinez Ramirez, A., Parra Ortega, C. A., Vargas Galvis, F., Santos Castañeda, G., Latorre Cortes, G., Quiroga Becerra, H., . . . Barragan, M. M. (2007). *Materiales de Ingenieria* (Primera ed.). Piedecuesta, Santander, Colombia: Iris Impresores. Recuperado el 07 de Junio de 2019
- Paz Esquivel, J. P., & Garcia Nuñez, S. J. (2013). *ESTIMACION DE LA INCERTIDUMBRE EN PRUEBAS DE DUREZA ROCKWELL B Y C (Tesis de Grado)*. Tesis, INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL, Mexico D.F. Recuperado el 04 de Abril de 2019
- Peñafiel Pilco, C. A. (2014). *DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO PARA LOS LABORATORIOS DE RESISTENCIA DE MATERIALES, METALOGRAFIA , ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS Y TRATAMIENTOS TERMICOS DE LA FACULTAD DE MECANICA. (Tesis de grado)*. FACULTAD DE MECANICA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA. RIOBAMBA: FACULTAD DE MECANICA ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA.
- Piñero Prado, Andrea. (2011). *METALOGRAFIA PROTOCOLO curso de materiales*. Obtenido de DOCPLAYER: <https://docplayer.es/209933-Metalografia-protocolo-curso-de-materiales.html>
- Sepulveda Buitrago, A. (2017). *APOYO A LA CARACTERIZACION DE MICROESTRUCTURAS DE ALEACIONES METALICAS Y EL TRATAMIENTO TERMICO APLICADO A ELEMENTOS Y/O MATERIALES METALICOS DE CONSTRUCCION, EN LABORATORIOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR, BAHIA BLANCA, ARGENTIRA.(Tesis de grado)*. Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana.

8. ANEXOS

Anexo 1. Manual de procedimientos de corte y preparación de muestras



**ACUERDO DE COOPERACIÓN ESPECIFICO N°1 DERIVADO DEL CONVENIO
MARCO 3015607**

Actividad 1.9.1

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE SELECCIÓN, CORTE Y PREPARACIÓN DE
MUESTRAS PARA CARACTERIZACIÓN BASADO EN CRITERIOS Y
ESTÁNDARES DE CALIDAD SEGÚN LA NORMA API 5L EDICIÓN N.º. 44 PARA EL
LABORATORIO DE INGENIERÍA DE MATERIALES DEL CENTRO DE
INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA ICP.**

CO-INVESTIGADORES UTS

Yerzon Alexander Aguilar Colmenares
M. Ing. Diana Carolina Dulcey Díaz

CO-INVESTIGADORES ICP

Ing. José Martín Lizcano Contreras

**LABORATORIO DE INGENIERÍA DE MATERIALES
TECNOLOGÍA EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO ELECTROMECAÁNICO
BUCARAMANGA**

Página 1 de 43