

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Trabajo de Suficiencia Profesional

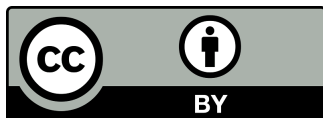
**Aplicación de ensayos no destructivos en
la reparación de chancadoras tipo cono en la
empresa Minkha Metales**

Alexander Lee Junior Cuela Huarhua

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Arequipa, 2022

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de suficiencia profesional



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

AGRADECIMIENTO

A Dios, por trasmitirme la fortaleza y así vencer las adversidades.

A mis padres, por el apoyo incondicional y, a mi hermana, por darme fuerzas para concluir mis estudios.

DEDICATORIA

A mi familia, por sus enseñanzas y por su fortaleza para no darme por vencido y verme profesional.

A todos aquellos que depositaron su confianza en mí.

ÍNDICE

Agradecimiento	ii
Dedicatoria	iii
Índice.....	iv
Índice de tablas.....	viii
Índice ista de figuras.....	ix
Resumen.....	xi
Introducción	xii
CAPÍTULO I.....	xiii
ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA	xiii
1.1. Datos generales de la institución.....	xiii
1.2. Operaciones principales de la empresa	xiii
1.3. Historia de la empresa Minkha Metales	xiv
1.4. Organigrama de la empresa Minkha Metales.....	xv
1.5. Visión y misión	15
1.5.1. Visión.....	15
1.5.2. Misión	15
1.6. Fundamentos legales y reglamentos administrativos	15
1.7. Área donde se desarrollan los trabajos profesionales.....	16
1.7.1. Proceso de evaluación.....	16
1.7.2. Proceso de reparación	17
1.8. Descripción del puesto y de las responsabilidades del bachiller en la empresa	17
1.8.1. Formación	17
CAPÍTULO II	18
CONJUNTO DE ACTIVIDADES PROFESIONALES	18
2.1. Diagnóstico de la empresa	18
2.1.1. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional	19
2.2. Objetivos de la actividad profesional	20
2.2.1. Objetivo general.....	20
2.2.2. Objetivos específicos	20
2.3. Justificación de la actividad profesional	20
2.3.1. Justificación técnica	21
2.3.2. Justificación económica	21
2.3.3. Justificación social	22
2.4. Resultados esperados	22

CAPÍTULO III.....	25
MARCO TEÓRICO	25
3.1. Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas	25
3.2. Chancadora tipo cono.....	25
3.3. Partes principales de la chancadora tipo cono.....	27
3.3.1. Conjunto del bastidor y anillo de ajuste.....	27
3.3.2. Conjunto del anillo de ajuste.....	28
3.3.3. Conjunto del contraje	29
3.3.4. Conjunto del excéntrico	29
3.3.5. Conjunto de la cabeza	30
3.4. Ventajas.....	31
3.5. Pruebas no destructivas	31
3.5.1. Criterios para la selección de una prueba no destructiva	32
3.5.2. Tipos de ensayos no destructivos.....	32
3.5.3. Inspección visual- visual testing (VT)	32
3.5.3.1. Ventajas y desventajas	33
3.5.3.2. Visión.....	34
3.5.3.3. Características superficiales	38
3.5.3.4. Limpieza.....	40
3.5.3.5. Técnicas de inspección visual	41
3.5.3.6. Discontinuidades en inspección	43
3.5.3.7. Discontinuidades estructurales en soldaduras por fusión.....	46
3.5.3.8. Propiedades inadecuadas.....	51
3.5.3.9. Inspección de uniones soldadas	51
3.5.3.10. Herramientas de inspección visual	53
3.5.3.11. Procedimiento de inspección.....	56
3.5.4. Líquidos penetrantes – penetrant testing (pt)	57
3.5.4.1. Definición.....	57
3.5.4.2. Ventajas.....	58
3.5.4.3. Desventajas	59
3.5.4.4. Fundamentos – descripción del método general	60
3.5.4.5. Fundamentos del ensayo: principios físicos.....	62
3.5.4.6. Materiales y propiedades.....	65
3.5.4.7. Penetrantes	66
3.5.4.8. Emulsificadores.....	67
3.5.4.9. Los removedores solventes	67
3.5.4.10. Reveladores	67

3.5.4.11. Procedimiento.....	68
3.5.4.12. Aplicación del penetrante	70
3.5.4.13. Tiempo de penetración	72
3.5.4.14. Remoción del penetrante	73
3.5.4.15. Secado	79
3.5.4.16. Aplicación del revelador.....	80
3.5.4.17. Examen.....	82
3.5.4.18. Requisitos especiales.....	84
3.5.4.19. Calificación y recalificación.....	85
3.5.5. Partículas magnéticas – magnetic testing (mt).....	86
3.5.5.1. Principio	86
3.5.5.2. Método	86
3.5.5.3. Magnetización.....	86
3.5.5.4. Tipos de partículas magnéticas y su uso	87
3.5.5.5. Evaluación de las indicaciones.....	87
3.5.5.6. Indicaciones de partículas magnéticas típicas.....	88
3.5.5.7. Significado y uso.....	88
3.5.5.8. Equipamiento	88
3.5.5.9. Área de examen.....	91
3.5.5.10. Materiales de las partículas magnéticas.....	91
3.5.5.11. Preparación de la pieza	95
3.5.5.12. Secuencia de operación	97
3.5.5.13. Tipos de corrientes de magnetización	99
3.5.5.14. Técnicas de magnetización de las piezas.....	100
3.5.5.15. Magnetización localizada	101
3.5.5.16. Dirección de los campos magnéticos.....	103
3.5.5.17. Fuerza del campo magnético	104
3.5.5.18. Aplicación de las partículas secas y húmedas	105
3.5.5.19. Interpretación de las indicaciones.....	108
3.5.5.20. Desmagnetización.....	108
3.5.5.21. Limpieza postexamen	110
CAPÍTULO IV	112
DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES.....	112
4.1. Descripción de actividades profesionales	112
4.1.1. Enfoque de las actividades profesionales.....	112
4.1.2. Alcance de las actividades	113
4.1.3. Entregables de las actividades profesionales	116

4.1.3.1. Registro de control dimensional.....	118
4.1.3.2. Registro de inspección visual.....	120
4.1.3.3. Registro de tintes penetrantes.....	122
4.1.3.4. Registro de partículas magnéticas.....	124
4.2. Aspectos técnicos de la actividad profesional.....	126
4.2.1. Metodologías	126
4.2.2. Técnicas	126
4.2.2.1. Instrumentos para la recolección de datos y equipos y materiales.....	127
4.3. Ejecución de las actividades profesionales	128
4.3.1. Cronograma de actividades realizadas.....	128
4.3.2. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales	129
4.3.2.1. Recepción de la chancadora tipo cono.....	129
4.3.2.2. Evaluación y reparación de chancadoras tipo cono	130
4.3.2.3. Reparación de chancadora tipo cono.....	147
CAPÍTULO V	150
RESULTADOS	150
5.1. Resultados finales.....	150
5.2. Logros alcanzados.....	150
5.3. Dificultades encontradas	151
5.4. Planteamiento de mejoras	151
5.5. Aporte del bachiller a la empresa.....	151
Conclusiones.....	153
Recomendaciones	154
Lista de referencias.....	155
Anexos.....	157

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Costos de evaluación y reparación de chancadora tipo cono.....	22
Tabla 2. Duración de penetrante recomendado.....	77
Tabla 3. Periodos de verificación recomendados.....	106
Tabla 4. Prueba de levantamiento mínima de yugo.....	108
Tabla 5. Control dimensional.....	118
Tabla 6. Registro de inspección visual.....	120
Tabla 7. Registro de tintes penetrantes	122
Tabla 8. Registro de partículas magnéticas.....	124
Tabla 9. Cronograma de actividades realizadas.....	128
Tabla 10. Tolerancias en dimensiones lineales	132
Tabla 11. Tolerancias en dimensiones angulares.....	132
Tabla 12. Tolerancia de rectitud, planitud y paralelismo.....	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de la empresa Minkha Metales	xv
Figura 2. Chancadora tipo cono	26
Figura 3. Vista interna de la chancadora.....	27
Figura 4. Partes de la chancadora tipo cono.....	27
Figura 5. Conjunto bastidor y anillo de ajuste	28
Figura 6. Conjunto anillo de ajuste	29
Figura 7. Conjunto contraeje.....	29
Figura 8. Conjunto excéntrico.....	30
Figura 9. Conjunto cabeza	30
Figura 10. Partes del ojo humano	34
Figura 11. Agudeza de resolución	35
Figura 12. Agudeza de reconocimiento	35
Figura 13. Respuesta temporal.....	36
Figura 14. Cartilla Jaeger	37
Figura 15. Cartilla de Ishihara	38
Figura 16. Tipos de textura	39
Figura 17. Matices de colores	39
Figura 18. Perfiles correctos de soldaduras filete, dimensiones, pierna, garganta, cordón cóncavo (a) o convexo (b).....	45
Figura 19. Perfiles incorrectos de soldadura	45
Figura 20. Perfiles incorrectos de junta plana.....	46
Figura 21. Desalineación de una junta tope	46
Figura 22. Esquema de porosidad	47
Figura 23. Inclusión de escoria	47
Figura 24. Inclusión de tungsteno	48
Figura 25. Falta de penetración.....	49
Figura 26. Mordedura	49
Figura 27. Cavidad de cráter	50
Figura 28. Fisura	50
Figura 29. Defectos de soldadura.....	51
Figura 30. Herramientas de medición	54
Figura 31. a) Alineación entre planchas b) Sobremona c) Espesor de garganta d) Mordedura de socavación	56
Figura 32. Definición de tintes penetrante	58

Figura 33. Pasos de aplicación del ensayo	61
Figura 34. Presión de temperatura	64
Figura 35. Carta de flujo de los procedimientos generales para la inspección de penetrantes visibles y fluorescentes. Tomada de https://n9.cl/n3uaq	72
Figura 36. Magnetización de pieza por técnica de Yugo	90
Figura 37. Magnetización local con la técnica de las puntas	90
Figura 38. Magnetización en bobina.....	100
Figura 39. Tipos de magnetización	103
Figura 40. Magnetización circular y magnetización longitudinal.....	105
Figura 41. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales.....	129
Figura 42. a) excéntrica, b) bowl, c) head, d) anillo	130
Figura 43. a) contraeje; b) contraeje, c) head, d) upper bushing.....	131
Figura 44. Medición de desgastes	132
Figura 45. Limpieza superficial	133
Figura 46. Presencia de indicaciones	134
Figura 47. Corrosion	134
Figura 48. Fisuras visuales.....	135
Figura 49. Control de medidas angulares.....	135
Figura 50. Revelador.....	136
Figura 51. Aplicación de revelador.....	137
Figura 52. Superficies limpias	138
Figura 53. Aplicación del penetrante	138
Figura 54. Aplicación del revelador.....	140
Figura 55. Registro de indicaciones.....	141
Figura 56. Equipo de magnetización	142
Figura 57. Preparación de la superficie.....	143
Figura 58. Aplicación de partículas magnéticas	143
Figura 59. Registro de indicaciones.....	144
Figura 60. Blanqueado del componente.....	147
Figura 61. Eliminación de fisuras	147
Figura 62. Aporte de soldadura.....	148
Figura 63. Mecanizado.....	148
Figura 64. Aplicación de ensayos no destructivos posmecanizado	148
Figura 65. Despacho	149

RESUMEN

En el proyecto de suficiencia profesional se enfoca en la aplicación de ensayos no destructivos y NDT tales como VT, PT y MT aplicados a la reparación de las chancadoras tipo cono.

La mala calidad en las reparaciones de chancadoras tipo cono lleva a que no se cumpla con su garantía determinada, que es de 9 meses, la chancadora tipo cono no debe de regresar en ese periodo, si regresa en menos tiempo todos los costos son asumidos por la empresa, generando pérdidas económicas y pérdidas de clientes.

El objetivo es desarrollar una metodología en la reparación de chancadoras tipo cono, también desarrollar una secuencia de pasos sobre la aplicación adecuada de los métodos no destructivos VT, PT y MT; para mejorar la calidad en la reparación de estas chancadoras.

El seguimiento constante de las chancadoras tipo cono empieza desde la recepción del componente a la instalación con controles fotográficos para ver su estado, así mismo, en la etapa de evaluación ya con la aplicación de los NDT u otro tipo de control que se requiera, la aplicación de ensayos no destructivos también se encuentran en el proceso de reparación, dejando constancia del levantamiento de las observaciones que se realizaron en el proceso de evaluación, para poder así terminar la reparación en los demás trabajos que son mecanizados y con acabados finales.

Con la aplicación adecuada de las normas de ensayos no destructivos se mejora la calidad en la reparación de las chancadoras tipo cono, así mismo, se llega a cumplir el tiempo necesario de la garantía, evitando su retorno al taller, quedando satisfecho el cliente y la misma empresa, logrando los objetivos determinados.

INTRODUCCIÓN

El empleo de los ensayos no destructivos ayuda a mejorar la reparación de componentes mecánicos, en este caso, las chancadoras tipo cono, haciendo un buen seguimiento y una correcta evaluación, determinando lo necesario y lo primordial para su reparación, así mismo, mejorando su calidad y el periodo de garantía, que se ofrece a las empresas o clientes.

La mala reparación de las chancadoras tipo cono hace que el componente no cumpla con la garantía determinada, esto hace que regrese al taller de Minkha Metales para hacer otra reparación adicional con otros reprocesos, una vez que el componente regrese, los objetivos son los mismos, como mejorar la calidad y cumplir con la garantía establecida u ofrecida al cliente.

El presente informe de suficiencia profesional detalla varios capítulos; el primero, con los datos de la empresa Minkha Metales; el segundo, con los aspectos generales de las actividades; el tercero, con el marco teórico donde se da información general de la chancadora tipo cono, así como, los métodos NDT; el cuarto, con las actividades con una descripción de las técnicas de exámenes no destructivos como VT, PT, MT y, por último, el quinto, con los resultados finales para mejorar la calidad y la garantía.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA

1.1. Datos generales de la institución

Empresa de rubro metalmecánica, con sede en la ciudad de Arequipa, especializada en servicios de mantenimiento en equipos de operaciones de mina y concentradoras, construcción y fabricación de estructuras metálicas, reparación de componentes en aceros especiales (aleaciones) para la industria.

- RUC: 20601925339
- Razón social: Minkha Metales Sociedad Anónima Cerrada - Minkha Metales S. A. C.
- Tipo de empresa: Sociedad Anónima Cerrada
- Condición: en operación
- Fecha de inicio: 2/3/2017
- Actividad comercial: fábrica de producción metalmecánica de uso estructural.
- CIU: 28111
- Dirección legal: Sector Perú, zona 3, Mz. E Lt. 9 Asc. Peruarbo (al frente del reservorio, paradero 6)
- Distrito / ciudad: Cerro Colorado
- Departamento: Arequipa, Perú

1.2. Operaciones principales de la empresa

Los trabajos que realiza la empresa Minkha Metales son:

- Elaboración de planos estructurales de repuestos y medidas de campo
- Fabricación y montaje de tanques

- Fabricación, premontaje y montaje de edificios estructurales
- Fabricación de tanques cisterna
- Fabricación de componentes en plantas industriales
- Fabricación de chutes de transferencia; Metso procesos SMAW, FCAW, Arequipa
- Servicio de horas hombre (hH) técnicos con amplia experiencia en el rubro

También se realizan trabajos de reparación de componentes mecánicos:

- Mantenimiento de cucharones Bucyrus, proceso de soldadura FCAW.
- Fabricación de *scraper* (raspadores) soldadura con recubrimiento duro para Komatsu Mining Corp.
- Fabricación de paneles de enfriamiento SPCC. Fundición Ilo. Komatsu Mining Corp.
- Mantenimiento de zarandas (*Haver & Boecker*, Banano)
- Mantenimiento y reparación de componentes; proceso de soldadura SMAW, FCAW, centro de servicios Metso Arequipa.

1.3. Historia de la empresa Minkha Metales

Minkha Metales tiene 11 años de creación, empezó sus labores en el 2009, es una empresa peruana, con sede en Arequipa, dedicada a brindar productos y servicios de metal mecánica y mantenimiento a múltiples empresas.

Minkha Metales S. A. C. es una empresa del rubro metal mecánica, que brinda servicios de metal mecánica y mantenimiento en equipos de operaciones de mina y concentradoras de procesamiento de mineral, mediante la elaboración de estructuras metálicas y reparación de componentes mecánicos para la industria. Promoviendo el desarrollo humano y brindando soluciones con altos estándares en el mercado.

Empezó realizando fabricaciones en diferentes empresas como son Metso Perú, Komatsu Mining Corp. y realizó mantenimiento en diferentes paradas de planta como en las mineras Hudbay y Las Bambas.

Dentro de su equipo profesional calificado cuenta con las siguientes áreas:

- Gerencia
- Área de Administración y Finanzas
- Área de Operaciones y HSE
- Recursos Humanos
- Contabilidad
- Logística

- Ingeniería y Planificación
- Operaciones
- HSE

1.4. Organigrama de la empresa Minkha Metales

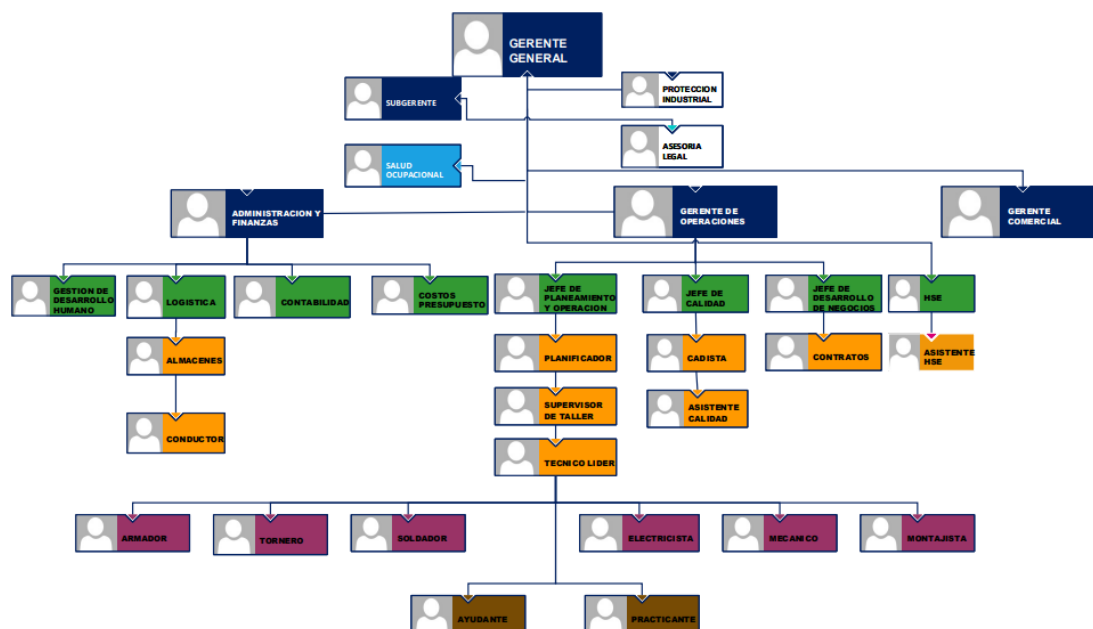


Figura 1. Organigrama de la empresa Minkha Metales

1.5. Visión y misión

1.5.1. Visión

Ser acreditado como una de las mejores empresas en brindar servicios, en base a nuestros diferentes factores, tales como, el factor humano, controles de calidad, seguridad y medio ambiente, cumpliendo con todos nuestros objetivos.

1.5.2. Misión

Somos una empresa dedicada a la satisfacción de nuestros clientes, ofreciendo diferentes productos y servicios de calidad, impulsando el desarrollo humano, la seguridad y contribuyendo con el medio ambiente; haciendo uso del avance de las nuevas tecnologías para dar soluciones con estándares de calidad que exigen las empresas.

1.6. Fundamentos legales y reglamentos administrativos

- Reglamento de la Ley N.º 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo
- Decreto supremo 024-2016-EM modificado por D. S. N.º 023-2017-EM
- Iperc continuo
- Permiso de Trabajo Seguro (PTS)

- Permiso de Trabajo en Caliente (PTC)
- Permiso de Trabajo en Espacios Confinados (PTEC)
- Permiso de Trabajo en Altura (PTA)
- ISO 9001 Gestión del control de la calidad
- ASTM E-165 Líquidos penetrantes
- ASTM E-709 Partículas magnéticas
- ASME Sección IX

1.7. Área donde se desarrollan los trabajos profesionales

Metrología y Aseguramiento de la Calidad: contempla documentación que refiere a los estándares, especificaciones y procesos de trabajo; haciendo cumplir los requisitos conforme a los que se ofreció al cliente.

Las actividades profesionales por realizar son las siguientes:

1.7.1. Proceso de evaluación

Este proceso comienza desde la recepción de la chancadora tipo cono a las instalaciones de la empresa, con un registro fotográfico para tener conocimiento en qué estado llega este. Posteriormente, comienza la etapa de desarmado, desmontaje y limpieza por parte del área de operaciones.

Una vez desmontada, libre de contaminantes, se empieza con la evaluación, usando los diferentes métodos VT directa o indirectamente, para detectar fallas, desgastes y fisuras en todos los componentes de la chancadora. Señalando las indicaciones relevantes que deben tomarse en cuenta para la siguiente etapa.

A esto se sigue con la metrología o controles dimensionales respectivos a cada componente de la chancadora, determinando desgaste o no. Se continúa con la aplicación de las técnicas NDT, tintes penetrantes y partículas a diferentes secciones de la chancadora como alojamientos, roscas, asientos cónicos, carcasas etc.

Luego de recolectar toda la información se elabora un primer informe de evaluación, que es enviado al cliente para que tenga conocimiento el estado de la chancadora evaluada.

1.7.2. Proceso de reparación

En este proceso se hace seguimiento a todas las indicaciones relevantes encontradas y mencionadas en el primer informe de evaluación. Así como reparación de fisuras por medio de las técnicas NDT (partículas magnéticas, tintes penetrantes, inspecciones visuales y ultrasonido industrial), recuperación de desgastes en alojamientos a base de aporte de soldadura etc.

El proceso de reparación incluye el mecanizado final, haciendo un control metrológico a los componentes ya reparados.

Posteriormente, se hace un informe final de reparación señalando las normas usadas, procesos realizados, controles de registro y fotografías.

1.8. Descripción del puesto y de las responsabilidades del bachiller en la empresa

La función que desempeño en la empresa es Asistente de Control de la Calidad, mis responsabilidades son:

- Gestiono y controlo, garantizando el cumplimiento de las funciones designadas por el Supervisor de Calidad, mediante una supervisión permanente de los trabajadores, así mismo, apoyo a las áreas de Planeamiento y Operaciones.
- Coordino trabajos con el área de planeamiento para ver las partes operativas o inoperativas de la chancadora, así mismo, con el área de operaciones para el limpiado, desmontaje y montaje de los componentes que llegan a la empresa Minkha Metales.
- Controlo los procesos de evaluación y reparación, haciendo seguimiento de estos en los diferentes procesos por medio de las técnicas NDT.
- También me encargo del aseguramiento del control metrológico o controles dimensionales de los componentes mecánicos en el proceso de evaluación y el proceso de reparación.

1.8.1. Formación

- Conocimientos en ensayos no destructivos
- Conocimiento en gestión del mantenimiento predictivo

CAPÍTULO II

CONJUNTO DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

2.1. Diagnóstico de la empresa

Analizando la posición actual de la empresa, hemos identificado la mala calidad en reparación de componentes, debido a que no cumplen la garantía ofrecida, esto se debe al momento de repararlos, incumpliendo las fechas programadas, generando descontento en el cliente, perdiendo horas de producción, no siguiendo el planeamiento establecido en los diferentes proyectos.

No se cuenta con un debido proceso al momento de evaluación y reparación, esto debido a la falta de conocimientos sobre los métodos de NDT que brindarían una mejor evaluación del componente para poder detectar con bastante efectividad los daños, desgastes y fuera de medidas de la chancadora. Al no detectarse las indicaciones, estas nos llevan a una serie de reprocesos y retrabajos.

Durante la investigación de las causas que generan el problema, se dio a conocer la falta de control y gestión en las evaluaciones y reparación de componentes. La mala planificación de tareas muestra una falta de gestión. Se propone llevar a cabo un proceso de implementación de ensayos no destructivos, estos ofrecerían un soporte para reducir tiempos de reparación en los componentes o equipos.

Empresas públicas y privadas coordinan con los clientes una serie de normas, reglamentos y tipos de servicios. El nombre de la empresa es la única garantía que se brinda a los clientes ofreciéndoles un servicio de calidad hasta el final. Que es identificado por los

clientes del mercado, esto permite trabajar con empresas dirigidas hacia la calidad, valiéndose por su desempeño en la reparación de componentes.

Es la principal distinción en empresarios y comerciantes, ya que a través de ellas identifica sus oportunidades de ventas y oportunidades de compra en el mercado, esto hace la diferencia entre sus competidores y permite la selección precisa de las mismas empresas.

La calidad juega un papel primordial. Su aplicación permite identificar los productos que satisfacen las necesidades de los clientes. Esto impulsa la marca, ya que, obtendrá aumentar sus ventas, generará empleos y crecerán las ganancias. Esto incentivará a optimizar los procesos de calidad en productos y servicios, esto favorece la mejora continua.

La calidad es el medio que certifica las particularidades comunes, de los componentes, productos elaborados, productos distribuidos y servicios proporcionados.

2.1.1. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional

Los consumidores demandan cada vez más información con mayor calidad sobre los productos que adquieren. Así, para muchos, no es suficiente que los productos ofrecidos en el mercado estén identificados con una marca de fábrica, sino que requieren la presencia de indicadores y estándares de procesos, en las diferentes etapas de evaluación y reparación. Que garantice el producto que está adquiriendo y que satisfaga sus necesidades. Esta información puede variar, desde la forma de obtención del producto y los insumos utilizados para su elaboración, hasta las garantías de calidad derivadas de la zona geográfica de su elaboración.

Se encontró la necesidad de realizar ensayos no destructivos para garantizar la reparación y la confiabilidad, cumpliendo con el mínimo periodo de garantía que se quiere o que se necesite; los NDT son técnicas aplicadas en la calidad de materiales, herramientas y materia prima. Sirven para la examinación de propiedades, detectar defectos, etc. No producen marcas y no destruyen la pieza, no perjudicando las propiedades y características del material ensayado.

La seguridad en garantizar las reparaciones de los productos usados en la industria es considerada la relación del período que ha sido usado el producto y el período durante el que trabajará bajo operaciones normales. Diseño, materiales, manufacturación y la forma de uso, son algunas de las características que presenta el

producto. No podemos anticiparnos a los desastres de los componentes debido a estas características mencionadas anteriormente, podemos minimizar las probabilidades de falla, desgastes y hechos, que podrían ocurrir en un futuro. Un buen plan para poder disminuir las probabilidades de fallas es la aplicación de ensayos NDT, ya que son útiles en casi todos los materiales que cumplen normas establecidas. Si podemos detectar todas las fallas a tiempo, aplicaríamos un mantenimiento correctivo, obligando las reparaciones, reforzando o cambiando piezas, así disminuiríamos las probabilidades de desperfectos y roturas de componentes de los productos. Asimismo, pueden aplicarse NDT sobre fabricaciones metálicas (estructuras de acero) en operación o en mantenimiento, examinando la pieza o componente, detectando irregularidades internas o superficiales y evaluando la capacidad de trabajo. Realizando los NDT aumenta la confiabilidad de las reparaciones, teniendo el personal capacitado para la correcta aplicación.

2.2. Objetivos de la actividad profesional

2.2.1. Objetivo general

Ejecutar la reparación de chancadora tipo cono para garantizar el periodo de garantía mediante los ensayos no destructivos NDT.

2.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar los desgastes, fisuras y roturas en la chancadora tipo cono mediante los ensayos no destructivos(NDT).
- Realizar una metodología con secuencia de actividades de aplicación de pruebas no destructivas (NDT) a chancadoras modelo cono.
- Aplicar las técnicas adecuadas de pruebas no destructivas (NDT) PT, MT y VT.

2.3. Justificación de la actividad profesional

En la necesidad de fabricar un producto con muy buena calidad. Se debe realizar una prueba sobre una parte del componente (pieza) o producto, usando un método correcto de aplicación, en la fabricación o reparación esto debe estar planificado, así podríamos validar si es la prueba correcta. Posteriormente, aplicamos los ensayos NDT en el material, verificamos y determinamos si tiene las propiedades deseadas y la calidad esperada, mejorando los procesos de fabricación y reparación. Posteriormente, podemos ratificar el método correcto o ensayo correcto determinando una calidad predefinida al producto.

2.3.1. Justificación técnica

La exanimación en el periodo de reparación del componente, piezas, equipos y fabricaciones metálicas son ejecutadas para poder evaluar la calidad. La finalidad de la examinación es corroborar si los componentes cumplen con la correcta fabricación, siguiendo normas y estándares para lograr la calidad solicitada. Los ensayos no destructivos son técnicas que ayudan a mejorar la calidad, fundamentados con la aceptación de un criterio, siguiendo diferentes normas. La aceptación de criterios en la calidad debe estar fundamentada en teorías probadas, considerando que no habrá fallas ni roturas en el componente según el desarrollo de su diseño.

La práctica de técnicas no destructivas en la industria y la tecnología son decisivas, estos pasos determinarían protocolos de confiabilidad y seguridad en la gran variedad de producto en las diferentes industrias de fabricación, plantas concentradoras, minas, industrias de autos, etc. Con la aplicación del conjunto de inspecciones hecha se busca, fundamentalmente, garantizar la integridad de productos y servicios por medio de pruebas que demuestren la ausencia de defectos internos. Los ensayos no destructivos surgen a partir de la necesidad impetuosa de verificación de la calidad de hasta un 100 % de los componentes críticos de los productos de ciertos sectores industriales; desde un comienzo, esto trajo severas dificultades en las diferentes áreas de las empresas como Calidad y Seguridad, esto fue mejorando con la aplicación de estos sistemas de inspección en las que no se altera o daña las características de los materiales, siendo esto viable a través del control de las propiedades físicas del material o en relación del componente evaluado o inspeccionado.

2.3.2. Justificación económica

La siguiente tabla muestra el valor unitario de la reparación de un *head* (parte de la chancadora) que es ofrecido al cliente, si este *head* no cumple la garantía deseada, regresaría a una nueva reparación en el taller.

Todos los costos asumidos para el retrabajo o reproceso de este componente serían asumidos en su totalidad por la empresa, los costos se aumentarían hasta en un 100 %, lo que genera una gran pérdida para la empresa.

Se puede notar el precio del costo de evaluación y costo de reparación donde hace referencia a la mano de obra en los ensayos no destructivos, mecanizado (torno), soldadura y todos los consumibles que aplican en la reparación de este componente.

Tabla 1. Costos de evaluación y reparación de chancadora tipo cono

Evaluación	Operario Mecánico/operario soldador	Costo	Doble turno	Costo
Desmontaje	4	152	SI	1216
Limpieza	3	152	SI	912
Ensayos no destructivos / controles dimensionales	2	152	SI	608
Consumibles		977	-----	977
Total				3713
Reparación				
Soldadura	4	183	SI	1464
Ensayos no destructivos	2	152	SI	608
Mecanizado	1	152	SI	304
Ensayos no destructivos	2	152	SI	608
Montaje	4	152	SI	1216
Limpieza / pintado	2	152	SI	608
Consumibles		18000	-----	18000
Total				22808

2.3.3. Justificación social

Con la elaboración de estos procesos, los estándares ayudan a la coordinación en el desarrollo de las actividades, también se proyecta en relación a estas actividades la programación de capacitaciones para los empleadores con la finalidad de alcanzar parámetros en formación, mejora y capacitación del empleador, al mismo tiempo de su correcta valoración para tener conocimiento de sus aptitudes e inconsistencias para poder elaborar objetivos, entre nosotros, para una buena calidad.

Por lo tanto, se debe entrenar con las teorías y prácticas necesarias, con una determinada cantidad de cursos en temas de calidad, seguridad, medio ambiente y salud ocupacional en plantas industriales y componentes de chancadoras.

2.4. Resultados esperados

Realizar el procedimiento de ensayos no destructivos da confiabilidad y calidad, ya que la reparación cumplirá el tiempo de garantía establecida o dada al cliente.

Con estos procedimientos se evitan fallas, tales como:

- Reducir reprocesos.
- Detallar guías en el control de calidad sobre los procesos, estos ayudan a mejorar la reparación y evitar que sucedan nuevamente, evitando pérdida de tiempos, aumentando eficacia y eficiencia de producción. Requerir modelos o tipos de calidad y tiempos a los suministradores.
- Evitar la repetición de uno o más pasos previos del proceso de fabricación establecido y no usar etapas del proceso que son diferentes del procedimiento establecido.

- **Mejorar la calidad**

Optimizar la calidad, reduciendo costos, produciendo servicios con mayores estándares de calidad, estandarizando procedimientos en la empresa, que conlleven a la reparación de chancadoras tipo cono, tales como:

- Definir procesos
- Competencias
- Crear procesos repetibles
- Plan para la mejora continua

- **Cumplir con la garantía determinada**

La elaboración de servicios de calidad es un requisito fundamental para asegurar el crecimiento empresarial. La confianza del cliente asegura un valor industrial del mercado. La satisfacción de los clientes genera una vinculación a la empresa, este sin duda, volverá a realizar el servicio y confiará en la compañía.

En la etapa de fabricación se tiene la obligación de revisar el producto final, este debe cumplir ciertas normas y especificaciones de la empresa, siguiendo un plan de calidad. A pesar de que, este plan no se cumple, debido a reducción de costos, logrando un resultado de pérdida.

- **Mejorar procesos de reparación**

La tecnología y el estudio de nuevos equipos ayudan a mejorar la productividad y eficacia, obteniendo más competitividad sobre las demás empresas, brindando mejores productos.

La mejora continua reduce periodos de reparación que son considerablemente altos. La mala planificación de producción y el uso de herramientas incorrectas genera una inevitable pérdida.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. Bases teóricas de las metodologías o actividades realizadas

3.2. Chancadora tipo cono

Las chancadoras de Metso tipo cono son muy populares en la producción de agregados, operaciones mineras y aplicaciones de reciclaje. Normalmente se usan en etapas de chancado secundario, terciario y cuaternario. Sin embargo, en los casos en que el tamaño del grano del material procesado es pequeño por naturaleza y no es necesaria la etapa de chancado primario tradicional, estas chancadoras también pueden llevar a cabo la primera etapa del proceso de chancado (1).

El propósito del chancado es reducir el tamaño del mineral proveniente directamente de mina a un tamaño menor para que pueda ser transportado fácilmente por las fajas transportadoras. El rango y distribución de tamaños de las partículas del mineral (granulometría) dependerá principalmente de la dureza y la composición mineralógica del mineral, así como, del proceso de voladura, siendo este último proceso el principal responsable de la adecuada fragmentación inicial del mineral (2).

La chancadora de cono es una chancadora giratoria modificada. La principal diferencia es el diseño aplanado de la cámara de chancado para dar alta capacidad y alta razón de reducción del material. El objetivo es retener el material por más tiempo en la cámara de chancado para realizar mayor reducción de este en su paso por la máquina. El eje vertical de la chancadora de cono es más corto y no está suspendido como en la giratoria sino que es soportado en un soporte universal bajo la cabeza giratoria o cono. Puesto que, no se requiere una boca tan grande, el

casco se abre hacia abajo, permitiendo el hinchamiento del mineral a medida que se reduce de tamaño, proporcionando un área seccional creciente hacia el extremo de descarga. Por consiguiente, la chancadora de cono es una excelente chancadora libre. La inclinación hacia afuera del casco permite tener un ángulo de la cabeza mucho mayor que en la chancadora giratoria, reteniendo, al mismo tiempo, el mismo ángulo entre los miembros de chancado. Esto da a la chancadora de cono alta capacidad, puesto que la capacidad de una chancadora giratoria es proporcional al diámetro de la cabeza.

Las chancadoras de cono se especifican por el diámetro del revestimiento del cono. Los tamaños pueden variar desde 2 a 10 pies y tienen capacidades de hasta 3000 tc/h para aberturas de salida de 2 1/2 pulgadas. La amplitud de movimiento de una chancadora de cono puede ser hasta 5 veces la de una chancadora primaria que debe soportar mayores esfuerzos de trabajo. También operan a mucho mayor velocidad. El material que pasa a través de la chancadora está sometido a una serie de golpes tipo martillo en vez de una compresión lenta como ocurre con la cabeza de la chancadora giratoria que se mueve lentamente.

La acción de la alta velocidad permite a las partículas fluir libremente a través de la chancadora y el recorrido amplio de la cabeza crea una gran abertura entre ella y el casco cuando está en la posición completamente abierta. Esto permite que los finos chancados sean descargados rápidamente, dejando lugar para alimentación adicional. La figura muestra un esquema representativo de lo que ocurre en la cámara de chancado al entrar mineral. La descarga rápida y características de no atoramiento de la chancadora de cono permite una razón de reducción en el rango 3 - 7:1, pudiendo ser mayor en algunos casos.

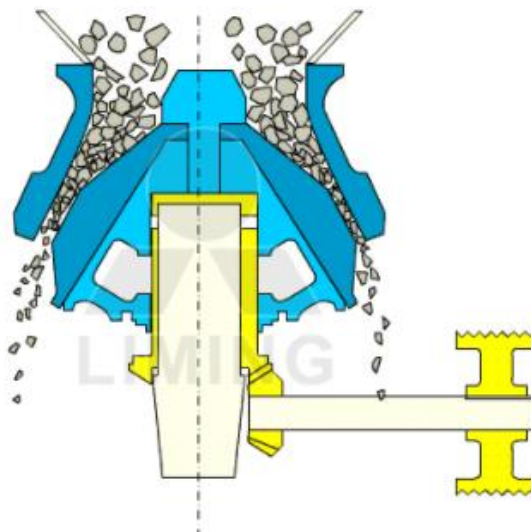
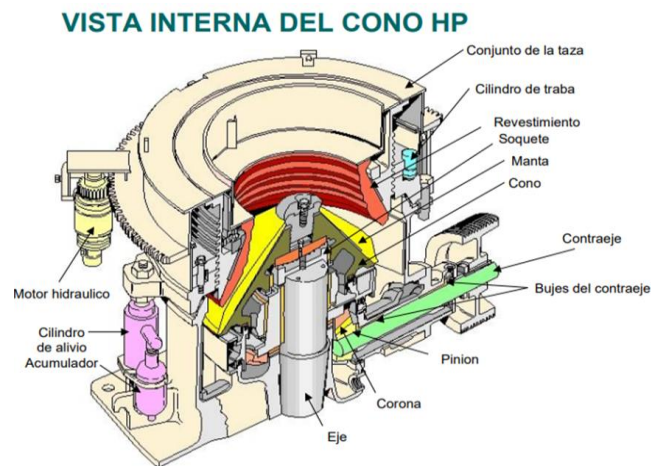


Figura 2. Chancadora tipo cono
Tomada de Metso / base de datos / manuales

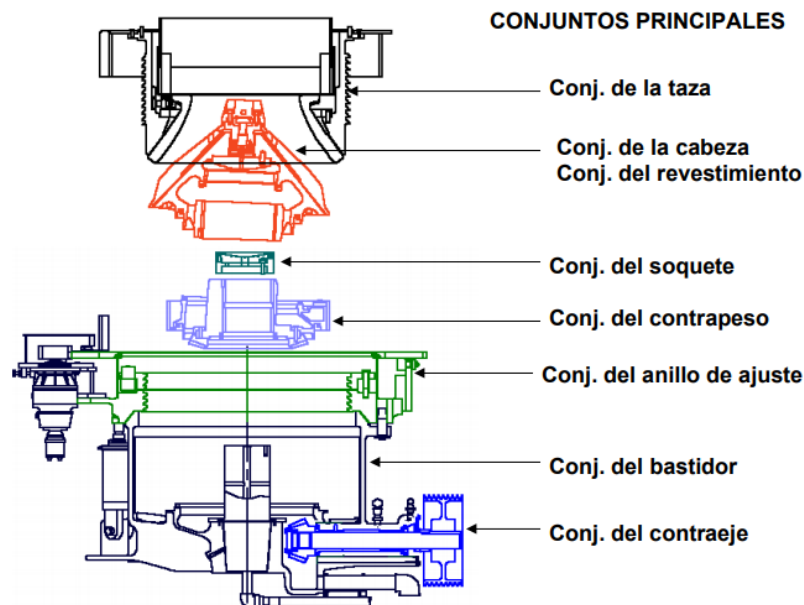
3.3. Partes principales de la chancadora tipo cono

La chancadora tipo cono consta de varias partes o conjuntos, en la imagen se describe el interior de la chancadora.



*Figura 3. Vista interna de la chancadora
Tomada de Metso / base de datos / manuales*

A continuación, se detallan, de forma general, las partes (conjuntos) de la chancadora tipo cono:



*Figura 4. Partes de la chancadora tipo cono
Tomada de Metso / base de datos / manuales*

3.3.1. Conjunto del bastidor y anillo de ajuste

- Cilindro de bloqueo
- Faldón de protección

- Cilindro de alivio
- Bastidor principal
- Blindaje del brazo
- Anillo de bloqueo
- Anillo de ajuste
- Blindaje del bastidor
- Sello
- Eje
- Arandela inferior de tope

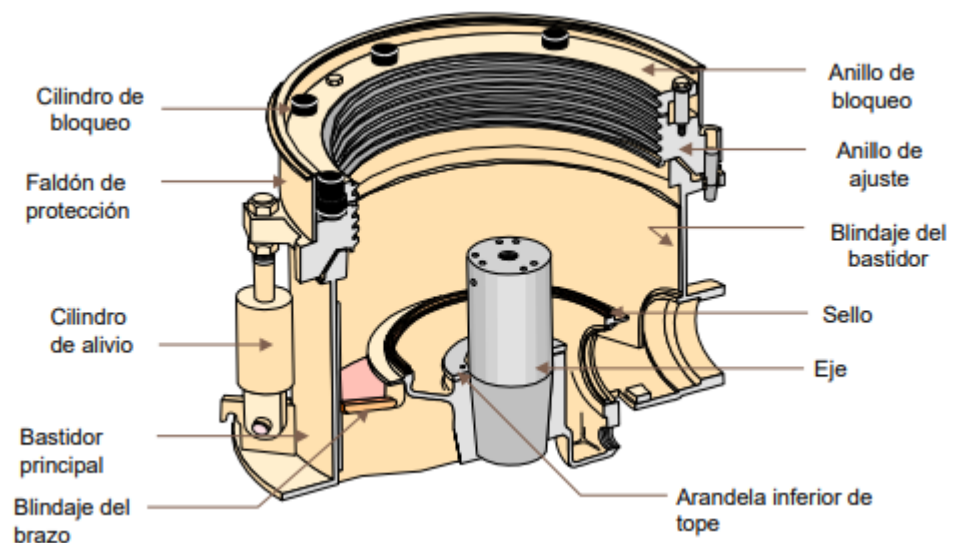


Figura 5. Conjunto bastidor y anillo de ajuste
Tomada de Metso / base de datos / manuales

3.3.2. Conjunto del anillo de ajuste

- Anillo de fijacion
- Cilindro de traba
- Tornillo
- Anillo de ajuste
- Eje bastidor (pin)

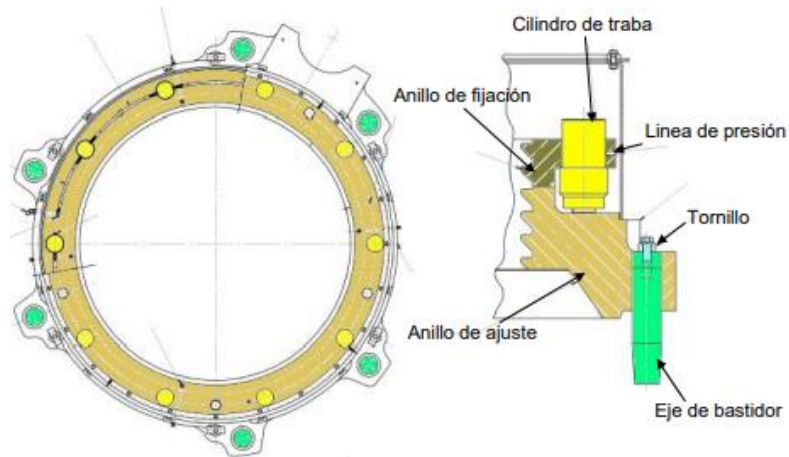


Figura 6. Conjunto anillo de ajuste
Tomada de Metso / base de datos / manuales

3.3.3. Conjunto del contraeje

- Tapa del pinion
- Bujes de bronce
- Tornillos (pernos)
- Cubierta
- Pinion
- Contraeje
- Distribuidor
- Anillo de sello

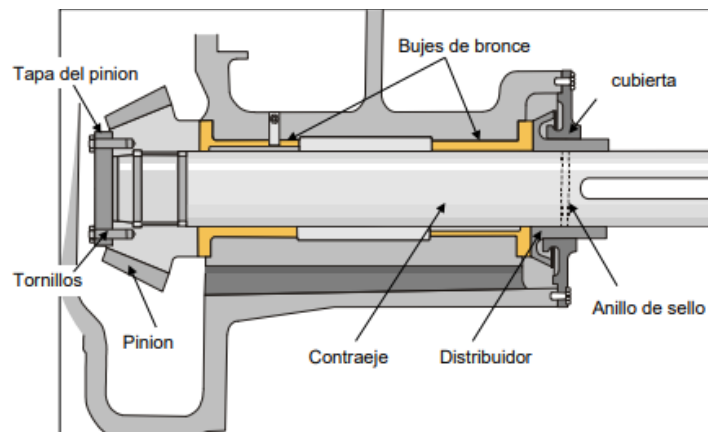


Figura 7. Conjunto contraeje
Tomada de Metso / base de datos / manuales

3.3.4. Conjunto del excéntrico

- Excéntrico
- Buje excéntrico
- Contrapeso
- Sello U

- Sello T
- Corona
- Placa de apoyo superior
- Protección del contrapeso

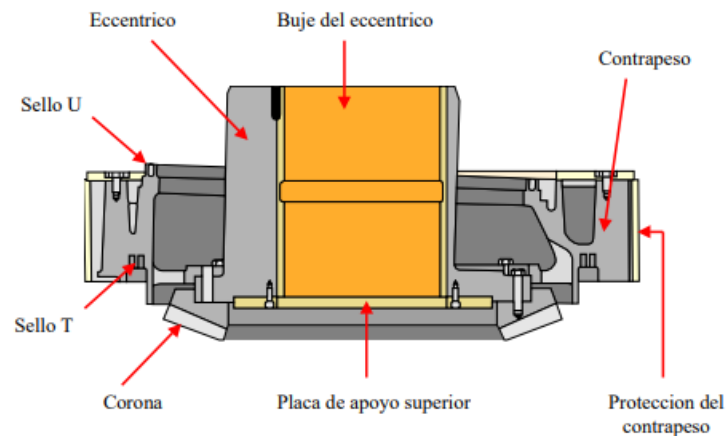


Figura 8. Conjunto excéntrico
Tomada de Metso / base de datos / manuales

3.3.5. Conjunto de la cabeza

- Cabeza
- Tope esférico
- Placa de distribución
- Bujes de la cabeza (*lower, upper*)

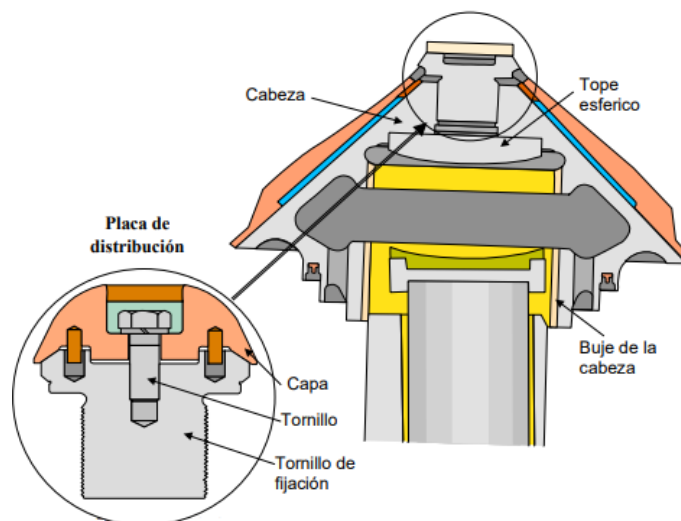


Figura 9. Conjunto cabeza
Tomada de Metso / base de datos / manuales

3.4. Ventajas

Disminución de paradas

El método de protección contra intrituras, hidráulico y de doble efecto, permite al HP evacuar elementos intrituras que bloquearían a la mayor parte de los molinos de la competencia. El amplio recorrido de desatascado, independiente del reglaje de las mandíbulas, permite vaciar completamente la cámara de trituración sin intervención manual. Un motor hidráulico permite el ajuste preciso de la taza, y a la vez ofrece la posibilidad de desenroscarla totalmente, lo que simplifica de forma considerable la operación de cambio de mandíbulas. Un sencillo sistema de sujeción de las mandíbulas permite su desmontaje rápido (3).

Mantenimiento eficaz

La aplicación generalizada de cojinetes de bronce proporciona una gran resistencia a los esfuerzos de trituración, en un contexto donde los elevados choques y el polvo son omnipresentes. Estos cojinetes son poco costosos y fáciles de reemplazar en obra con las herramientas convencionales. Los molinos de cono HP son fáciles de desmontar, puesto que todas las piezas son accesibles por la parte superior de la máquina o lateralmente. La cabeza y la taza pueden sacarse del bastidor sin desmontar el grupo mecánico (3).

Juntas de laberinto de alto rendimiento, sin contacto, permiten una enorme fiabilidad en lo concerniente a estanqueidad antipolvo. De concepción sencilla, protegen el mecanismo. Una excelente protección contra el desgaste de todas las piezas del molino permite minimizar los costes de mantenimiento: cono distribuidor de protección de la tuerca de bloqueo, blindaje de bronce de los soportes del bastidor, blindaje de la caja del contraeje, blindaje de contrapeso, blindajes de bastidor y conducto de alimentación con caja de piedra (3).

Fácil aplicación

Las cámaras de trituración de los molinos HP pueden adaptarse (de las más finas a las más gruesas) mediante el simple cambio de la mandíbula fija y eventualmente de la mandíbula móvil, del anillo de adaptación y de los tornillos de bloqueo (3).

3.5. Pruebas no destructivas

Las pruebas no destructivas (NDT) son inspecciones, exámenes o pruebas que son utilizadas para detectar discontinuidades internas y superficiales o para determinar propiedades selectas en materiales, soldaduras, partes y componentes; usando técnicas que no alteren el estado físico o constitución química, dañen o los destruyan (4).

Argumentos para la aplicación de NDT.

Junto a la localización y examinación de indicaciones, las NDT son aplicados en:

- Controles dimensionales
- Determinar localización de indicaciones y su debida examinación
- Definir características de los materiales
- Alcance de características
- Regularidad de fabricaciones y reparaciones
- Reducir costos en la producción
- Quitar material incorrecto
- Avances en procesos de reparación
- Control en la operación de sistemas en función de minas y diferentes tipos de infraestructuras, previniendo fallas futuras.
- Análisis después de la falla para determinar las razones
- Identificar o separar materiales

3.5.1. Criterios para la selección de una prueba no destructiva

Uno de los problemas, es seleccionar la técnica más apropiada y económica.

Para ello se aconseja conocer lo siguiente (5):

- Tipos de defectos y su localización
- El tamaño y orientación de defecto
- El tamaño y la forma del objeto a inspeccionar
- Las características del material que va a ser inspeccionado

3.5.2. Tipos de ensayos no destructivos

Pruebas no destructivas superficiales

- VT - Inspección visual
- PT - Líquidos penetrantes
- MT - Partículas magnéticas

Pruebas no destructivas volumétricas

- UT - ultrasonido industrial
- RT - radiografía industrial

3.5.3. Inspección visual- *visual testing* (VT)

Esta técnica requiere de una gran cantidad de información acerca de las características de la pieza a ser examinada, para una aceptada interpretación de las posibles indicaciones. Está ampliamente demostrado que cuando se aplica

correctamente como inspección preventiva, detecta problemas que pudieran ser mayores en los pasos subsecuentes de producción o durante el servicio de la pieza (4).

3.5.3.1. Ventajas y desventajas

Ventajas

- La inspección visual directa (IVD) es generalmente una observación básica de la superficie a ser inspeccionada.
- La inspección visual remota (IVR) puede emplear la luz más allá del rango humano de luz visible, incluyendo ondas ultravioleta e infrarroja, detectadas por arreglos de sensores fotoeléctricos.
- Bajo costo
- Rápido y fácil de aplicar
- No requiere equipos complejos.
- Se requieren ayudas visuales mínimas.
- El control dimensional puede ser muy preciso si se emplean herramientas adecuadas.
- Puede ser aplicado a un gran rango de aplicaciones e industrias.

Desventajas

- Solo apto para inspección superficial
- Sensibilidad por iluminación y agudeza visual
- Discontinuidades que no están abiertas a la superficie
- Existe una limitación en el dimensionamiento de la indicación, esta es revelada por un equipo convencional o el ojo sin ayuda.
- En algunas ocasiones, el uso de accesorios puede generar distorsión en la vista o imágenes.

- Es necesario contar con la experiencia y el entrenamiento necesario a fin de no incurrir en evaluaciones inexactas.

3.5.3.2. Visión

El ojo

El ojo es una herramienta visual con muchas características instintivas que dan la adaptación, proveen una visión a distintas distancias a través de un rango de intensidades lumínicas.

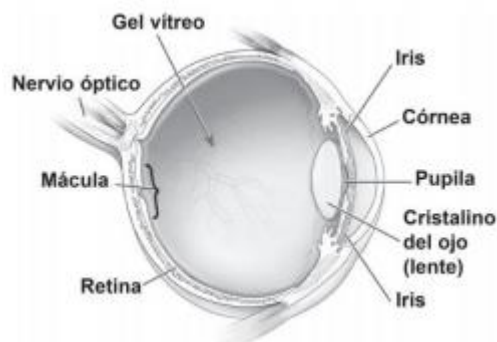


Figura 10. Partes del ojo humano
Tomada de Api 1104

- Pupila e iris logran la adaptación a diferentes condiciones lumínicas.
- Iris de distintos colores.
- Cristalino responsable del ajuste del enfoque a fin de mantener una imagen de retina nítida mientras el recorrido entre la vista y el elemento cambia.
- El cuadro se realiza gracias a la cubierta y sus miembros.
- La retina, delicada membrana nerviosa en la parte posterior del ojo que cambia la luz con indicaciones eléctricas y transmite estas indicaciones vía el nervio óptico al cerebro.
- La mácula, que rodea la *fóvea centralis*, es un disco amarillo pigmentado, absorbe la luz azul cambiando la percepción de color en los conos de esta región central.

Agudeza visual

Habilidad que permite comprender particularidades, resultado de la concentración de los conos en la *fóvea centralis*. Incluye:

Agudeza - resolución

Habilidad que contribuye a diferenciar entre líneas delgadas, puntos. A 10" un ojo estándar, es idóneo para solucionar dos lugares distanciados 0.004".

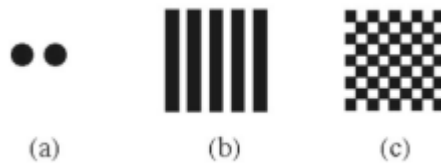


Figura 11. Agudeza de resolución
Tomada de Api 1104

Agudeza - reconocimiento

Habilidad de distinguir entre cuerpos como la letra "A" y la "D". Esto es una combinación de características fisiológicas, perceptivas y ambientales. Los elementos climáticos contienen color, forma, iluminación, etc.

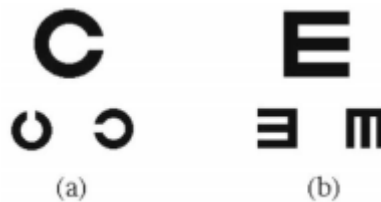
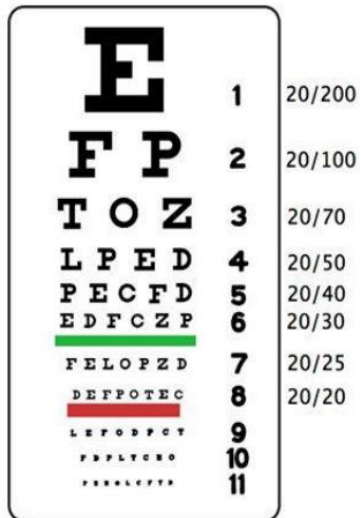


Figura 12. Agudeza de reconocimiento
Tomada de Api 1104

Resultado - temporal

Magnitud de respuesta del ojo a variaciones de color con el tiempo. Es proporcional a la duración del tiempo o luz que debe durar para ser definido.

La eficacia sensorial del examinador es juzgada a campos cercanos y lejanos. Según la prueba de Snellen 20 / 20 es realizada a seis metros de distancia para visión lejana. Los códigos ASME requieren una visión de 20 / 20 o 20 /30. No está especificado si esto aplica a visión cercana o lejana.



*Figura 13. Respuesta temporal
Tomada de Api 1104*

Jaeger test

El test de Jaeger consiste en una tarjeta que tiene impresos 7 párrafos de texto desde una escala J10 (aproximadamente New Times Román 14 puntos) a J 1 (aproximadamente New Times Toman 3 puntos). El párrafo de J 1 en el test de Jaeger es considerado el equivalente a 20 / 20. La práctica recomendada N.º SNT TC 1A (1996) recomienda una distancia a la tarjeta de 12”.

**No. 1.
.37M**

In the second century of the Christian era, the empire of Rome comprehended the fairest part of the earth, and the most civilized portion of mankind. The frontiers of that extensive monarchy were guarded by ancient renown and disciplined valor. The gentle but powerful influence of laws and manners had gradually cemented the union of the provinces. Their peaceful inhabitants enjoyed and abused the advantages of wealth.

**No. 2.
.50M**

four score years, the public administration was conducted by the virtue and abilities of Nerva, Trajan, Hadrian, and the two Antonines. It is the design of this and of the two succeeding chapters, to describe the prosperous condition of their empire; and afterwards, from the death of Marcus Antoninus, to deduce the most important circumstances of its decline and fall; a revolution which will ever be remembered, and is still felt by

**No. 3.
.62M**

the nations of the earth. The principal conquests of the Roman were achieved under the republic; and the emperors, for the most part, were satisfied with preserving those dominions which had been acquired by the policy of the senate, the active emulations of the consuls, and the martial enthusiasm of the people. The seven first centuries were filled with a rapid succession of triumphs; but it was

**No. 4.
.75M**

reserved for Augustus to relinquish the ambitious design of subduing the whole earth, and to introduce a spirit of moderation into the public councils. Inclined to peace by his temper and situation, it was very easy for him to discover that Rome, in her present exalted situation, had much less to hope than to fear from the chance of arms; and that, in the prosecution of

**No. 5.
1.00M**

the undertaking became every day more difficult, the event more doubtful, and the possession more precarious, and less beneficial. The experience of Augustus added weight to these salutary reflections, and effectually convinced him that, by the prudent vigor of

**No. 6.
1.25M**

his counsels, it would be easy to secure every concession which the safety or the dignity of Rome might require from the most formidable barbarians. Instead of exposing his person or his legions to the arrows of the Parthians, he obtained, by an honor-

*Figura 14. Cartilla Jaeger
Tomada de Api 1104*

Discriminación de color

La discriminación de color es una habilidad esencial para un inspector visual. Las deficiencias de discriminación de color pueden ser adquiridas o hereditarias. Por lo general, los hombres heredan deficiencias como determinación entre rojo y verde. Las plantillas de Ishihara requieren el reconocimiento de números compuestos de puntos de colores.

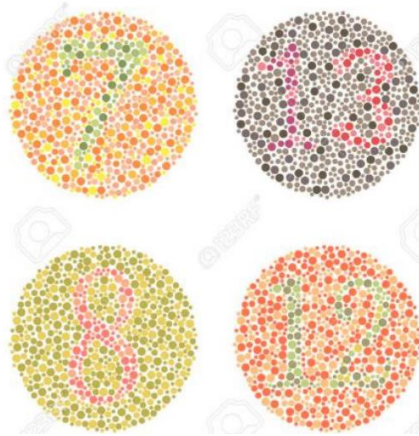


Figura 15. Cartilla de Ishihara
Tomada de Api 1104

3.5.3.3. Características superficiales

Incluyen

- Textura (rugosidad u ondulación)
- Color (incluye brillo)
- Limpieza superficial

La limpieza superficial normalmente es un requisito para otros procesos como pintura o líquidos penetrantes.

La textura (rugosidad) es controlada por tolerancias dimensionales de acuerdo a estándares publicados.

Textura

Tres características comunes: forma, rugosidad y ondulación.

- Variaciones respecto a la forma o perfil, son controladas por tolerancias geométricas o dimensionales. Tolerancias mayores a 0.03 mm son medidas respecto a una referencia (datum) empleando un estándar dimensional o un comparador óptico.
- La rugosidad es crítica cuando la fricción debe ser reducida. Cuando es medida, es importante colocar un valor numérico a la característica a ser controlada. En ciertas ocasiones, si solo se elige un parámetro, se puede correr el riesgo de no controlar adecuadamente un aspecto de la superficie.

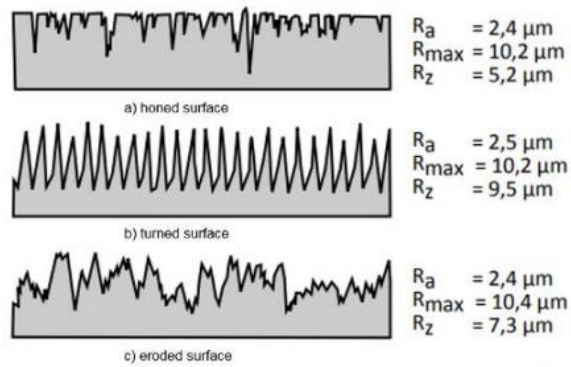


Figura 16. Tipos de textura
Tomada de Norma Asme V (Asme B31.X)

El color es significativamente importante en el valor comercial de ciertos objetos (Ej. acero rolado en frío o sometido a tratamiento superficial). La luz coloreada es reflejada por el objeto de ensayo hacia el observador. La coloración es una cualidad de iluminación que corresponde a una porción de la banda electromagnética. El orden de color describe el color en términos de matiz, valor y saturación.

- El matiz (o cromaticidad) describe el color en términos de sus constituyentes primarios: cantidad de azul, rojo, etc.
- El valor describe la claridad (valor alto) u oscuridad (valor bajo) de un color.
- La saturación describe la cercanía o lejanía respecto al color neutral. Normalmente llamado intensidad de color. Los colores con baja saturación aparecen grisáceos.



Figura 17. Matizes de colores
Tomada de Norma Api 650 & 653. 1

3.5.3.4. Limpieza

Existen 3 categorías de condición superficial que tienen un efecto negativo en la inspección.

- Contaminantes
- Recubrimientos
- Desgastes o deformación superficial

Contaminantes

- Aceites ligeros (capas delgadas), aceites hidráulicos, lubricación, grasas ligeras, fluidos de corte. Se emplean solventes, limpieza ultrasónica o desengrasantes.
- Aceites pesados (capas sólidas), aceites pesados, grasas viscosas, lubricantes particulados como grafito o disulfuro de molibdeno. Se requiere el uso de solventes más una considerable acción mecánica a través de agitación, refregado o aplicación de presión.
- Carbón o barniz, productos de combustión, residuos de petróleo quemado, residuos de combustible o aceites evaporados. Existen solventes especiales y alcalinos para la remoción. Así también, es comúnmente empleado con removedores de pintura.
- Óxidos y productos de corrosión, óxidos y productos de mecanismos de corrosión. Se requiere métodos de limpieza agresiva como el uso de ácidos, remoción abrasiva y otros métodos de remoción metálica.
- Agua y humedad, por lo general, son residuos de una limpieza previa. El uso de hornos para el secado es la mejor manera de remoción de humedad de la superficie de los componentes y discontinuidades.
- Residuos de productos de limpieza, los químicos usados para la limpieza contienen fuertes ácidos y alcalinos. Normalmente, el uso de agua caliente y agitación y repetida inmersión en agua fresca.
- Residuos de inspecciones previas, residuos de líquidos penetrantes o reveladores dejados en la superficie.

Recubrimientos superficiales

- Recubrimientos, pintura, anodizado, platinado con cromo, etc., impiden el ingreso del penetrante a las discontinuidades.
- Químico, puede ser empleando removedores solventes o ácidos / alcalinos.
- Remoción mecánica, puede ser realizada por acción física, pero puede deformar la superficie. Se realiza por 1) abrasión 2) granallado / arenado / cepillado.
- Ignición, el empleo de flamas permite la fácil remoción, pero puede generar un efecto negativo en el elemento.

Deformación, desgaste y rugosidad superficial en la inspección

- Normalmente toma la forma de fluidez o desplazamiento del material.
- La cantidad de deformación depende de la ductilidad y tipo de trabajo del elemento.
- El material deformado genera un impedimento para el ingreso del penetrante a las discontinuidades.
- Existen procesos que pueden deformar la superficie del material como granallado, maquinado, etc.
- Puede ser requerido el tratamiento superficial con ácido y pulido.

3.5.3.5. Técnicas de inspección visual

Inspección visual directa (IVD)

Si el camino de la luz entre la superficie examinada y el ojo del inspector no es interrumpido, la inspección visual es denominada directa. Normalmente se realiza con el ojo sin ayuda, sin embargo, puede emplearse espejos o lentes de aumento para mejorar o transmitir la imagen. La distancia máxima recomendada por los estándares (Ej. ASME BVPC) es 24" (600 mm) y el ángulo mínimo es de 30°.

Los factores más importantes que influyen la sensibilidad de la inspección visual directa son:

- **Visión del inspector:** el inspector debe someterse a una examinación de la visión cercana de manera anual, así como también para diferenciación de contraste de color, incluyendo sombras de gris cada cinco años.
- **Nivel de iluminación:** la iluminación de la superficie debe ser verificada con un medidor adecuado. Algunos procedimientos permiten iluminación de una linterna siempre y cuando exceda la intensidad requerida. Ej. 350 lux (fundiciones de arena), 540 lux (inspección en servicio), 1080 lux (soldaduras durante fabricación).
- **La condición de la superficie inspeccionada:** presencia de oxidación, pintura o aceites. Estas condiciones pueden interferir con el proceso de inspección.
- De manera general
- **De manera detallada o local:** la inspección visual detallada puede requerir el ensayo táctil para realizar mediciones o determinación de rugosidad superficial.

Inspección visual indirecta o remota (IVR)

Si la luz no proviene directamente por parte de la superficie, esta técnica es clasificada como inspección visual indirecta o remota. Ej. si el inspector visualiza la imagen de una cámara digital. Espacios confinados con acceso limitado como el interior del bloque de un motor o una cámara de combustión de una turbina pueden requerir el transporte de la imagen alrededor de esquinas o de distancias considerables. Esto puede ser conseguido por boroscopios rígidos o de fibra.

En el caso de la inspección visual directa, el uso de un espejo produce una imagen comparable a la visión directa con el ojo, aun cuando la imagen está invertida o con algo de distorsión o involucra algo de aumento. Con la inspección indirecta, el lente de un baroscopio o las fibras de vidrio pueden influenciar la imagen mucho más. El vidrio y las fibras absorben luz y cambian

la magnitud de la frecuencia, de la misma manera que, la iluminación blanca original asume una huella de color al viajar a través de estos materiales. Por tanto, es necesaria una verificación de la resolución de estos instrumentos.

Inspección visual translúcida (IVT)

Ciertos plásticos y materiales compuestos son translúcidos. Una de las aplicaciones es verificar la falta de cohesión entre las capas de un material compuesto. Esto se observa como un cambio en la transitividad de la luz. Una fuente de luz difusa es colocada en un lado del objeto y el inspector observa desde el otro lado.

3.5.3.6. Discontinuidades en inspección

Introducción

Definimos a una discontinuidad como la interrupción de la estructura típica (o esperada) de una junta soldada. En este sentido, se puede considerar a la discontinuidad como la falta de homogeneidad de la materia física, mecánica o metalúrgica de la soldadura. La existencia de discontinuidades en una junta soldada no significa necesariamente que esta sea defectuosa. Esta condición depende del uso que se le dará a la junta, y dicha discontinuidad se caracteriza mediante la medida y comparación de las propiedades observadas contra niveles de aceptación establecidos en un código de diseño o el contrato correspondiente. Por lo tanto, se considera una junta soldada defectuosa cuando contiene discontinuidades que no cumplen con los requisitos necesarios, por ejemplo, para un determinado código. Las juntas defectuosas deben, en general, ser reparadas o reemplazadas, incluso (6).

Se pueden mencionar cuatro tipos de discontinuidades:

- Discontinuidades dimensionales
- Discontinuidades estructurales
- Discontinuidades en relación con las propiedades deseables de la región de la soldadura
- Discontinuidades en relación con las propiedades del metal base

Discontinuidades dimensionales

Para la fabricación de una estructura soldada, es necesario que tanto la estructura como su soldadura tengan formas y dimensiones cercanas (dentro de las tolerancias) a lo indicado en los planos de diseño. Si al realizar una medida

se encuentra un valor por fuera de los requisitos aplicables, esto debe ser considerado un defecto, lo que requiere su corrección antes de la aceptación final de la estructura. Las principales discontinuidades estructurales son las siguientes (6):

Deformación

Es el cambio de forma de la pieza soldada debido al aporte térmico sobre el material durante la soldadura. Estos problemas son corregidos o controlados con medidas, tales como:

- Realizar seguimiento del trabajo de forma cuidadosa, atendiendo al diseño y planos.
- Planificación de la secuencia de deposición de las soldaduras.
- Preparación adecuada de las juntas.
- Si es requerida, la adopción de técnicas especiales para el depósito de soldadura.

Los medios para eliminar o corregir los problemas de soldadura dependen del código o especificación considerando el acuerdo entre el fabricante y el cliente, o incluso el equipamiento disponible.

La preparación incorrecta de la junta

Incluye la incapacidad para producir una junta con el tamaño o la forma, por ejemplo, de acuerdo al diseño adecuado, para el espesor del material y el proceso de soldadura que será utilizado. Un fallo de este tipo puede incrementar la tendencia a la formación de discontinuidades estructurales en la soldadura, que requieren corrección antes de comenzar a soldar (6).

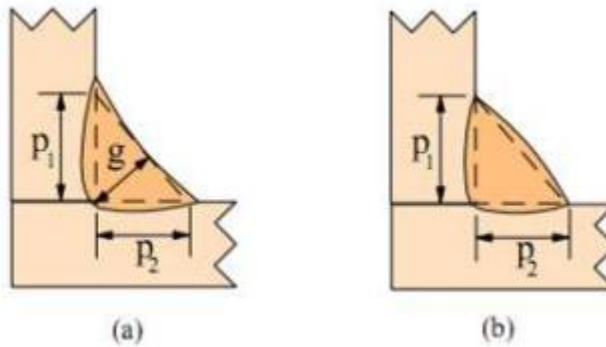


Figura 18. Perfiles correctos de soldaduras filete, dimensiones, pierna, garganta, cordón cóncavo (a) o convexo (b)
Tomada de <https://n9.cl/jywcp>

Perfil incorrecto de soldadura

El perfil de la soldadura (forma) es relevante, dado que, variaciones bruscas de la geometría pueden actuar como concentradores de tensiones, lo que facilita la aparición de fisuras. El perfil del cordón puede también ser considerado como inapropiados cuando (i) facilita que la escoria quede atrapada entre pasadas de cordones, (ii) puede llevar a la acumulación de residuos y, por lo tanto, debilitar la resistencia a la corrosión de la estructura o (iii) provocar que, en algunos lugares, las dimensiones de la soldadura sean incorrectas. Este tipo de discontinuidad se asocia generalmente con problemas al ejecutar la operación de soldadura (manejo incorrecto del electrodo, parámetros de soldadura desajustados, la inestabilidad del proceso, etc.) La figura siguiente muestra ejemplos de perfiles de soldaduras inadecuadas para un filete (6).

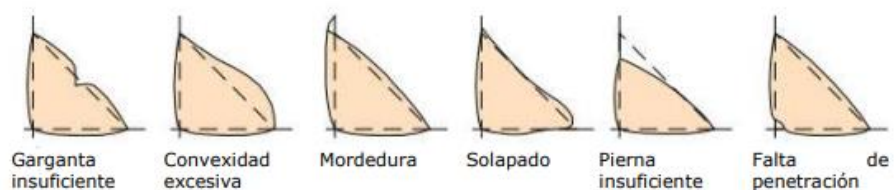


Figura 19. Perfiles incorrectos de soldadura
Tomada de <https://n9.cl/jywcp>

En cuanto al perfil de una junta plana, se puede encontrar concavidad en la raíz (a), un exceso de penetración (b) o un exceso de sobremonta (o sobre espesor) (c) (6).

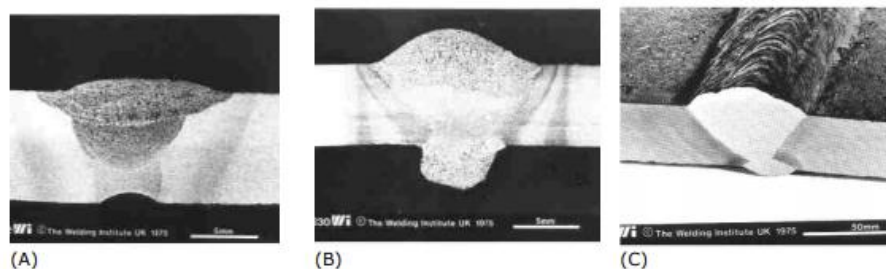


Figura 20. Perfiles incorrectos de junta plana
Tomada de <https://n9.cl/jywcp>

Formato incorrecto de la junta

Una junta con dimensiones incorrectas ocasionará, seguramente, problemas a la hora de ejecutar la soldadura, pudiendo potenciar múltiples defectos. Tan importante como las dimensiones de la junta es su armado, presentación y punteado de la pieza, un error puede conducir a dificultades de desalineación de juntas a tope (figura siguiente).

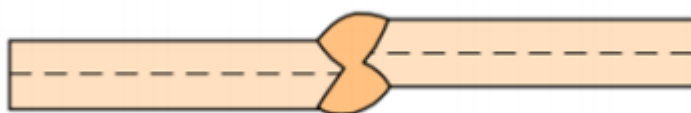


Figura 21. Desalineación de una junta tope
Tomada de <https://n9.cl/jywcp>

3.5.3.7. Discontinuidades estructurales en soldaduras por fusión

Porosidad

Formada por la emanación de gases en la parte posterior del baño de soldadura durante la solidificación. Los poros suelen tener una forma esférica, pueden formarse también poros alargados (porosidad de gusano) y, por lo general, están asociados con exceso de hidrógeno o residuos que al ser quemados provocan gases. Las principales causas operativas de la formación de poros están relacionadas con la contaminación con suciedad, óxido y humedad en la superficie del metal base, el estado del material consumible (aporte de soldadura) o el estado del equipo de soldadura y su regulación (por ejemplo, el sistema de refrigeración y los rodillos tractores en procesos semiautomáticos o automáticos) o por falla en la atmósfera de protección de la piletta líquida (debido a turbulencias en el gas de protección, un flujo muy alto de gas, problemas con el propio equipo o el efecto de las corrientes de aire) (6).

Parámetros de soldadura inadecuados como sobrecorriente y el arco demasiado largo, pueden también causar la formación de porosidad,

particularmente en la soldadura SMAW (electrodo revestido). En cuanto a su distribución en las soldaduras, la porosidad puede aparecer de manera: (a) uniformemente distribuida, (b) en grupos (asociado, en general, con retomas o la interrupción del arco) y (c) alineada (lo que suele ocurrir en la pasad de raíz) (6).

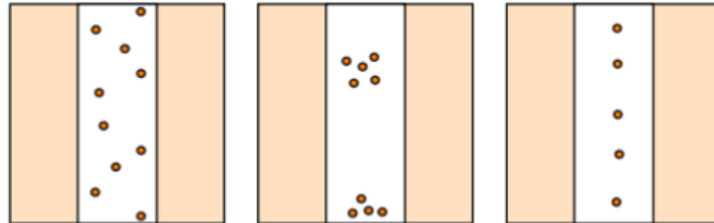


Figura 22. Esquema de porosidad
Tomada de <https://n9.cl/jywcp>.

Inclusiones de escoria

Este término se utiliza para describir las partículas de óxido u otros sólidos no metálicos atrapados entre pasadas de soldadura o entre el metal de soldadura y el metal base (figura siguiente). En general, una escoria está formada por materiales poco solubles en el metal fundido y tienden a flotar en la superficie del baño de soldadura, debido a su baja densidad. Un mal manejo del electrodo durante la soldadura puede ocasionar que parte de la escoria no sea levantada y que quede atrapada dentro de la pileta líquida. Además, en la soldadura con múltiples pasadas, parte de la escoria depositada por pasada, y que no fue removida adecuadamente, puede ser excesiva y no podrá flotar en la pasada siguiente, quedando atrapada bajo el cordón de soldadura. Varios factores pueden dificultar la eliminación de la escoria, incluyendo el depósito de un cordón irregular o el uso de una preparación de junta muy estrecha o inadecuada. Este tipo de discontinuidad aparece, en general, con una forma alargada en las radiografías. Inclusiones de escoria pueden actuar como concentradores de tensiones y favorecer el inicio de fisuras.



Figura 23. Inclusión de escoria
Tomada de <https://n9.cl/jywcp>

Inclusiones de tungsteno

Este tipo de inclusión puede ocurrir en el proceso GTAW (TIG) cuando el electrodo de tungsteno toca la pieza de trabajo o la pileta de fusión, lo que produce la transferencia de partículas de tungsteno que quedarán atrapadas, y no diluidas, en el cordón solidificado (6).

Falta de fusión

Se refiere a la ausencia de unión en la soldadura entre las pasadas adyacentes o entre el cordón de soldadura y metal base (figura siguiente). La falta de fusión es causada por un aporte deficiente de calor sobre la junta a soldar como consecuencia, por ejemplo, de una mala técnica de soldadura al manejar el electrodo, el uso de una soldadura de muy baja energía, la soldadura sobre biseles demasiado estrechos, o incluso la falta de limpieza de la junta a soldar. Esta discontinuidad es un concentrador de tensiones severo, que puede facilitar el inicio de fisuras, y reduce la sección efectiva de la soldadura apta para resistir esfuerzos mecánicos (6).

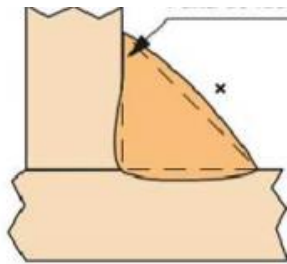


Figura 24. Inclusión de tungsteno
Tomada de <https://n9.cl/jywcp>

Falta de penetración

Es la presencia de una zona sin fusión al intentar fundir completamente la raíz de la junta (figura siguiente). La falta de penetración es causada por varios factores, destacándose el manejo incorrecto del electrodo, un diseño inadecuado de la junta (apertura de raíz muy pequeña o ángulo de bisel muy cerrado que no permite llegar al fondo de la junta). Pueden influir, la elección de un electrodo demasiado grande para una junta dada (en muchos casos prácticos se hace difícil o imposible dirigir el arco a la raíz de la junta), o el uso de una baja energía de soldadura (6).

La falta de penetración provoca una reducción en la sección útil de la soldadura, además de ser un concentrador de tensiones. Cabe señalar que a

menudo se especifican juntas que tienen una penetración parcial. En tales casos, la falta de penetración, siempre y cuando se mantenga dentro de lo especificado, no se considera un defecto en la soldadura (6).



Figura 25. Falta de penetración
Tomada de <https://n9.cl/jywcp>

Mordedura

Este término se utiliza para describir cavidades agudas, formadas por la acción de la fuente de calor de soldadura por arco, entre una pasada y el metal base o entre pasadas contiguas. Cuando se produce en la pasada de terminación, la mordedura causa una reducción en el espesor efectivo de la junta y puede actuar como un concentrador de tensiones (figura siguiente) (6).

Cuando se forman dentro de la soldadura, puede conducir a que se genere una falta de fusión o la inclusión de escoria. Las mordeduras son provocadas por un manejo inapropiado de los electrodos, la retención excesiva del arco sobre una cara de la junta, y por la corriente o alta velocidad de soldadura (6).

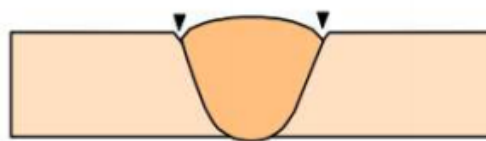


Figura 26. Mordedura
Tomada de <https://n9.cl/jywcp>

Cavidad de cráter

Un cráter representa una forma casi circular que se produce a la terminación de cada cordón y se extiende de forma irregular en el metal de soldadura, como puede verse en la figura siguiente. Su causa es la contracción durante la solidificación del metal fundido como resultado de una brusca interrupción del arco. Estos cráteres pueden ser motivo de iniciación de fisuras. A veces están asociados a la falta de fusión, de esta forma este defecto puede

ser muy perjudicial. Pueden ser evitados con una reducción gradual de corriente que permita el acceso a la cavidad de la última porción de líquido (6).

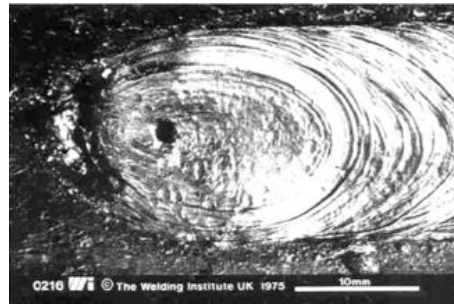


Figura 27. Cavidad de cráter
Tomada de <https://n9.cl/jywcp>

Fisuras

Las fisuras, en general, son las discontinuidades más graves, ya que representan fuertes concentradores de tensiones. Resultan en general de la acción de esfuerzos de tracción (tensiones transitorias, residuales o externas) en un material que no es capaz de resistirlos. Pueden estar asociadas en general a un problema de fragilidad. Pueden aparecer durante o inmediatamente después de la soldadura, en algunos materiales aparecen horas después de terminada la soldadura o en procesos de fabricación posteriores, o durante la condición de trabajo de la junta soldada (6).

La figura siguiente señala la fisura formada en la solidificación del cordón de soldadura. La siguiente fisura se da en el centro de la junta formada por una lámina de acero de bajo carbono de 9 mm de espesor y un perno de acero SAE 1045. Ataque: 10 % Nital.

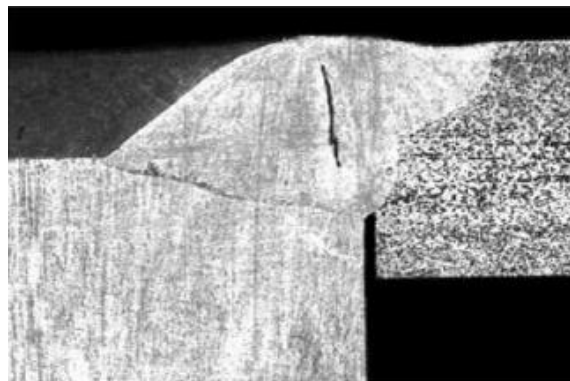


Figura 28. Fisura
Tomada de <https://n9.cl/jywcp>

La figura siguiente muestra diversas discontinuidades estructurales observadas en la sección transversal de una soldadura (por arco eléctrico) en acero. Ataque: 10 % Nital.

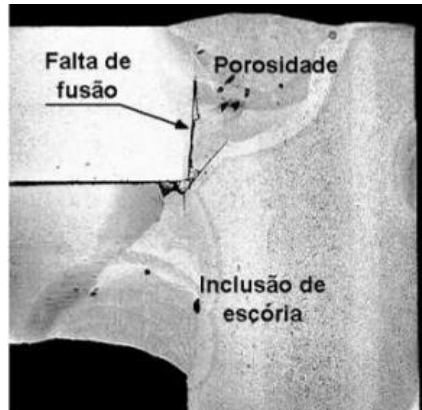


Figura 29. Defectos de soldadura
Tomada de <https://n9.cl/jywcp>

3.5.3.8. Propiedades inadecuadas

Toda soldadura depositada sobre un componente o estructura debe tener propiedades (mecánicas, químicas, etc.) que cumplan con las exigencias deseadas. Las características son especificadas sobre normas que apliquen especificaciones en el proyecto o contrato, y se verifican a través de pruebas sobre muestras de un lote de producción. Propiedades mecánicas que se evalúan a menudo incluyen la resistencia a la tracción máxima, límite elástico, la ductilidad, y la tenacidad del metal base y de la soldadura. Propiedades químicas o ciertas características de interés pueden incluir composición química y resistencia a diferentes tipos de corrosión (6).

3.5.3.9. Inspección de uniones soldadas

La inspección de un conjunto soldado consiste en actividades relacionadas con el proceso y equipos de soldadura, la especificación del procedimiento de soldadura y su calificación, calificación del soldador u operador, consideraciones sobre la metalurgia de la soldadura, los métodos de evaluación dimensionales, visuales y los diferentes tipos de ensayos no destructivos, ensayos mecánicos, junto con el conocimiento del diseño calculado para el equipo, atendiendo las distintas normas y especificaciones que aplican a proyecto (6).

Los responsables de la inspección pueden ser contratados externamente a la empresa, aunque el constructor puede tener sus inspectores para realizar el control internamente. La inspección puede ocurrir en diferentes momentos de un proceso de fabricación. El alcance y los requisitos asociados a la inspección varían en función del tipo de actividad considerada, los requisitos del contrato y las normas que apliquen.

En general, la inspección puede incluir aspectos tales como:

Inspección antes de la soldadura

- Las instrucciones y obligaciones
- Planes para la fabricación y pruebas
- Las especificaciones y la calidad del metal base
- Soldadura y equipos auxiliares
- Los consumibles de soldadura
- Diseño y elaboración de las juntas a soldar

Inspección durante la soldadura

- Control del montaje y ajuste de las piezas
- Calidad de las puntadas del armado de la pieza
- Control de las deformaciones
- Cumplimiento de los procedimientos de soldadura y los planes de fabricación
- Controlar la temperatura de precalentamiento y entrapasar y los métodos de medición
- Manejo y control de los consumibles de soldadura
- Calificación de soldadores para las operaciones realizadas
- Limpieza entre pases y la limpieza final de la junta
- Ensayos no destructivos (inspección visual y, si es necesario, otros)

Inspección después de la soldadura

- Cumplimiento de los planos y especificaciones
- Limpieza
- Ensayos no destructivos aplicables
- Inspección destructiva (por ejemplo, pruebas mecánicas de las muestras)
- Pruebas de funcionamiento
- Control de las reparaciones

- Control de tratamiento térmico después de soldadura y otras operaciones
- Documentación de las actividades de fabricación e inspección

3.5.3.10. Herramientas de inspección visual

Se tienen lentes, espejos, fuentes de luz, instrumentos de medición, variedad de calibradores, etc., que son utilizados como herramientas auxiliares en la inspección manual directa (7).

Espejo

El espejo cambia la dirección de la luz por reflexión. Los espejos pueden ser planos, convexos, cóncavos o parabólicos. Los espejos planos pueden ser arreglados en forma simple en serie, con el fin de transmitir una imagen o la luz (7).

Lentes amplificadores

Un objeto parece incrementarse en tamaño conforme se acerca al ojo. Para determinar el poder de amplificación de un lente, se considera el tamaño verdadero del objeto cuando aparece su imagen en el ojo encontrándose colocado a una distancia de 10". El valor de 10" es usado como un estándar porque normalmente a esta distancia del ojo se coloca un objeto pequeño cuando es inspeccionado. La amplificación lineal se expresa en diámetros. La letra "X" es normalmente utilizada para designar el poder de amplificación de un lente, por ejemplo, 10X (7).

Reglas de acero

Las reglas son esenciales y tan frecuentemente utilizadas en una variedad de funciones que son suministradas en estilos diferentes, son los instrumentos de medición más comunes. Las reglas, comúnmente, son fabricadas de acero (7).

Escala vernier

Las reglas de acero son clasificadas como instrumentos de medición no precisos. Existen muchos instrumentos de precisión disponibles, que tienen la capacidad de medir en décimas o milésimas, con una precisión de hasta 0.0001". Esto es posible por medio de un método simple para amplificar la discriminación de la escala lineal básica (7).

Micrómetros

Los micrómetros son dispositivos mecánicos extremadamente precisos. Son comúnmente usados para medir milésimas de pulgada, pero también existen micrómetros con los que se puede medir hasta diezmilésimas de pulgada (7).

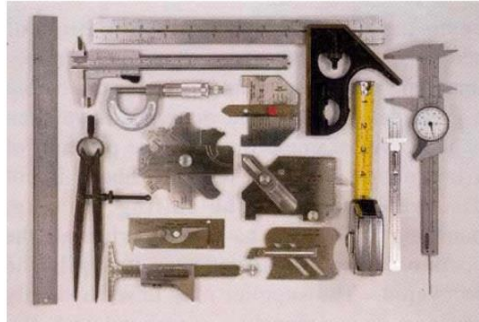


Figura 30. Herramientas de medición
Tomada de Norma API 650 & 653

Calibradores especiales

Existen otros calibradores para mediciones especiales, algunos de ellos son calibradores de profundidad, calibradores para medir cuerdas o hilos, transportadores y transportadores de bisel (para medir ángulos), niveles (para medir la variación horizontal), calibradores de interior y exterior, calibradores para medir el diámetro y uniformidad de agujeros, calibradores de radios, calibradores de tornillos, calibradores de espesor (una serie de hojas de varios espesores conocidos para verificar separaciones). Muchos de estos dispositivos son especialmente diseñados y construidos para una aplicación particular. Se encuentra disponible un surtido amplio, con muchas marcas para escoger. Es importante tener presente que la calidad no puede ser sacrificada por el costo de los dispositivos de medición (7).

Calibradores para inspección de soldadura

La inspección de soldaduras de fabricación es un campo altamente especializado, que requiere un conocimiento profundo de la metalurgia de la soldadura, los procesos de soldadura, los símbolos de soldadura y de los requisitos aplicables de los códigos de soldadura. La inspección visual de soldaduras para detectar discontinuidades superficiales y para determinar la configuración adecuada de la junta soldada se realizan utilizando fuentes artificiales de luz, espejos, reglas, magnificadores y calibradores especiales de

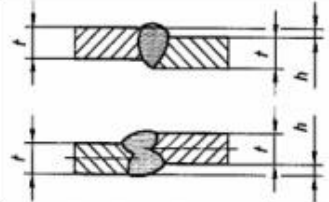
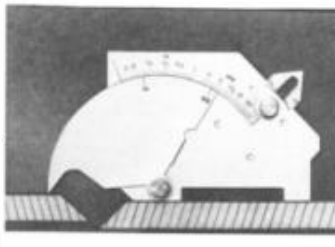
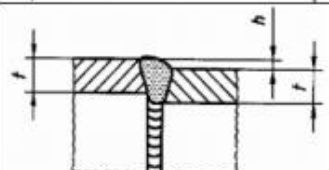
soldadura, que son usados para verificar las características físicas de las soldaduras. Algunos de estos calibradores y su uso se describen a continuación:

- Galga AWS
- Galga V WAC
- Galga HI LO
- Galga Bridgecam
- Galga de filete
- Galga WTPS
- Galga de profundidad

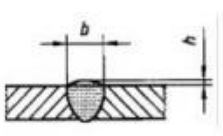
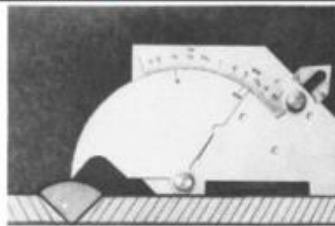
Galga Bridgecam

- Angulo de preparación
- Desalineamiento externo
- Refuerzo de soldadura
- Dimensión de garganta de unión de filete
- Dimensión de pierna de unión de filete
- Socavación y *pits*

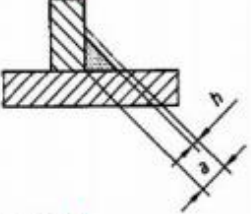
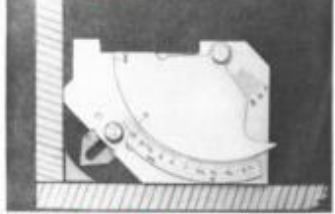
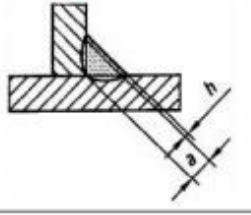
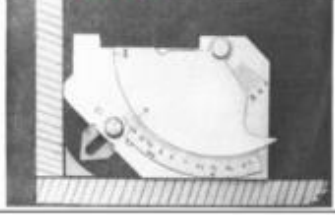
a)

Imperfección	Dimensión h	Medición h
ISO 6520-1-5071 Falta de alineación entre chapas		
ISO 6520-1-5072 Falta de alineación entre tubos		

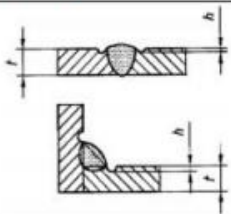
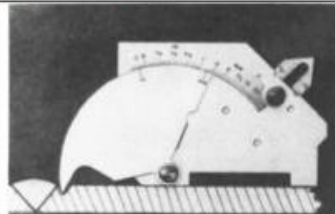
b)

Imperfección	Dimensión h	Medición h
ISO 6520-1-502 Exceso de sobreespesor (soldadura a tope)		

c)

Imperfección	Dimensión h	Medición $a - h$
ISO 6520-1-5213 Espesor de garganta insuficiente		
Imperfección	Dimensión h	Medición $a + h$
ISO 6520-1-5214 Espesor de garganta excesivo		

d)

Imperfección	Dimensión h	Medición h
ISO 6520-1-501 Mordedura		

*Figura 31. a) Alineación entre planchas b) Sobremonta c) Espesor de garganta d) Mordedura de socavación
Tomada de Norma ASME V (ASME B31.X)*

3.5.3.11. Procedimiento de inspección

Requerimientos de procedimiento escrito

- **Calificación de procedimiento:** según el requerimiento de la calificación del procedimiento, un cambio en las variables esenciales requerirá una nueva demostración del procedimiento.
- **Demostración:** debe adjuntar o contener un reporte que demuestre que el procedimiento es el correcto. Normalmente, una línea fina de 1/32" (0.8 mm) o menos en ancho ubicada en el área a ser examinada, considerada como un método para demostrar el procedimiento.
- Objeto de inspección (configuración y formas: plancha, tuberías, forja, etc.).
- Técnica
- Requerimientos del personal
- Calificación del personal

- Equipamiento o instrumentos para inspección visual directa o indirecta
- Equipo de iluminación
- Métodos para preparación superficial
- Secuencia de examinación
- **Requerimientos de personal:** se debe contar con personal calificado de acuerdo a los requerimientos del código aplicable.
- **Requerimientos físicos:** el personal deberá ser sometido a una examinación visual cada año a fin de asegurar agudeza visual cercana natural o corregida, a fin de que puedan ser capaces de leer letras J-1 en un test Jaeger para visión cercana. Exámenes equivalentes de visión cercana son aceptables.
- **Equipamiento:** el equipamiento deberá reunir las capacidades detalladas en el procedimiento para las técnicas empleadas. Las capacidades incluyen medición, visualización, identificación, y registro de observaciones.

Registro (de inspección)

- Fecha de examinación
- Nombre e identificación del personal ejecutante
- Identificación de la soldadura, parte o componente examinado, incluyendo número de soldadura, serie u otra identificación, material y espesor.
- Equipo de iluminación
- Método, técnica, identificación de procedimiento y revisión
- Mapa y registro de indicaciones
- Resultados de examinación

3.5.4. Líquidos penetrantes – *penetrant testing* (pt)

3.5.4.1. Definición

Método de ensayo no destructivo físico y químico diseñado para revelar indicaciones superficiales en materiales porosos y no porosos.

- Interacción física del químico líquido con la superficie del objeto de la inspección, ingresando a las discontinuidades superficiales y luego

emergiendo para indicar visualmente el tamaño y ubicación aproximada.

- Evidencia visual de grietas, porosidades, forja (costuras y traslapes) y otras discontinuidades superficiales.

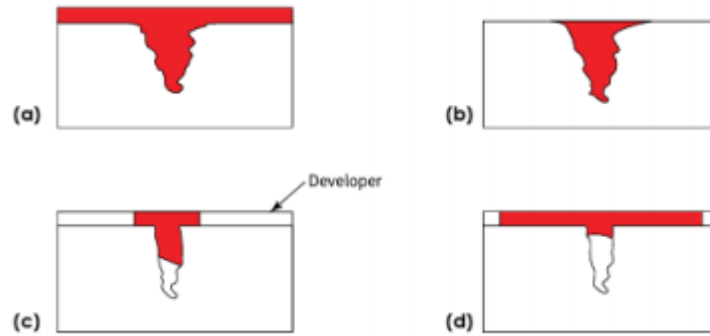


Figura 32. Definición de tintes penetrante
Tomada de Norma Asme V (Asme B31.X)

- **Discontinuidad:** interrupción en estructura física normal de un elemento.
- **Defecto:** discontinuidad que interfiere con el uso o excede límites de aceptación.

3.5.4.2. Ventajas

- **Rápida examinación superficial:** formas complejas pueden ser inmersas o rociadas.
- **Detectar discontinuidades superficiales muy pequeñas:** alta sensibilidad.
- **Distintos materiales:** metales y aleaciones ferrosas y no ferrosas, *fired ceramics and cermets, powdered metal products*, vidrio, y algunos tipos de materiales orgánicos.
- **Equipamiento no costoso y no sofisticado:** si el área es pequeña, se puede ejecutar con equipamiento portátil.

- **Magnifica el tamaño aparente de las discontinuidades, haciéndolas más visibles:** la ubicación, orientación, tamaño y forma aproximada son indicadas en la pieza, haciendo la interpretación y evaluación posible.
- Puede ser automatizado para piezas pequeñas.
- La sensibilidad puede ser ajustada a través de la apropiada selección del líquido penetrante, técnica de remoción y tipo de revelador. Adaptable a características de la pieza (composición, acabado superficial, etc.).
- **Directo:** el inspector verifica visualmente la indicación de la discontinuidad. Otros métodos no (ej. UT, ET, etc.).

3.5.4.3. Desventajas

- Dependiente de la habilidad del LP de ingresar y llenar discontinuidades: solo en superficies abiertas.
- Superficie: Debe estar limpia y libre de contaminantes orgánicos o inorgánicos que interactúen.
- Interior de discontinuidades: libre de materiales de corrosión, productos de combustión, etc., seleccionando procesos de limpieza adecuado.
- Operaciones mecánicas como *shot peening* (granallado con esferas metálicas), otros tipos de abrasión mecánica, maquinado, cepillado, granallado, o arenado podrían deformar la superficie de los metales. Cierra o reduce la apertura de las discontinuidades existentes, se pierde confiabilidad, dependiendo de la severidad de la operación, remoción química (*etching*) del material podría restaurar la confiabilidad.
- Impráctico para ciertos materiales: aluminio anodizado, otros recubrimientos, y ciertos materiales no metálicos, materiales porosos, difícil a imposible remoción.

- Penetrantes, emulsificadores y algunos tipos de reveladores tienen propiedades humectantes y detergentes que pueden actuar como solventes para las grasas y aceites, que permiten la oxidación y corrosión, puede generar irritación en la piel humana.
- Superficies porosas permiten el ingreso del líquido penetrante y dichas porosidades forman también indicaciones en el fondo durante el proceso de revelado.

3.5.4.4. Fundamentos – descripción del método general

Como ya se señaló, el principio en el que se basa esta técnica no destructiva es en la capacidad que el líquido pueda penetrar (por capilaridad, no por gravedad) y de ser retenido en las discontinuidades como fisuras y poros abiertos a la superficie (8).

Sin embargo, no es posible enunciar una característica física que por sí sola determine el uso de LP (8).

La prueba por líquidos penetrantes se fundamenta en que un penetrante tenga las siguientes características (9):

- Capacidad humectante, suficiente para mojar la superficie del material sólido que desea inspeccionar.
- Poder de penetración, que le permite introducirse en las discontinuidades abiertas a la superficie.

Seis pasos básicos en la aplicación

1. Limpieza previa y secado de superficie de objeto
2. Aplicación de LP a la superficie (*Dwell time*)
3. Remoción de exceso de líquido penetrante de la superficie
4. Aplicación de revelador
5. Examinación visual de superficies para búsqueda de indicaciones.
Interpretar y evaluar las indicaciones.
6. Realizar limpieza posterior.

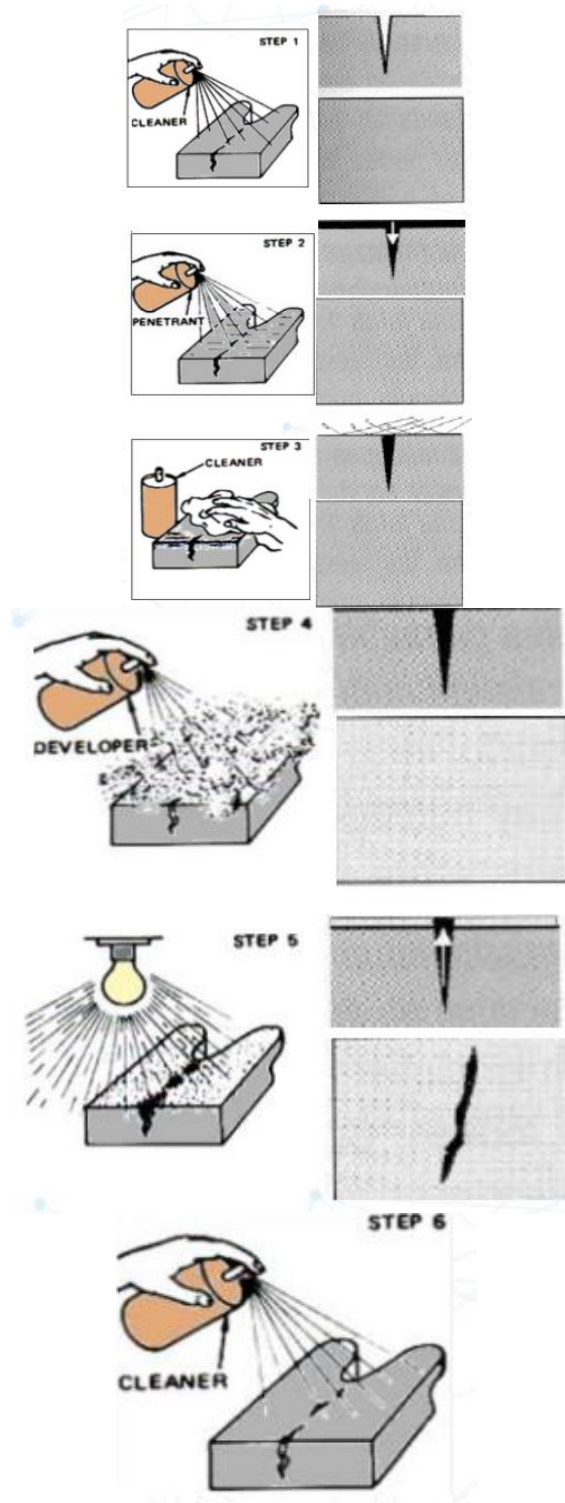


Figura 33. Pasos de aplicación del ensayo
Tomada de Norma Asme V (Asme B31.X)

¿Cómo el penetrante ingresa en las discontinuidades? El ingreso del penetrante en la discontinuidad es debido a la acción capilar. Esto sucede incluso si la discontinuidad está invertida. Sin embargo, existen muchos factores a tomar en cuenta (9):

Mínima resistencia a la superficie y mínimo ángulo de separación son deseables en un penetrante, pero estas propiedades son contrapuestas (9).

- La fuerza capilar incrementa con discontinuidades pequeñas.
- La viscosidad no afecta la habilidad del penetrante, pero puede afectar el tiempo requerido para penetración.
- La forma de la discontinuidad puede afectar el ingreso del penetrante.
- La temperatura afecta la tensión superficial.
- La rugosidad de la discontinuidad afecta el ingreso del penetrante.
- La contaminación de la discontinuidad afecta el ingreso del penetrante.
- Solución residual de limpieza en la discontinuidad afecta el ingreso del penetrante.

3.5.4.5. Fundamentos del ensayo: principios físicos

Tensión superficial

- Es la forma de cohesión de las moléculas de la superficie del líquido en función de la que, a igualdad de volumen, asume la forma correspondiente a la mínima superficie compatible con el vínculo externo. La tensión superficial está definida como una fuerza que actúa sobre toda “saliente” en una superficie acabada (10).
- La tensión superficial de un líquido a la cantidad de energía necesaria para aumentar su superficie por unidad de área (11).
- Debido a la tensión superficial, la superficie de los líquidos se comporta como una membrana elástica con una cierta resistencia a la ruptura y así se comprueba la existencia de la tensión superficial en hechos como el que una aguja se mantenga flotando sobre la superficie del agua, o que algunos insectos puedan caminar sobre la misma (9).

Mojabilidad o poder humectante

- Es la propiedad de un líquido al expandirse, adhiriéndose a la superficie de un sólido. Esta depende de la interacción del líquido con la fase sólida y gaseosa en la que se encuentra. La mojabilidad está estrechamente ligada a la tensión superficial. Un líquido penetrante de buena calidad debe necesariamente poseer un bajo ángulo de contacto a fin de asegurar una buena mojabilidad de la superficie de examen y una óptima penetración en las discontinuidades (10).

Capilaridad

El fenómeno de la capilaridad constituye la base de la acción penetrante de un líquido en el interior de las discontinuidades (10).

Viscosidad

La viscosidad de un fluido, propiedad física debida a la interacción interna de las moléculas, es la fuerza tangencial o de corte debido a esa cohesión, que hay que vencer para separar dos capas adyacentes en el líquido (10).

De por sí, la viscosidad no influye directamente sobre la valoración cuantitativa del penetrante, pero asume una particular importancia en la fase operativa del ensayo. En otras palabras, el penetrante debe tener la suficiente fluidez para entrar con facilidad y rapidez en los defectos tanto como para salir de ellos cuando se lo requiera (10).

Los penetrantes de alta viscosidad (tixotrópicos) son usados para aplicaciones en *spray* o electrostáticamente por cuanto tienen una lenta velocidad de drenaje. Son particularmente usados sobre superficies verticales. Aquellos con baja viscosidad son usados para aplicaciones por inmersión donde se requiere un rápido drenaje para disminuir el consumo de penetrante y la contaminación del emulsificador o el agua.

Normalmente, el penetrante tiene una viscosidad variable de 5 a 10 CST (centistokes) a 38 °C.

Densidad

Los LP, generalmente, son compuestos oleosos, que poseen comúnmente un peso específico (PE) muy bajo. Cuando se utiliza la técnica de inspección por inmersión, son más adecuados los penetrantes con $PE < 1$ (comercialmente entre 0.85 a 0.95). La densidad para líquidos se mide en gr/cm^3 y para reveladores secos en gr/litro . En reveladores secos, la densidad debe ser normalmente menor a 200 gr/litro (10).

La densidad aumenta con el aumento de temperatura.

Volatilidad

Es la propiedad fisicoquímica de algunos componentes, constituyentes de la mezcla líquida, de pasar al estado gaseoso (evaporarse) más o menos fácilmente de la superficie de examen. La consecuencia inmediata de la volatilidad es la variación de la composición química (y, por lo tanto, de la tensión superficial, mojabilidad, viscosidad, densidad, etc.) de la mezcla original. La volatilidad es función de la temperatura y presión de la mezcla penetrante (10).

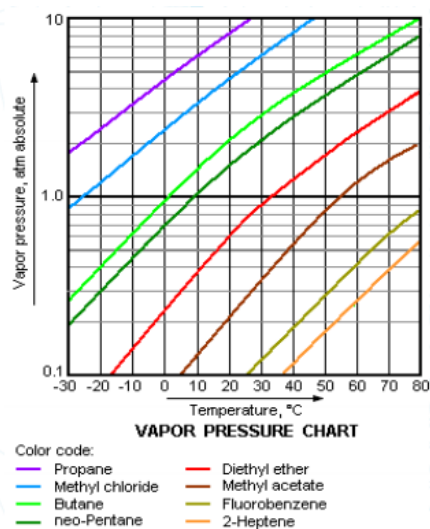


Figura 34. Presión de temperatura
Tomada de Norma Asme V (Asme B31.X)

Punto de inflamación

Temperatura mínima a la que el líquido penetrante debe ser calentado en condiciones normalizadas de laboratorio, para producir vapor en cantidad suficiente para formar una mezcla inflamable. Se requieren penetrantes con alto punto de inflamabilidad, de bajo grado de volatilidad y seguros. La medición

del punto de inflamabilidad se realiza con la Norma ASTM D56, con el aparato de Tag, cuando su valor es inferior a 80 °C y método de Cleveland de vaso abierto ASTM D92 para valores mayores a 80 °C (10).

3.5.4.6. Materiales y propiedades

Según SAE AMS 2644 *Inspection Material Penetrant* define las categorías universalmente usadas para la clasificación de los materiales de penetrantes (10).

Tipo

Se clasifican, según sus características (5):

- Tipo I fluorescente
- Tipo II visible
- Tipo III dual

Método

El método de remoción del material penetrante es específico (6).

- Método A soluble en agua
- Método B emulsión, base de aceite
- Método C penetrante, base solvente
- Método D emulsión, base de agua

Nivel

El nivel de sensibilidad de un sistema penetrante es específico.

Forma

El tipo de revelador usado es específico.

- Forma a, polvo seco
- Forma b, soluble en agua
- Forma c, suspendido en agua
- Forma d, no acuoso
- Forma e, aplicaciones especiales

Clase

La clase de removedor solvente a ser empleado es específica.

- Clase (1) halogenado (inflamable) removedor por solvente.
- Clase (2) no halogenado (flamable) removedor por solvente.

- Clase (3) removedor para aplicaciones especiales.

3.5.4.7. Penetrantes

Los penetrantes postemulsificables

Están diseñados para ser insolubles en agua y no pueden ser removidos con un enjuague de agua sola. Ellos están diseñados a ser removidos selectivamente de la superficie usando un emulsificador separado. El emulsificador, aplicado apropiadamente y de un tiempo de emulsificación apropiado, se combina con el exceso de penetrante de la superficie para formar una mezcla lavable con agua, la que puede ser enjuagada de la superficie, dejando la superficie libre de un fondo fluorescente. Los tiempos de emulsificación apropiada deben ser establecidos experimentalmente y mantenidos para asegurar que no ocurre una sobre emulsificación, con el resultado de la pérdida de las indicaciones (12).

Los penetrantes lavables con agua

Están diseñadas para ser directamente lavables con agua de la superficie de ensayo de la pieza, después de un conveniente tiempo de penetración. Debido a que el emulsificador esta “dentro” del penetrante lavable con agua, es extremadamente importante ejercer un control apropiado en la remoción en exceso de la superficie para asegurar evitar un sobrelavado. Los penetrantes lavables con agua pueden ser lavados (removidos) de las discontinuidades si la etapa de enjuague es demasiado larga o demasiado vigorosa. Algunos penetrantes son menos resistentes al sobrelavado que otros (12).

Los penetrantes removibles con solvente

Están diseñados de manera que el exceso de penetrante de la superficie pueda ser removido por “trapeado” *wipping* (frotado con un material blando) hasta que la mayoría del penetrante haya sido removida. Las trazas remanentes deberían ser removidas con el solvente removedor. Para minimizar la remoción del penetrante de las discontinuidades, debería tomarse con cuidado para evitar el uso de solvente en exceso. Está prohibido el rociado (lavado) de la superficie de ensayo con el solvente para remover el exceso de penetrantes (12).

3.5.4.8. Emulsificadores

Los emulsificadores lipofílicos

Son líquidos miscibles en aceite usados para emulsificar el exceso de penetrante aceitoso de la superficie de la pieza. Haciéndolo lavable con agua. La velocidad de difusión establece el tiempo de emulsificación. Ellos son de acción lenta o rápida, dependiendo de su viscosidad y composición química y también de la rugosidad superficial del área a ser examinada (12).

Los emulsificadores hidrofílicos

Son líquidos miscibles en agua usados para emulsificar el exceso de penetrantes fluorescentes aceitosos de la superficie de la pieza, haciéndolo lavable con agua. Estos emulsificadores de base de agua (removedores tipo detergente) se proveen como concentrados a ser diluidos con agua y usados en inmersión o atomizado. La concentración, uso y mantenimiento estarán en acuerdo con las recomendaciones del fabricante (12).

Los emulsificadores hidrofílicos funcionan por desplazamiento de la película de penetrantes en exceso de la superficie de la pieza por acción detergente. La fuerza del atomizador de agua o la agitación por aire o mecánica en un tanque abierto de inmersión provee la acción limpiadora, mientras que, el detergente desplaza la película penetrante de la superficie de la pieza. El tiempo de emulsificación variará, dependiendo de su concentración, que puede ser monitoreada por el uso de un refractómetro conveniente (12).

3.5.4.9. Los removedores solventes

Funcionan por disolución del penetrante, haciendo posible ser extraído por trapeado (*wiping*) de la superficie, hasta dejarla limpia y libre de exceso de penetrante (12).

3.5.4.10. Reveladores

El revelado de las indicaciones del penetrante es el proceso de hacer salir el penetrante de las discontinuidades abiertas por medio de una acción manchadora del revelador aplicado, por esto, se incrementa la visibilidad de las indicaciones (12).

Los reveladores secos en polvo

Son usados de acuerdo a cómo se suministran (polvo libre de flóculo). Se debería tener cuidado de no contaminar el revelador con penetrantes fluorescentes, ya que las manchitas del penetrante pueden aparecer como indicaciones (12).

Los reveladores acuosos

Son suministrados normalmente como partículas de polvo seco para ser suspendidos o disueltos (soluble) en agua. La concentración, uso y mantenimiento estará de acuerdo con las recomendaciones de precaución. Los reveladores acuosos pueden causar “chorreado” (tiras) de indicaciones si no son aplicados y controlados apropiadamente (12).

Los reveladores húmedos no acuosos

Son suministrados como una suspensión de partículas de revelador en un portador solvente no acuoso listo para su uso. Los reveladores húmedos no acuosos forman una capa en la superficie de la pieza cuando se seca, sirve como un medio de revelado (12).

Nota: precaución, este tipo de revelador esta propuesto solo para aplicaciones de atomizado (12).

Reveladores de película de líquido

Son soluciones o suspensiones coloidales de resina / polímero en un portador conveniente. Estos reveladores formarán un recubrimiento transparente o translúcido sobre la superficie de las piezas. Ciertos tipos de revelador tipo película pueden ser de la pieza y guardados para propósitos de registro (12).

3.5.4.11. Procedimiento

Las siguientes guías generales de proceso se aplican a los métodos por penetrantes visibles y fluorescente (12).

Límites de temperatura

La temperatura de los materiales penetrantes y la superficie de la pieza a ser procesada deberían estar entre 50 y 100 F (10 y 38 C). Donde no sea

práctico cumplir con estos límites de temperatura, califique el procedimiento como se describe (12).

Acondicionamiento de la superficie, previo al examen con penetrantes

Resultados satisfactorios pueden obtenerse usualmente en superficies en condiciones soldadas, laminadas, forjadas o para cerámicas en la condición densificada. Los penetrantes sensibles son generalmente menos fácil de lavar, por lo tanto, son menos convenientes para superficies rugosas. Cuando solo los residuos superficiales sueltos están presentes, estos pueden ser removidos por trapeado (*wiping*) con telas libre de pelusa. Sin embargo, la prelimpieza de los metales para remover residuos de proceso como aceite, grafito, escamas, materiales aislantes, recubrimientos, y así lo demás, deberían ser hechos usando solventes de limpieza, vapor desengrasante o procesos de remoción química (12).

El acondicionado superficial por esmerilado, maquinado, pulido o ataque químico será seguido por granallado, arenado o vapor para remover la película “amartillada” y cuando el penetrante se entrampe en las irregularidades superficiales podría enmascarar las indicaciones de discontinuidades inaceptables o interferirán de otra manera con la efectividad del examen (12).

Para metales, a menos que sea especificado, el ataque químico será realizado cuando exista evidencia que la limpieza previa, tratamiento superficial o uso en servicio ha producido una condición superficial que degrada la efectividad del examen por penetrante (12).

- **Nota:** cuando existe acuerdo entre usuario y proveedor, el arenado sin posterior ataque químico puede ser un método de limpieza aceptable (12).
- **Nota:** precaución con el arenado o granallado puede posiblemente cerrar discontinuidades y se debería tener extremo cuidado, debería ser usado con operaciones con lijado y maquinado para evitar enmascarar las discontinuidades (12).

- **Nota:** para cerámicos estructurales o electrónicos, la preparación de la superficie por lijado, arenado y ataque para el examen con penetrante no se recomiendan debido al daño potencial (12).

Remoción de los contaminantes superficiales

Prelimpieza

El desarrollo de cualquier procedimiento de examen con penetrantes es grandemente dependiente de la superficie adyacente y de la discontinuidad se encuentren libres de cualquier contaminante (líquido o sólido) que pueda interferir con los procesos del penetrante. Todas las piezas o áreas de las piezas a ser examinadas deben estar limpias y secas antes que el penetrante sea aplicado (12).

Si solo una sección de la pieza, sin una soldadura, incluida la zona afectada por el calor será examinada, todos los contaminantes serán removidos del área a ser examinada como se define por el contrato entre las partes. La “limpieza” se propone para conseguir que la superficie debe estar libre de óxido, escamas, suciedad, películas de aceite, *flux* de soldadura, salpicadura de soldadura, grasa, pintura y todo lo demás que puedan interferir con el proceso del penetrante. Todos estos contaminantes pueden evitar que el penetrante ingrese a las discontinuidades (12).

- **Nota:** precaución con los residuos de los procesos de limpieza, tales como álcalis fuertes, soluciones de decapado y cromatos, en particular, puede reaccionar adversamente con el penetrante y reducir su sensibilidad y comportamiento (12).

Secado después de la limpieza

Es esencial que las superficies de las piezas se encuentren completamente secas después de la limpieza, ya que cualquier residuo líquido obstaculizará la entrada del penetrante. El secado puede ser efectuado por calentamiento de las piezas en hornos de secado, con lámparas infrarrojas, aire forzado caliente o expuestos a temperatura ambiente (12).

3.5.4.12. Aplicación del penetrante

Después que la pieza ha sido limpiada, secada y está dentro del rango de temperatura especificada, el penetrante es aplicado a la superficie a ser

examinada de manera que toda la pieza o el área en examen esté completamente cubierta con penetrante (12).

Modos de aplicación

Hay varios modos de aplicación efectiva del penetrante, tales como inmersión, brochado, bañado o atomizado. Las piezas pequeñas son frecuentemente ubicadas en canastillas e inmersas en un tanque con penetrante. En piezas más grandes y aquellas con geometría compleja, el penetrante puede ser aplicado efectivamente por brochado o atomizado. Pistolas de atomizado convencional y electrostáticas son medios efectivos para la aplicación de los líquidos penetrantes a las superficie de las piezas (12).

La aplicación del atomizado electrostático puede eliminar el exceso de líquido penetrante aglomerado en la pieza, minimizar el atomizado y minimizar la cantidad de penetrante que ingresa a agujeros y pasajes, que puede servir como depósitos de penetrante, causando problemas severos de “sangrado” (*bleedout*) durante el examen. Los atomizadores en aerosol son convenientemente portátiles y adecuados para las aplicaciones locales (12).

Nota: precaución, no todos los materiales penetrantes son convenientes para aplicaciones de atomizado electrostático, de manera que, deberían llevarse a cabo ensayos previos antes de su uso (12).

Nota: cuidado con aplicaciones de atomizado, es importante que haya ventilación apropiada. Esto es generalmente acompañado por el uso de un diseño apropiado de la cabina de atomizado y del sistema de ventilación (12).

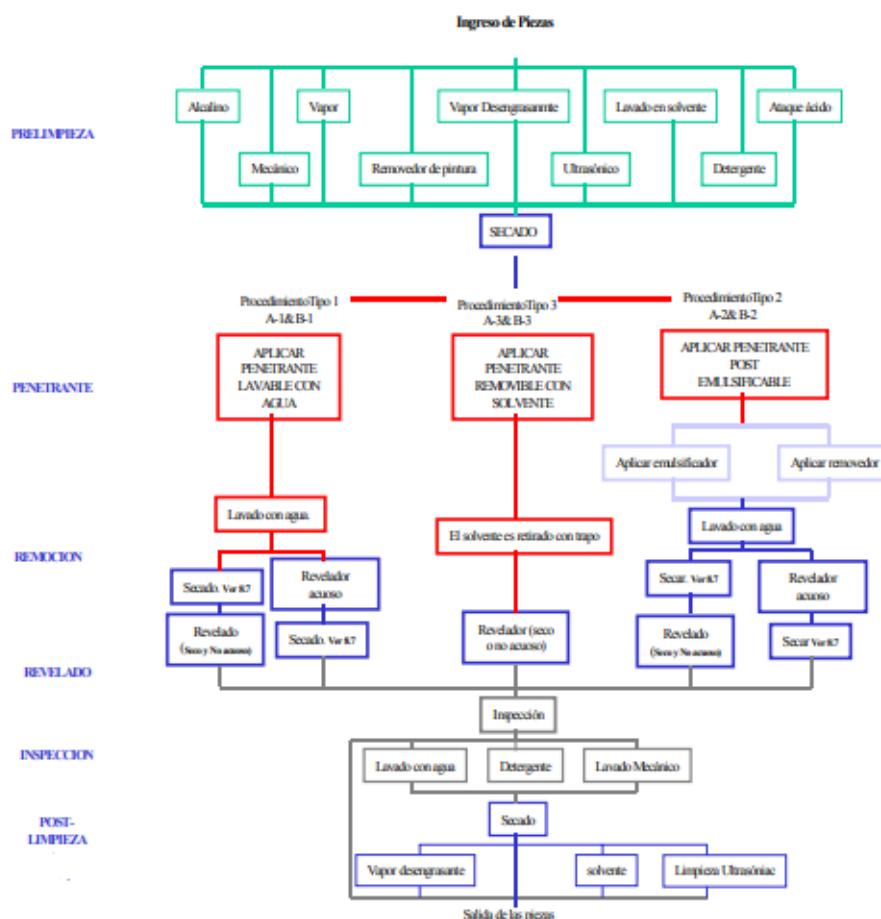


Figura 35. Carta de flujo de los procedimientos generales para la inspección de penetrantes visibles y fluorescentes. Tomada de <https://n9.cl/n3uaq>

3.5.4.13. Tiempo de penetración

Después de la aplicación, permita drenar el exceso de penetrante de la pieza (teniendo cuidado para prevenir estancamientos (piscinas) de penetrante debido a la forma de la pieza), mientras se permita un apropiado tiempo de penetración. El período de tiempo que el penetrante debe permanecer en la pieza para permitir una penetración apropiada debería ser como la recomendada por el fabricante del penetrante. A menos que, se especifique, que los tiempos de penetración no excederán el máximo recomendado por el fabricante (12).

Nota: para algunas aplicaciones específicas en cerámicos estructurales (por ejemplo, para la detección de las líneas de partición en materiales fundidos) el tiempo de penetración requerido debería ser examinado experimentalmente y puede ser más largo que los mostrados (12).

3.5.4.14. Remoción del penetrante

Lavable con agua

Remoción del exceso de penetrante

Después del tiempo de penetración requerido, el exceso de penetrante de la superficie a ser examinada debe ser removido con agua, usualmente en una operación de lavado. Puede ser lavado manualmente, por el uso de un equipo automático o semiautomático de atomizado de agua, o por inmersión. Para el enjuague por inmersión, las piezas son inmersas completamente en un baño de agua con agitación por aire o mecánica. La acumulación de agua en huecos y resquicios de la superficie deben evitarse. Si la etapa final del enjuague no es efectiva, lo que se evidencia por un exceso de penetrantes residuales en la superficie después del enjuague, seque y relimpie la pieza, luego reaplique el penetrante por el tiempo de penetración descrito (12).

La temperatura del agua debería ser relativamente constante y debería ser mantenida dentro del rango de 50 a 100 F (10 a 38 C) (12).

La presión de agua del atomizado de enjuague no debería ser más grande de 40 ksi (280 kPa).

El tiempo de enjuague no excederá 120 segundos a menos que se especifique otra cosa en la descripción de la pieza o material.

Evite el sobre lavado, el lavado excesivo puede causar que el penetrante sea lavado de las discontinuidades. Con los métodos de penetrantes fluorescentes la operación de enjuague se realiza bajo luz negra, de manera que, puede determinarse cuándo ha sido adecuadamente removido el penetrante de la superficie (12).

Remoción por “trapeado” *wiping*

En aplicaciones especiales, la remoción del penetrante puede ser realizado por trapeado (frotado con un paño) *wiping* de la superficie con un material limpio absorbente impregnado de agua hasta que el penetrante de la superficie en exceso sea removido, como se determina, por el examen bajo luz negra para los métodos fluorescentes y luz blanca para los métodos visibles (12).

Emulsificación lipofílica

Aplicación del emulsificador

Después del tiempo de penetración requerido, el exceso de penetrante de una pieza debe ser emulsificador por inmersión o bañado de la piezas con el emulsificador requerido (el emulsificador se combina con el exceso de penetrante superficial y hace la mezcla removible con el enjuague de agua). Después de la aplicación del emulsificador, las piezas son drenadas de manera que previene que el emulsificador se aloje (haga piscinas) sobre las piezas (12).

El tiempo de emulsificación

Se inicia tan pronto como el emulsificador se ha aplicado. El período de permanencia del emulsificador en la superficie de la pieza y en contacto con el penetrante depende del tipo de emulsificador empleado y la condición superficial (liso o rugoso). El tiempo de emulsificación nominal debería ser recomendado por el fabricante. El tiempo de emulsificación real debe ser determinado experimentalmente para cada aplicación específica. El acabado superficial (rugosidad) de la pieza es un factor significativo en la selección y en el tiempo de emulsificación de un emulsificador. El tiempo de contacto debería mantenerse el menor tiempo posible consistente con un fondo aceptable y no debería exceder el tiempo máximo especificado para la pieza o material (12).

Postenjuague

Un postenjuague efectivo de un penetrante emulsificador de la superficie puede ser efectuado por una inmersión en agua, hecha manualmente o usando equipo semiautomatizado o automatizado o por un atomizado o la combinación de ambos (12).

Inmersión

Para el postenjuague por inmersión, las piezas son inmersas completamente en un baño de agua con agitación por aire o mecánica. El tiempo y temperatura debería ser mantenido de modo constante (12).

- a) El tiempo máximo de enjuague por inmersión no debería exceder 120 s a menos que se especifique otra cosa en la descripción de la pieza o material (12).

- b) La temperatura del agua debería ser relativamente constante y debería ser mantenida dentro del rango de 50 a 100 F (1° a 38 °C) (12).

Atomizado postenjuague

Un postenjuague efectivo, siguiendo la emulsificación, puede ser efectuado también por enjuague atomizado de agua de manera manual o automática de las piezas, como sigue (12):

- a) Control de la temperatura de agua de enjuague dentro del rango de 50 a 100 F (10 a 38 °C).
- b) la presión del atomizado del agua de enjuague debería de estar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- c) El tiempo máximo de atomizado de enjuague no debería exceder 120 s a menos que se especifique otra cosa en la descripción de la pieza o material.

Efectividad del enjuague

Si las etapas de emulsificación y enjuague final no son efectivas, lo que se evidencia por excesivo penetrante residual en la superficie después de la emulsificación y el enjuague, seque, relimpie la pieza y reaplique el penetrante para el tiempo prescrito (12).

Emulsificación hidrofílica

Preenjuague

Directamente, después del tiempo de penetración requerido, se recomienda que las piezas sean preenjuagadas con agua, previa a la emulsificación. Esta etapa permite la remoción de exceso de penetrante de las piezas previas a la emulsificación, de manera que, minimice el grado de contaminación por penetrante en el baño del emulsificador hidrofílico, por lo que, se extiende su vida útil. En adición, el preenjuague de las piezas con líquido penetrante minimiza la polución con penetrante oleoso en la etapa de enjuague final de este proceso. Esto es efectuado por colección del preenjuague en un tanque de almacenamiento, separando el penetrante del agua (12).

Controles de preenjuague

Un preenjuague efectivo es efectuado con un enjuague por atomizado de agua manual o automatizado de las piezas, como sigue (12):

- a) El agua debería estar libre de contaminantes que podrían cargar las toberas o dejar un residuo sobre las piezas.
- b) El control sobre la temperatura de agua dentro del rango de 50 a 100 °F (10 a 38 °C).
- c) Atomizado de enjuague a una presión de 25 a 40 psi (175 a 275 kPa).
- d) El tiempo de preenjuague debe ser el menor posible (nominalmente 60 s máximo) para proveer un residuo consistente de penetrante en las piezas. El tiempo de lavado será especificado por la descripción de la pieza o material.
- e) Remueva el agua atrapada en las cavidades usando un chorro de aire filtrado a una presión nominal de 25 psi (175 kPa) o un accesorio de succión para remover el agua de las áreas estancadas.

Aplicación del emulsificador

Después del tiempo de penetración requerido y seguido de un preenjuague, el penetrante residual de la superficie de la pieza debe ser emulsificado por inmersión de las piezas en un baño de emulsificador hidrofílico o por atomizado de la pieza, de este modo, se hace el lavado al penetrante residual de la superficie con agua, en la estación final de enjuague (12).

Inmersión

Para aplicaciones de inmersión, las piezas son completamente inmersas en un baño de emulsificador. El emulsificador hidrofílico debería ser cuidadosamente agitado en todo el ciclo de contacto (12).

- a) La concentración del baño debería ser el recomendado por el fabricante. La mayoría de los emulsificadores hidrofílicos son usados dentro del nivel de 20 % a 30 % en agua. La concentración nominal de uso para aplicaciones de inmersión es 20 % (12).

- b) Las temperaturas del baño deberían ser mantenidas entre 50 a 100 °F (10 a 38 °C) (12).
- c) El tiempo de contacto en la inmersión debería mantenerse en el tiempo mínimo consistente con un fondo aceptable y no debería exceder los 120 s o el máximo tiempo estipulado por la descripción de la pieza o material (12).
- d) El tiempo de drenaje del emulsificador empieza inmediatamente después que las piezas han sido retiradas del tanque emulsificador y continúa hasta que las piezas son lavadas en la estación de enjuague final. Este tiempo de drenaje debería mantenerse en un mínimo para evitar una sobre emulsificación y no debería exceder 90 segundos.

Tabla 2. Duración de penetrante recomendado

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

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

^B El máximo tiempo de penetración de acuerdo con 8.5.2

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

Nota: tomada de <https://n9.cl/y3pcz>

Aplicación por atomizado

Para la aplicación del atomizado, seguido de la etapa de preenjuague, las piezas son, el emulsificador por aplicación del atomizado de un emulsificador. Todas las superficies de las piezas deberían ser atomizadas completa y uniformemente para emulsificar efectivamente el penetrante residual de todas las superficies para hacerlo lavable con agua (12).

- a) La concentración del emulsificador para la aplicación debería estar de acuerdo con las instrucciones del fabricante, pero no debería exceder el 5 %.
- b) La temperatura será mantenida de 50 a 100 °F (10 a 38 °C).

- c) La presión de atomizado sería de 25 psi (175 kPa) máximo para aire y 40 psi (280 kPa) máximo para agua.
- d) El tiempo de contacto debería mantenerse al mínimo consistente con un fondo aceptable y no debería exceder los 120 s, o el máximo tiempo estipulado por la especificación de la pieza o material.

Postenjuague de las piezas emulsificadas hidrofílicas

Un postenjuague efectivo del penetrante emulsificador de la superficie puede ser efectuado por inmersión en agua de manera manual o con equipos semiautomáticos o automáticos o por equipo de atomizado o la combinación de ambos (12).

Postenjuague por inmersión

Las piezas son completamente sumergidas en un baño de agua con agitación por aire o mecánica (12).

- a) La temperatura del agua debería ser relativamente constante y debería ser mantenida dentro del rango de 50 a 100 °F (10 a 38 °C).
- b) El máximo tiempo de enjuague no debería exceder los 120 s, a menos que se especifique otra cosa en la descripción de la pieza o material. Precaución: después de la inmersión, puede ser necesario un enjuague de retoque (correctivo).

Postenjuague por atomizado

Siguiendo a la emulsificación en las piezas, pueden ser enjuagadas por agua atomizada, como sigue:

- a) Controle la temperatura del agua de enjuague dentro el rango de 50 a 100 °F (10 a 38 °C).
- b) La presión de atomizado del agua de enjuague debería estar de acuerdo con las instrucciones del fabricante.
- c) El tiempo máximo de atomizado no debería exceder 120 s, a menos que se especifique otra cosa en las descripciones de las piezas o material.

Si las etapas de emulsificación y enjuague final no son efectivas, como se evidencia por el penetrante residual excesivo después de la emulsificación y el enjuague, seque y relimpie la pieza y reaplique el penetrante para el tiempo de penetración prescrito.

Penetrantes removibles con solvente

Remoción del exceso de penetrante

Después del tiempo de penetración requerido, el exceso de penetrante es removido lo más rápido posible, usando trapos de un material seco, limpio y libre de pelusa y se repite la operación hasta que la mayoría de las trazas del penetrante ha sido removida. Luego, usando un material libre de pelusa ligeramente humedecido de solvente remueva las trazas remanentes delicadamente para evitar la remoción del penetrante de la discontinuidad. Evite usar solvente en exceso. Si la etapa de “trapeado” (*wiping*) no es efectiva, como se evidencia en la dificultad de remover el penetrante, seque la pieza y reaplique el penetrante para el tiempo de penetración prescrito. El rociado de la superficie con el solvente después de la aplicación del penetrante y previo al revelado está prohibido (12).

3.5.4.15. Secado

El secado de la superficie de la pieza es necesario previo a la aplicación de los reveladores acuosos y no acuosos o seguidos de la aplicación de la aplicación del revelador acuoso. El tiempo de secado variará con el tamaño, naturaleza y número de piezas bajo examen (12).

Modos de secado

Las piezas pueden ser secadas por el uso de hornos de aire caliente recirculado, chorro de aire frío o caliente, o por la exposición a temperatura ambiente, particularmente cuando el exceso de penetrante superficial fue removido con solvente. El mejor secado es hecho en un secador de aire caliente termostáticamente controlado. Se permite el calentamiento o enfriamiento local previendo que la temperatura de la piezas permanezca en el rango de 50 a 100 °F (10 a 38 °C) para métodos fluorescentes y en el rango de 50 a 125 °F (10 a 52 °C) para los métodos visibles, a menos que se acuerde otra cosa entre partes contratantes (12).

Nota: precaución, la temperatura de secado de los hornos no debería exceder los 160 °F (71 °C) (12).

Límites de tiempo de secado

No permita que las piezas permanezcan en el horno de secado un tiempo más largo del necesario para secar la superficie. Tiempos mayores de 30 minutos en el secador puede disminuir la sensibilidad del examen.

3.5.4.16. Aplicación del revelador

Modos de aplicación

Hay varios modos de aplicación efectiva de los diferentes tipos de reveladores, tales como, espolvoreada, inmersión, bañado o atomizado. El tamaño, configuración y condición superficial del número de piezas a ser procesadas, y así todo lo demás, influenciarán la elección de la aplicación del revelador (12).

Revelador seco en polvo

Los reveladores secos en polvo deberían ser aplicados inmediatamente después del secado, de manera tal que, asegure cubrir completamente la pieza. Las piezas pueden estar inmersas en un contenedor de revelador seco o en una cama fluida de revelador seco. Pueden ser también espolvoreados con un bulbo de polvo de mano o con una pistola de polvos convencional o electrostática. Es común y efectivo aplicar polvo seco en una cámara de espolvoreado cerrada, que crea una efectiva y controlada nube de polvo. Otras formas convenientes al tamaño y geometría de los especímenes pueden usarse previendo que el polvo sea espolvoreado sobre toda la superficie a ser examinada. El polvo en exceso puede ser removido por agitación o golpeando suavemente la pieza o por soplado con aire comprimido, seco y limpio a baja presión (5 a 10 psi) (34 a 70 kPa) (12).

La intensidad del chorro de aire debería ser establecida experimentalmente para cada aplicación (12).

Reveladores acuosos

Los reveladores acuosos deberían ser aplicados a la pieza inmediatamente después que el exceso de penetrante ha sido removido y previo a la etapa de secado. Los reveladores acuosos deberían ser preparados y

mantenidos de acuerdo con las instrucciones del fabricante y aplicados de manera tal que asegure completamente la cubierta de la pieza. Se debería tomar precaución cuando se use un revelador acuoso con penetrantes lavables con agua, para evitar posible “chorreado” de las indicaciones. Los reveladores acuosos pueden ser aplicados por atomizado rociado, o inmersión de las piezas. Es común sumergir las piezas en baños preparados de revelador. Sumerja las piezas lo suficiente para cubrir las superficies de la pieza con el revelador. Luego remueva las piezas del baño y permita drenar (12).

Drene todo el exceso de revelador de las secciones con resquicios o entrapadas para eliminar la acumulación (el empozamiento) del revelador, lo que puede empañar las discontinuidades. Seque las piezas, la película seca del revelador aparecerá como una película blanca o translúcida sobre la pieza (12).

El rociado atomizado no es recomendado, ya que puede resultar en una película de punto (12).

Precaución, si las piezas son mantenidas en un baño demasiado tiempo, las indicaciones pueden ser lixiviadas (12).

Reveladores húmedos no acuosos

Después que el exceso de penetrante ha sido removido y la superficie ha sido secada, aplique el revelador por atomizado, de manera tal que, asegure cubrir la pieza completamente con una delgada película de revelador. Estos tipos de portadores de revelador se evaporan muy rápidamente a temperatura ambiente normal y no requieren, por tanto, el uso de un secador. La inmersión o bañado de las piezas con reveladores no acuosos está prohibido, ya que ellos pueden disolver el penetrante de las discontinuidades debido a la acción solvente de estos tipos de reveladores (12).

Los vapores solventes del revelador pueden ser peligrosos. Una apropiada ventilación debería ser provista en todos los casos, pero especialmente cuando la superficie a ser examinada esté dentro de un volumen cerrado, como en un cilindro de producción o tanque de almacenamiento pequeño (12).

Reveladores con película de líquido

Se aplican por atomizado como lo recomiendan los fabricantes. Rocíe las piezas de tal manera que asegure cubrir completamente la área de la pieza para ser examinada con una delgada película de revelador (12).

Tiempo de revelado

El período de tiempo que el revelador permanece en la pieza, previo al examen, no debería ser menor a 10 minutos. El tiempo de revelado se inició inmediatamente después de la aplicación del polvo seco y tan rápido como el recubrimiento del revelador húmedo (acuoso y no acuoso) está seco (esto es, el solvente portador se ha evaporado del todo). El tiempo de revelado máximo permitido es de 2 horas para reveladores acuosos y de 1 hora para no acuosos (12).

3.5.4.17. Examen

Realizar el examen de las piezas después de un tiempo de revelado es válido, como se especifica para permitir el sangrado de penetrante de las discontinuidades en la película del revelador. Es buena práctica observar el sangrado mientras se aplica el revelador como una ayuda en la interpretación y evaluación de las indicaciones (12).

Examen con luz fluorescente

Nivel de luz visible en el ambiente

Examine las indicaciones penetrantes fluorescentes bajo luz negra en un área oscurecida. La luz visible del ambiente no debería exceder 2 ft candelas (20 lx). La medición debería ser hecha con un medidor ligero visible, tipo fotográfico, sobre la superficie a ser examinada (12).

Control del nivel de luz negra

La intensidad de la luz negra, mínimo de $1000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, debería ser medida sobre la superficie a ser examinada, con un medidor de luz negra conveniente. La longitud de onda de la luz negra estará en el rango de 320 a 380 nm. La intensidad debería ser chequeada semanalmente para asegurar la cantidad (*output*) requerida. Los reflectores y filtros deberían ser chequeados diariamente para su limpieza e integridad. Filtros ultravioletas (UV) fisurados o rotos deberían ser inmediatamente reemplazados. Los bulbos defectuosos que irradian energía UV deben ser reemplazados antes de su uso posterior (12).

Como una caída de voltaje de la línea puede causar disminución de la cantidad de energía de luz negra con un consecuente comportamiento inconsistente, un transformador de voltaje-constante debería ser usado cuando hay evidencia de fluctuaciones de voltaje (12).

Ciertas luces negras de alta intensidad pueden emitir cantidades inaceptables de luz visible, que pueden causar que las indicaciones fluorescentes desaparezcan. Debería tenerse cuidado al usar solo bulbos certificados por el proveedor por ser convenientes para tales propósitos de examen (12).

La intensidad mínima recomendada de la intensidad de luz es propuesta para uso general. Para exámenes críticos, pueden requerirse niveles de intensidad mayores (12).

Calentamiento de la luz negra

Permita a la lámpara de luz negra calentar por un mínimo de 10 minutos previo a su uso o a la medición de la intensidad de la luz ultravioleta emitida (12).

Adaptación visual

El examinador debería estar en el área oscurecida por lo menos un minuto antes de examinar las piezas. Tiempos más largos pueden ser necesarios bajo algunas circunstancias. Los lentes fotocromáticos no estarán desgastados durante el examen (12).

Examen con luz visible

Nivel de luz visible

Las indicaciones de los penetrantes visibles pueden ser examinadas en luz natural o artificial. Se requiere iluminación adecuada para asegurar que no exista pérdida de sensibilidad del examen. Se recomienda una intensidad mínima de luz de 100 fc (1000 lx) del lugar de examen (12).

Ambiente de trabajo (aseo)

Mantenga el área de examen libre de desechos o restos que puedan interferir, incluyendo objetos fluorescentes. Practique un buen aseo todo el tiempo (12).

Evaluación

A menos que se acuerde otra cosa, es práctica normal interpretar y evaluar la discontinuidad basados en el tamaño de la indicación (12).

Poslimpieza

La poslimpieza es necesaria en aquellos casos donde el penetrante o revelador residual podría interferir con subsecuentes procesos o con los requerimientos de servicio. Es particularmente importante donde los materiales del penetrante residual del examen puedan combinarse con otros factores en servicio y producir corrosión. Una técnica adecuada, como un enjuague con agua simple, atomizado con agua, máquina lavadora, vapor desengrasante, remojo en solvente, o limpieza ultrasónica puede ser empleada (ver anexo en poslimpieza). Se recomienda que si la remoción del revelador es necesaria, debería llevarse a cabo tan prontamente como sea posible después del examen de manera que no se “fije” en la pieza (12).

Los reveladores deberían ser removidos previamente al vapor desengrasante. Este puede endurecer el revelador sobre las piezas (12).

3.5.4.18. Requisitos especiales

Impurezas

Cuando se usen materiales penetrantes sobre aceros inoxidable austeníticos, titanio, aleaciones con base de níquel de alta temperatura, debe considerarse la necesidad para restringir las impurezas tales como azufre, halógenos y álcalis metálicos. Estas impurezas pueden causar fragilidad o corrosión, particularmente a temperaturas elevadas. Cualquier evaluación debería incluir consideraciones de la forma en que las impurezas están presentes. Algunos materiales penetrantes contienen cantidades significativas de estas impurezas en la forma de solventes orgánicos volátiles. Estos se evaporan, normalmente, rápida y usualmente; y no causan problemas. Otros materiales pueden contener impurezas que no son volátiles y pueden reaccionar con la pieza, particularmente en presencia de humedad o temperaturas elevadas (12).

Debido a que los solventes volátiles dejan la superficie fácilmente sin reaccionar bajo procedimientos de examen normal, los materiales penetrantes

están normalmente sujetos a un procedimiento de evaporación para remover los solventes antes que los materiales sean analizados para las impurezas (12).

Algunas corrientes estándares indican que los niveles de impurezas de azufre y halógenos que exceden el 1 % de cualquier elemento pueden ser considerados excesivos. Sin embargo, este alto nivel puede ser inaceptable para algunas aplicaciones, de manera que, el máximo aceptable real debe ser decidido entre el usuario y proveedor en la base, caso por caso (12).

Examen a temperatura evaluada

Donde se realiza el examen con penetrantes en piezas que deban ser mantenidas a altas temperaturas durante el examen, pueden ser requeridos materiales y técnicas de proceso especiales. Tales exámenes requieren una calificación (12).

3.5.4.19. Calificación y recalificación

Calificación del personal

Debe ser requerido bajo acuerdo de usuario / proveedor, todo el personal de examen estará calificado / certificado de acuerdo con un procedimiento escrito conforme a la edición aplicable de la práctica recomendada SNT-TC-1A o MIL-STD-410 (12).

Calificación del procedimiento

La calificación de los procedimientos usando los tiempos o condiciones diferentes de aquellos especificados o para nuevos materiales, pueden ser realizados para cualquiera de los variados métodos y deberían estar de acuerdo entre las partes contratantes. Se usa una pieza de ensayo (probeta) conteniendo una o más discontinuidades del tamaño más pequeño relevante. La pieza de ensayo (probeta) puede contener discontinuidades reales o simuladas, previendo que muestre las características de las discontinuidades encontradas en el examen de producción (12).

Calificación de las agencias de ensayo no destructivo

Si se usa una agencia de ensayo no destructivo como la descrita en E 543 para realizar el examen, la agencia deberá cumplir los requisitos de la norma E 543 (12).

Se puede requerir la recalificación

Sucede cuando se hace un cambio o sustitución en el tipo de material penetrante en el procedimiento (12).

3.5.5. Partículas magnéticas – *magnetic testing* (mt)

3.5.5.1. Principio

El método de las partículas magnéticas está basado en el principio de las líneas del campo magnético cuando están presentes en un material ferromagnéticos, será distorsionado por un cambio en la continuidad del material, tales como un cambio dimensional *sharp*, o una discontinuidad. Si la discontinuidad es abierta o cerca de la superficie de un material magnetizado, las líneas de flujo serán distorsionadas en la superficie, una llamada como “líneas de fuga”. Cuando las partículas magnéticas finas son distribuidas sobre el área de la discontinuidad mientras el flujo de fuga exista, ellas permanecerán en el lugar y la acumulación de las partículas será visible bajo apropiadas condiciones de iluminación. Mientras hay variaciones en el método de partículas magnéticas, ellas son dependientes de este principio, las partículas magnéticas serán retenidas en las ubicaciones de las líneas de flujo disperso (13).

3.5.5.2. Método

Esta práctica permite y describe muchas variables en equipo, materiales y procedimientos, hay tres etapas esenciales del método (13):

- A. La pieza debe ser magnetizada.
- B. Las partículas magnéticas del tipo designado en el contrato / orden de compra / especificación deben ser aplicadas mientras la pieza está magnetizada.
- C. Cualquier acumulación de partículas magnéticas debe ser observada, interpretada y evaluada.

3.5.5.3. Magnetización

Formas de magnetización

Un material ferromagnético puede ser magnetizado por el paso de una corriente eléctrica o por colocar el material dentro de un campo magnético originado en una fuente externa. La masa entera o una porción de la masa

pueden ser magnetizadas como lo dicta el tamaño o capacidad del equipo o por lo que se necesita. Como se indicó anteriormente, la discontinuidad interrumpirá el patrón normal de las líneas del campo magnético. Si una discontinuidad está abierta a la superficie, el campo de fuga estará a un máximo para la discontinuidad particular. Cuando la misma discontinuidad esta debajo de la superficie el campo de fuga evidente será menor. Prácticamente, las discontinuidades deben estar abiertas a las superficie para crear suficiente flujo disperso para acumular partículas magnéticas (13).

Dirección del campo

Si una discontinuidad está orientada o paralela a las líneas del campo magnético, puede ser esencialmente indetectable, estas discontinuidades pueden estar en cualquier orientación, puede ser necesario magnetizar la pieza o el área de interés dos veces o más secuencialmente en diferentes direcciones, por el mismo método o a una combinación de métodos, para inducir líneas de campo magnético en una dirección conveniente para realizar un examen adecuado (13).

Fuerza del campo

El campo magnético debe ser lo suficientemente grande para indicar aquellas discontinuidades que son inaceptables, deben ser muy fuertes para que un exceso de partículas se acumule localmente y así enmascare indicaciones relevantes (13).

3.5.5.4. Tipos de partículas magnéticas y su uso

Hay varios tipos de partículas magnéticas disponibles para usar en el examen de partícula magnética. Están disponibles como polvo seco (fluorescente o no) entregadas listas para su uso, concentrados en polvo (fluorescente y no) para dispersión en agua o para suspensión en destilados ligeros de petróleo pinturas / *slurries* magnéticas y polímeros magnéticos en dispersión (13).

3.5.5.5. Evaluación de las indicaciones

Cuando el material a ser examinado ha sido magnetizado apropiadamente, las partículas magnéticas han sido aplicadas apropiadamente, y los excesos de partículas removidos, habrá acumulaciones de partículas magnéticas en los puntos de las líneas de fuga. Estas acumulaciones mostrarán

las distorsiones del campo magnético. Sin distorsionar las partículas, las indicaciones deben ser examinadas, clasificadas, interpretadas como se produjeron, comparadas con el estándar y una decisión hecha concerniente a la disposición del material que contiene la indicación (13).

3.5.5.6. Indicaciones de partículas magnéticas típicas

Discontinuidades superficiales

Discontinuidades de superficie, con pocas excepciones, producen patrones agudos (13).

Discontinuidades cerca de la superficie (subsuperficiales)

Indicaciones cerca de la superficie producen menos indicaciones que aquellas abiertas a la superficie. Los patrones son anchos, en vez de agudos, y las partículas son menos mantenidas (13).

3.5.5.7. Significado y uso

El método de ensayo no destructivo de partículas magnéticas indica la presencia de discontinuidades superficiales y subsuperficiales en materiales que pueden ser magnetizados (ferromagnéticos). Este método puede usarse para exámenes en producción de piezas / componentes de estructuras y para aplicaciones de campo. La habilidad del método para encontrar pequeñas discontinuidades puede ser incrementada por el uso de partículas fluorescentes suspendidas en un vehículo conveniente e introduciendo un campo magnético de fuerza apropiada, cuya orientación esté tan cerca de 90° como sea posible a la dirección de la discontinuidad esperada. Hacer la superficie lisa incrementa mojabilidad de la partícula magnética bajo la influencia del campo magnético para coleccionar en la superficie donde ocurren las líneas de fuga (13).

3.5.5.8. Equipamiento

Tipos

Hay un número de tipos de equipos disponibles para magnetizar piezas y componentes ferromagnéticos. Con la excepción de una magneto permanente, todos los equipos requieren una fuente de poder capaz de entregar los niveles de corriente para producir el campo magnético. La corriente usada dicta el tamaño del cable y la capacidad de los *relays*, interruptores de contacto, medidora y rectificadora si la fuente es corriente alterna (13).

Portabilidad

La portabilidad incluye la habilidad para la manipulación del equipo, puede ser obtenida de Yugos. Su tamaño limita su habilidad para proveer el campo magnético que puede ser obtenido del equipo con grandes flujos de corriente. Equipo móvil de propósito general que puede ser montado en camiones, es usualmente diseñado con dos puntas a los extremos de los cables o con cables que son colocados sobre la pieza a ser inspeccionada, pasando a través de ella. La movilidad está limitada por el cable, el tamaño y el ambiente o entorno. Exámenes bajo agua en plataformas de perforado de petróleo y de producción son ejemplos de un ambiente hostil (13).

Yugos

Los yugos son usualmente electromagnetos en forma de C, que inducen un campo magnético entre los polos (piernas) y son usados para magnetización local. Muchos yugos portátiles tienen piernas articuladas (polos) que permiten que las piernas sean ajustadas para contactar con superficies irregulares o dos superficies que se unen en ángulo (13).

Magnetos permanentes

Los magnetos permanentes están disponibles, pero su uso puede ser más restringido para muchas aplicaciones. Las magnetos permanentes pueden perder su campo magnético generando su capacidad de ser desmagnetizado parcialmente por un fuerte campo, estar dañado o por caída. En suma, la movilidad de la partícula, creada por AC y pulsaciones de corriente de media onda rectificada de media onda en yugos electromagnéticos no se presenta. Las partículas, viruta de acero, chip y escamas *clinging* a los polos pueden crear problemas de limpieza (13).

Puntas

Las puntas son usadas para magnetización local. Las puntas que contactan con la pieza deberían ser aluminio, cobre *braid*, o cobre *pads* en vez de cobre sólido. Con extremos de cobre sólido, los arcos accidentales en el momento de ubicar o remover las puntas pueden causar la penetración en la superficie, que puede resultar en daño metalúrgico (ablandamiento, endurecimiento, fisuración, etc.), los voltajes en circuito abierto no deberían exceder 25 V (13).

Interruptor de control remoto

Un interruptor de control remoto estará en los manubrios de las puntas, para proveer y permitir que la corriente sea prendida después que las puntas han sido apropiadamente ubicadas y apagadas antes de que las puntas sean removidas, en orden de minimizar el arco (quemadas por arco) (13).

Luz negra

La luz negra debería ser capaz de desarrollar la longitud de onda requerida de 330 a 390 nm con una intensidad que satisfaga en la superficie de examen. Las longitudes de onda y cerca de 365 nm predominarán sobre los filtros convenientes (13).

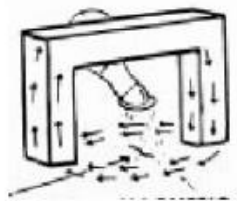


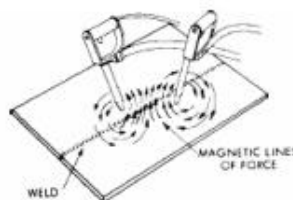
Figura 36. Magnetización de pieza por técnica de Yugo
Tomada de <https://n9.cl/ee2fn>



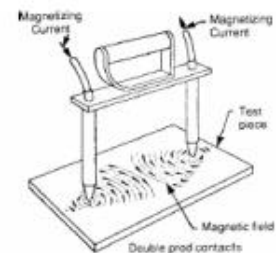
(a) Magnetización por puntas



(b) Puntas con extremos de cobre-trenzado



(c) Magnetización por contacto de Puntas-Simple



(d) Contactos de punta-Doble

Figura 37. Magnetización local con la técnica de las puntas
Tomada de <https://n9.cl/ee2fn>

Deben remover la luz visible extraña emitida por la luz ultravioleta (líneas de Hg violeta o azul 405 y 435 nm y la línea amarilla verdosa de 557 nm). Algunas lámparas de luz negra de alta intensidad pueden emitir cantidades inaceptables de luz amarilla verdosa (13).

Pueden causar que las indicaciones fluorescentes se hagan invisibles. Una caída del 10 % en la línea de voltaje del *-10% puede causar un cambio en la emisión de luz negra, consistirá en un desenvolvimiento inconsistente. Un transformador de voltaje constante debería ser usado donde hay evidencia de cambios de voltaje más grandes del 10 % (13).

3.5.5.9. Área de examen

Intensidad de la luz de examen

Las indicaciones magnéticas encontradas usando partículas no fluorescentes son examinadas bajo luz visible. Las indicaciones encontradas que usan partículas fluorescentes deben ser examinadas bajo luz negra (ultravioleta). Esto requiere de un área oscurecida acompañada del control de la intensidad de luz visible (13).

Intensidad de luz visible

Es la intensidad de la luz visible en la superficie de la pieza, la parte de trabajo inspeccionada debería ser de un mínimo de 100 ft candelas (1000 lux). La intensidad de luz visible ambiental en el área oscurecida, donde la inspección por partículas magnéticas es realizada, no debería exceder 2 pies candela (20 lux9) (13).

Inspección en el campo

Para algunas inspecciones de campo usando partículas magnéticas no fluorescentes. Las intensidades de la luz visible tan bajas como 50 pie candela (500 lux) pueden usarse cuando haya un acuerdo por la agencia contratante (13).

3.5.5.10. Materiales de las partículas magnéticas

Tipos de partículas

Las partículas usadas en las técnicas de examen por partículas magnéticas secas o húmedas son básicamente materiales ferromagnéticos finamente divididos los que han sido tratados para adquirir color (fluorescente

y no fluorescente) para hacerlos altamente visibles (contrastantes) en el fondo de la superficie a ser examinada. Las partículas están diseñadas para su uso como un flujo de polvo seco o en suspensión a una concentración dada en un medio líquido conveniente (13).

Características de la partículas

Las partículas magnéticas deben tener alta permeabilidad para permitir fácil magnetización y atracción a las discontinuidades y baja receptividad, de manera que, no sean atraídas (aglomeración magnética) entre ellas. El control del tamaño y forma de la partícula es requerido para obtener resultados consistentes. Las partículas deberían ser atóxicas, libre de grasa, pintura, suciedad y otros materiales deletéreos que puedan interferir con su uso. Las partículas secas y húmedas son consideradas seguras cuando son usadas de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Ellos, generalmente, tienen una potencia muy baja de peligrosidad respecto a la inflamabilidad y toxicidad (13).

Partículas secas

Los polvos de partículas secas están diseñados para ser usados como son provistas y son aplicadas por atomizado, espolvoreado directamente sobre la superficie de la pieza a ser examinada. Son generalmente usadas en una base, pueden ser colectadas y rehusadas. Sin embargo, para mantener control sobre el tamaño de la partícula y posible contaminación, esto no es una práctica normal. Los polvos secos pueden ser también usados bajo extremas condiciones ambientales. Ellas no son afectadas por el frío, donde el examen pueda ser llevado a cabo a temperatura que podría rigidizar o congelar los baños húmedos. No son resistentes al calor, algunos polvos pueden ser usados a temperaturas hasta los 600 °F (350 °C). Algunos recubrimientos orgánicos coloreados aplicados a las partículas secas para proveer contraste pierden su color a temperaturas más altas, haciendo el contraste menos efectivo. Las partículas secas fluorescentes no pueden ser usadas a altas temperaturas, debería ser consultado el fabricante para marcar los límites de temperatura o ensayos (13).

Ventajas

La técnica de partículas magnéticas secas es superior a la técnica húmeda para la detección de discontinuidades subsuperficiales; (a) para grandes objetos cuando se usan equipos portátiles para magnetización

localizada; (b) la movilidad de la partícula superior se obtiene para discontinuidades relativamente profundas con corriente de media onda rectificada como fuente de magnetización; (c) fácil de remover (13).

Desventajas

La técnica de partículas magnéticas secas; (a) no puede ser usada en áreas confinadas sin apropiados equipos de seguridad de respiración; (b) la probabilidad de detección (POD) es apreciablemente menor que la técnica húmeda para discontinuidades superficiales finas; (c) es dificultoso para posiciones de magnetización sobre cabeza; (d) no existe evidencia de cubierta completa de la superficie de la pieza como la técnica húmeda; (e) pueden ser esperadas bajas velocidades de producción con la técnica seca vs. la técnica húmeda; y (f) es dificultoso adaptarla a cualquier tipo de sistema automático (13).

Colores no fluorescentes

Aunque los polvos de partículas magnéticas pueden ser de cualquier color, la mayoría frecuentemente emplea colores como gris suave, negro, rojo, o amarillo. La elección se basa en el máximo contraste con la superficie a ser examinada. El examen es hecho bajo luz visible (13).

Fluorescentes

Las partículas magnéticas secas fluorescentes están disponibles también, pero no son de uso general principalmente a razón de su costo mayor y sus limitaciones de uso. Requieren de una fuente de luz negra de un área oscurecida. Estos requisitos no siempre están disponibles en operaciones de “campo” donde las inspecciones con partículas magnéticas son especialmente convenientes (13).

Sistemas de partículas húmedas

Las partículas magnéticas húmedas están diseñadas a estar suspendidas en un vehículo como el agua o destilado de petróleo ligero a una concentración dada para su aplicación sobre la superficie por vaciado, atomizado o *pouring*. Están disponibles en concentrados fluorescentes y no fluorescentes. En algunos casos las partículas están premezcladas con vehículos suspendibles por el proveedor, pero usualmente las partículas son proveídas como un concentrado seco o una pasta concentrada, que es mezclada por el usuario con el destilado

o agua. La suspensión es normalmente usada en equipos de partículas magnéticas horizontales, donde la suspensión es retenida en un reservorio y recirculado para uso continuo. La suspensión puede también ser usada en una base dispensada desde un aerosol (13).

Uso primario

Debido a que las partículas usadas son más pequeñas, las técnicas del método húmedo se usan generalmente para ubicar pequeñas discontinuidades en vez del método seco. Los vehículos usados no serán usados satisfactoriamente cuando su viscosidad exceda 5cSt (5 mm²/s) a la temperatura de operación. Si el vehículo de suspensión es un hidrocarbonado, su punto de inflamación limita la temperatura máxima. Se requiere, usualmente, equipos de mezclado para mantener las partículas del método húmedo en suspensión de manera uniforme (13).

Dónde se usa

El método húmedo fluorescente usualmente es aplicado en locales cerrados o en áreas específicas, donde *shelter* y un alto nivel del ambiente pueden ser controlados y donde exista equipo apropiado de aplicación disponible (13).

Color

Las partículas del método húmedo fluorescente *glow* tienen un brillo amarillo verdoso cuando son observadas bajo luz negra. Las partículas no fluorescentes son usualmente negras o marrón rojizo; sin embargo, están disponibles en otros colores. El color a menudo se escoge para una inspección, por lo que, debería ser uno que contraste lo mayor posible con la superficie de ensayo. Debido a que el contraste es invariablemente más alto con materiales fluorescentes, estos son los utilizados en la mayoría de los procesos de examen húmedo (13).

Concentración de las partículas húmedas en suspensión

La concentración inicial del baño de las partículas magnéticas suspendidas debería ser especificada o según sea recomendada por el fabricante y debería ser chequeada por medición de volúmenes fijos y mantenidas a la concentración especificada sobre una base diaria. Si la concentración no es

mantenida apropiadamente, los resultados de ensayo pueden variar grandemente (13).

Sistemas de pasta / pintura magnética

Otro tipo de vehículos de examen es el tipo de pasta o pintura consistente en un aceite pesado, donde las partículas como láminas están suspendidas. Los materiales son aplicados normalmente por brochado antes que la pieza sea magnetizada. Debido a la alta viscosidad, el material no fluye rápidamente sobre la superficie, facilitando la inspección de superficies verticales y sobre cabeza. Los vehículos pueden ser combustibles, pero el peligro de fuego es muy bajo. Otros peligros son muy similares a aquellos del uso de aceite y agua previamente descritos (13).

Sistemas basados en polímeros

El vehículo usado en los polímeros magnéticos es básicamente un polímero líquido que dispersa las partículas magnéticas y que “cura” a un sólido elástico en un periodo de tiempo dado, formando indicaciones fijas. Los límites de viscosidad de las técnicas húmedas estándares no son aplicados. Se debe tener cuidado en la manipulación de estos materiales polímeros. Se debe usar en acuerdo con las instrucciones y precauciones del fabricante. Esta técnica es particularmente aplicable a las áreas examinadas de accesibilidad visual limitada, tal como agujeros de pernos (13).

3.5.5.11. Preparación de la pieza

Generalidades

La superficie de la pieza a ser examinada debería estar esencialmente limpia y libre de contaminantes como suciedad, aceite, grasa, óxido desprendido, arena desprendida, escamas desprendidas, hilachas, pintura gruesa, escoria o flux de soldadura, salpicadura de soldadura que podría restringir el movimiento de las partículas, sobre la aplicación del polvo seco a una superficie damp / húmeda (13).

Cuando se ensaya un área localizada, como una soldadura, las áreas adyacentes a la superficie a ser examinadas, como acuerdo entre partes, deben ser también limpiadas a una extensión necesaria para permitir la detección de las indicaciones (13).

Recubrimientos no conductores

Recubrimientos no conductores delgados como una pintura en el orden de 0,02 a 0,05 mm (1 o 2 mil) no interferirá normalmente con la información de indicaciones, pero ellas deben ser removidas en los puntos donde el contacto eléctrico será hecho para una magnetización directa. La magnetización indirecta no requiere contacto eléctrico con la pieza o parte. Si un recubrimiento no conductor con un espesor mayor de 0,05 mm (2 mil) es dejado sobre el área de examen, debe demostrarse que las discontinuidades puedan ser detectadas a través del máximo espesor aplicado (13).

Recubrimientos conductores

Un recubrimiento conductor, tal como el cromado y escamas muy pesadas en productos forjados resultante de la operación de conformado en caliente, pueden enmascarar las discontinuidades. Debe demostrarse que las discontinuidades pueden ser detectadas a través del recubrimiento (13).

Campos magnéticos residuales

Si las piezas o partes mantienen un campo magnético residual de una magnetización previa, la pieza debe ser desmagnetizada (13).

Limpieza de la superficie de inspección

La limpieza de la superficie de ensayo puede ser realizada por medio de detergentes, solventes orgánicos o medios mecánicos. La superficie en condición de estar soldada, laminada, fundida, o forjada, son generalmente satisfactorias, pero si la superficie es inusualmente no uniforme, como *burned in* en arena o muy rugosos en depósitos de soldadura, la interpretación puede ser dificultosa debido a que las partículas estarán atrapadas mecánicamente. En caso de duda, cualquier área cuestionada debería ser relimpiada y reexaminada (13).

Tapando y enmascarando pequeños agujeros y aberturas

A menos que sea prohibido por el usuario, pueden ser tapados o enmascarados con un material no abrasivo conveniente de fácil remoción, las pequeñas aberturas y agujeros de aceite conducentes a obstaculizar pasajes o cavidades. En el caso de piezas de motores, el material debe ser soluble en aceite, un enmascarado efectivo debe ser usado para proteger el componente

que puede ser dañado por contacto con las partículas o suspensión de partículas (13).

3.5.5.12. Secuencia de operación

Secuencia de la aplicación de las partículas y de establecer el campo de flujo magnético

La secuencia de operación en el examen de partículas magnéticas se aplica a la relación entre el tiempo y la aplicación de las partículas y el establecer el campo magnético. Se aplican dos técnicas básicas, son, continuo y residual, empleadas comúnmente en la industria (13).

Magnetización continua

La magnetización continua es empleada para la mayoría de las aplicaciones utilizando partículas secas o húmedas y deberían ser usadas a menos que sea específicamente prohibido en el contrato, orden de compra o especificación. La secuencia de operación para las técnicas de magnetización seca y húmeda son significativamente diferentes y se discuten separadamente (13).

Técnica de magnetización continua seca

A diferencia de la suspensión húmeda, las partículas secas pierden la mayoría de su movilidad cuando ellas entran en contacto con la superficie de la pieza. Por lo tanto, es imperativo que la pieza o parte de interés esté bajo la influencia de un campo magnético aplicado mientras que las partículas *still airborne* estén libres para ser atraídas a los campos de fuga. El flujo de la corriente de magnetización sea inicializada previo a la aplicación de partículas magnéticas secas y terminada después de la aplicación del polvo ha sido completado y cualquier exceso ha sido soplado. Las corrientes de magnetización de alterna de media onda rectificada o alterna no rectificada proveen movilidad adicional a las partículas en la superficie de la pieza. El examen con partículas secas es usualmente llevado a cabo en conjunción con la magnetización local con puntas, se observan las indicaciones en forma de arco cuando las partículas son aplicadas (13).

Técnica de magnetización continua húmeda

La técnica de magnetización húmeda continua, generalmente, se aplica a aquellas piezas procesadas en una unidad húmeda horizontal. En la práctica,

esto involucra bañar la pieza con el medio de examen para proveer una abundante fuente de partículas suspendidas en la superficie de la pieza y la aplicación de baño inmediatamente antes del corte de la corriente de magnetización. La duración de la magnetización de la corriente típicamente en orden de 1/2 con dos o más pulsos dados a la pieza (13).

Técnica de magnetización continua con polímero o pasta en períodos prolongados o repetidos de magnetización

Son frecuentemente necesarios para suspensión de base polímero o pasta a razón de una movilidad de partícula magnética más lenta inherente en los vehículos de suspensión de alta viscosidad (13).

Técnica de magnetización continua *true*

Con esta técnica, la corriente de magnetización es mantenida en todo el proceso y examen de la pieza (13).

Técnicas de magnetización residual

Magnetización residual

Con esta técnica, el medio de examen es aplicado después de la magnetización. Puede ser usado solamente si el material a ser ensayado tiene relativamente alta retención, de manera que, el campo de fuga residual sea suficientemente fuerte para atraer y mantener las partículas y producir indicaciones. Esta técnica puede ser ventajosa para la integración con producción o requerimientos de manipuleo o para limitar intencionalmente la sensibilidad del examen. Se ha encontrado amplio uso en el examen de tuberías en disposiciones tubulares. A menos que se demuestre con patrones de indicaciones, el campo residual tiene suficiente fuerza para producir indicaciones relevantes cuando el campo está en una orientación apropiada, entonces, debería usarse el método continuo (13).

Corte rápido de la corriente

El equipamiento AC de onda completamente rectificadas, para magnetización residual, debe ser diseñado para proveer un corte de corriente consistente de la corriente de magnetización (13).

3.5.5.13. Tipos de corrientes de magnetización

Tipos de corrientes básicas

Los cuatro tipos de corrientes básicas usadas en el examen de partículas magnéticas para establecer magnetización son la corriente alterna CA rectificada de media onda, CA de onda completamente rectificada y para aplicaciones especiales, corriente directa (13).

Corriente alterna (AC)

La magnetización de la pieza con corriente alterna es preferida para aquellas aplicaciones donde el examen requiere la detección de las discontinuidades, como fisuras de fatiga, que están abiertas a la superficie. Asociado a la CA hay un efecto de piel que confina el campo magnético cerca de la superficie de la pieza. En contraste, la CA rectificada de media onda produce un campo magnético que posee una máxima penetración, que debería ser usada cuando las discontinuidades subsuperficiales están de pendiente. La CA es usada ampliamente para la desmagnetización de las piezas después del examen. La técnica del paso a través de la bobina es usada normalmente para este propósito debido a su naturaleza simple y rápida (13).

CA rectificada de media onda

La corriente CA rectificada de media onda es usada frecuentemente en conjunción con las partículas secas y magnetización local (por ejemplo yugos o puntas) para obtener penetración en la detección de discontinuidades típicas encontradas en soldadura y fundiciones ferrosas. Como con la CA, la magnetización de corriente monofásica es usada y su valor medio medido como “corriente de magnetización” (13).

CA de onda completamente rectificada

Puede utilizar corriente monofásica o trifásica. La corriente trifásica tiene la ventaja del amperaje de líneas más bajo, donde los equipos monofásicos son más baratos. La CA de onda completamente rectificada es usada comúnmente cuando el método residual será empleado. Con el método continuo, la CA de onda rectificada es usada para la magnetización de partes y piezas recubiertas o electrodepositadas. Debido al movimiento de partículas, seca o húmedo, es marcadamente, más bajo, se deben tomar precauciones para asegurar que el tiempo sea suficiente para permitir la formación de la indicación (13).



Figura 38. Magnetización en bobina
Tomada de <https://n9.cl/ee2fn>

Corriente directa (cd)

Un banco de baterías o un generador de CD producen una corriente de magnetización directa. Tienen el camino de la CA media y completamente rectificadas excepto para unas pocas aplicaciones especiales. Uno de tales ejemplos es la carga de un banco de capacitores, que en la descarga son usados para establecer un campo magnético residual en tubería, carcassas de tubería y en tubería de extracción (*drill pipe*) (13).

3.5.5.14. Técnicas de magnetización de las piezas

Magnetización directa e indirecta

Una pieza puede ser magnetizada directa o indirectamente. Para la magnetización directa la corriente pasa por técnicas de magnetización indirecta, donde un campo magnético es inducido en la pieza, que puede crear un campo magnético circular / toroide, longitudinal o multidireccional en la pieza. Las técnicas descritas en 20,8 para la verificación de los campos magnéticos tienen la dirección y fuerza prevista y deben ser empleados. Esto es especialmente importante cuando se use la técnica multidireccional para examinar formas complejas (13).

Elección de la técnica de magnetización

Seleccionar la magnetización directa o indirecta dependerá de los factores como tamaño, forma de configuración o facilidad de proceso (13).

Magnetización por contacto directo

Para la magnetización directa, debe haber contacto físico entre la pieza ferromagnética y los electrodos portadores de corriente conectados a la fuente de poder. La magnetización local y la completa se dan por contacto directo por medio del uso de puntas, cabeza y rabo, grapas y lechos magnéticos (13).

3.5.5.15. Magnetización localizada

Técnica de las puntas

Los electrodos de puntas son presionados firmemente contra la pieza de ensayo. La corriente de magnetización es luego pasada a través de las puntas y de estas al área de la pieza en contacto con ellas. Esto establece un campo magnético circular en la pieza alrededor y entre cada punta. Suficiente para llevar un examen local de partículas magnéticas. Precaución: debería tomarse mucho cuidado para mantener limpios los extremos de las puntas, para minimizar el calentamiento a la punta de contacto y para prevenir quemadas por arco y sobrecalentamiento local de la superficie a ser examinada, ya que puede causar efectos adversos en las propiedades de los materiales. Las quemadas de arco causan daño metalúrgico, si los extremos de las puntas son sólidos, como el cobre, la penetración en la pieza puede ocurrir. Las puntas no deberían usarse en piezas de superficie maquinadas o en componentes aeroespaciales. La CA rectificada limita la técnica de puntas a la detección de discontinuidades (13).

Superficiales CA rectificadas de media onda es la más conveniente, ya que detecta discontinuidades superficiales y subsuperficiales. La técnica de las puntas son materiales magnéticos secos, debido a la mejor movilidad de las partículas, las partículas magnéticas húmedas no son usadas con la técnica de puntas por el peligro de daño eléctrico y de inflamabilidad potencial. Un examen apropiado con puntas requiere una segunda ubicación de las puntas rotadas aproximadamente a 90° de la primera ubicación para asegurar que todas las discontinuidades existentes son reveladas. Dependiendo de los requerimientos de alcance la superficie tiene un traslape entre sucesivas posiciones de las puntas. En grandes áreas, es buena práctica trazar una retícula para la ubicación de las puntas / yugo (13).

Técnica de grapa manual / *leech* magnético

Las áreas locales de componentes complejos pueden ser magnetizados por contactos eléctricos manualmente anclados o dispuestos con leches magnéticos sobre la pieza. Como con las puntas, puede ser necesario suficiente traslape si el ensayo requiere el ensayo de la ubicación de los contactos (13).

Magnetización total

Es el contacto directo de las piezas que pueden ser engrampados entre dos electrodos (tales como una cabeza y un equipo de partículas magnéticas húmedas horizontales) y la corriente de magnetización aplicada directamente a través de la pieza. El tamaño y forma de la pieza determinará la dirección del campo y puede ser obtenido con tal equipo (13).

Grampas

La corriente de magnetización puede ser aplicada a las piezas de ensayo por engrampado de los electrodos que portan la corriente a la pieza, produciendo un campo magnético circular (13).

Técnica de magnetización multidireccional

Con un circuito conveniente es posible producir un campo multidireccional (oscilante) en una pieza por selección de interruptores con el campo magnético dentro de la pieza entre los contactos del electrodo / grampas posicionados aproximadamente a 90° entre ellos. Esto permite reconstruir indicaciones en todas las direcciones posibles y puede ser considerado el equivalente de magnetizar en dos o más direcciones. En algunas formas complejas, con etapas de 16 a 20, pueden ser requeridas con equipos convencionales. Con magnetización multidireccional, es posible reducir las etapas de magnetización requeridas por menos de la mitad. Es esencial que el método continuo húmedo sea usado y que la dirección del campo magnético e intensidad relativa sea determinada de uno en uno más las técnicas descritas (13).

Magnetización indirecta

La magnetización indirecta involucra el uso de una bobina preformada, *wrap cable*, yugo o un conductor central para inducir un campo magnético. La magnetización por bobina, el cable y yugo son denominados como magnetización longitudinal en la pieza (13).

Magnetización por bobina y cable

Cuando las técnicas de la bobina o cable son usadas, la fuerza del campo magnético es proporcional a las ampervueltas y depende de la geometría simple (13).

Magnetización por corriente inducida, conductor central

La magnetización circular indirecta de piezas y partes huecas pueden ser realizadas por el paso de la corriente de magnetización a través de un conductor central o un cable usado como un conductor central con un *fixture* de corriente inducida (13).

Magnetización por yugo: un campo magnético puede ser inducido en una pieza por medio de un electromagneto donde la pieza o una porción del campo entre los polos (actúa como uno) y las discontinuidades preferentemente transversales al alineamiento de los polos son indicadas. La mayoría de los yugos son energizados por AC, CA rectificada de media onda, o CA rectificada completamente. Una magneto permanente también puede introducir un campo magnético en la pieza, pero su uso es restringido (13).

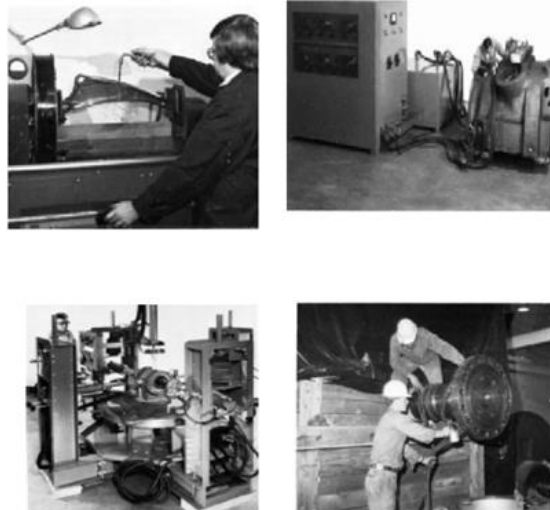


Figura 39. Tipos de magnetización
Tomada de <https://n9.cl/ee2fn>

3.5.5.16. Dirección de los campos magnéticos

Orientación de la discontinuidad vs. la dirección del campo magnético

Como no se obtienen normalmente indicaciones de las discontinuidades que están paralelas al campo magnético, y como las indicaciones pueden ocurrir en direcciones variadas o no conocidas, cada pieza debe ser magnetizada en, por lo menos, dos direcciones aproximadamente a ángulo recto entre una y otra. En algunas piezas, la magnetización circular puede ser usada en dos o más direcciones, mientras que, en otros, la magnetización circular y la longitudinal pueden ser usadas. Un campo

multidireccional puede ser empleado para obtener la magnetización de una pieza en más de una dirección (13).

Magnetización circular

La magnetización circular, es el término usado cuando una corriente eléctrica es pasada a través de la pieza o, por el uso de un conductor central a través de una abertura central en la pieza, induciendo un campo magnético a ángulo recto del flujo de corriente (13).

Magnetización toroidal

Cuando se magnetiza una pieza con un toroide de forma, como el caso de un disco o disco con el centro abierto, un campo inducido radial al disco es el más útil para la detección de las discontinuidades en la dirección circunferencial. En tales aplicaciones este campo puede ser más efectivo que los golpes múltiples alrededor de la periferia (13).

Magnetización longitudinal

La magnetización longitudinal es el término usado cuando un campo magnético es generado por un paso de una corriente eléctrica a través de una bobina multivuelta o laminada, que envuelve la pieza o la sección de la pieza a ser examinada (13).

Magnetización multidireccional

Los campos magnéticos pueden ser inducidos en la pieza por el paso de la corriente a través de la pieza en diferentes direcciones. Discontinuidades artificiales, circulares o defectos conocidos deberían ser usados para establecer la dirección de los campos magnéticos (13).

3.5.5.17. Fuerza del campo magnético

Para producir indicaciones interpretables, el campo magnético en la pieza debe tener suficiente fuerza y orientación apropiada., para que la indicación sea consistente, este campo debe ser controlado con límites razonables, usualmente $\pm 25\%$. Los factores que afectan la fuerza del campo son el tamaño, la forma, el espesor de la sección, el material de la pieza, y la técnica de magnetización. Como los factores varían ampliamente, es dificultoso establecer reglas rígidas para la fuerza del campo magnético de cada configuración concebible (13).

Establecimiento de la fuerza del campo

Son campos magnéticos suficientemente fuertes que pueden ser establecidos por (13):

Discontinuidades conocidas

Experimentos con piezas similares / idénticas que tengan discontinuidades conocidas (13).

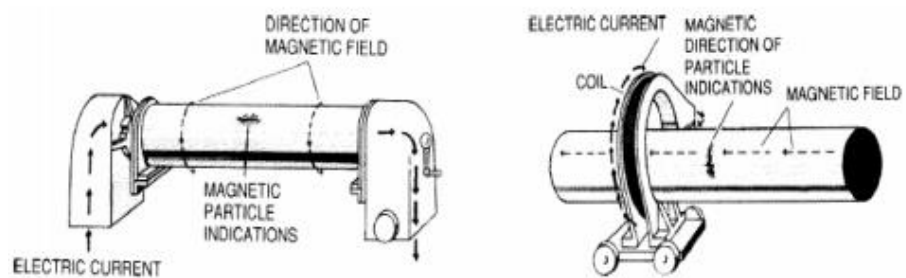


Figura 40. Magnetización circular y magnetización longitudinal
Tomada de Astm e 709-95 guía estándar para el examen por partículas magnéticas

3.5.5.18. Aplicación de las partículas secas y húmedas

Partículas magnéticas secas:

Campos magnéticos para partículas secas

Los polvos magnéticos secos son generalmente aplicados con las técnicas de magnetización continua usando corriente alterna o CA rectificada de media onda o magnetización por yugo. Una duración de corriente de por lo menos $\frac{1}{2}$ segundo debería ser usada. La duración de la corriente debería ser suficientemente corta para prevenir cualquier daño de calentamiento o de otra causa. Debería anotarse que la CA y la CA de media onda imparten mejor movilidad a los polvos que la CD o la CA totalmente rectificada. Los polvos magnéticos secos son ampliamente usados para el examen por partículas magnéticas de grandes piezas como también de áreas localizadas como las soldaduras. Las partículas magnéticas secas son usadas ampliamente para aplicaciones en campo y son frecuentemente usadas en conjunción con equipos con tipo de descargas de capacitores y el método residual (13).

Tabla 3. Periodos de verificación recomendados

Item	Tiempo máximo entre verificaciones	Párrafo de referencia
Iluminación:		
Intensidad de luz visible	1 semana	7.1.1
Intensidad de luz Negra	1 semana	7.1.2
Intensidad de luz visible de fondo	1 semana	7.1.1
Desempeño del sistema usando una pieza de ensayo o probeta de anillo de la Fig. 18	1 día	20.8.3
Concentración de partícula húmeda	8 horas, cada cambio de turno	20.6
Contaminación de la partícula húmeda	1 semana	20.6.4
Ensayo de rotura e agua	1 día	20.7.3
Chequeo/calibración del equipo:		
Amperímetro adecuado	6 mese	20.3.1
Control del tiempo	6 meses	20.3.2
Rotura rápida	6 meses	20.3.3
Chequeo de peso muerto	6 meses	20.3.6
Chequeo de medidores de luz	6 meses	20.4

^A Nota - el tiempo máximo entre certificaciones puede ser extendido cuando es substanciado por los datos técnicos actuales de estabilidad/credibilidad.

Tomada de <https://n9.cl/ee2fn>

Aplicación del polvo seco

Los polvos secos deberían ser aplicados mientras está siendo magnetizado, de tal manera que una luz uniforme sirva como recubrimiento sobre la superficie de la pieza. Las partículas secas no deben ser aplicadas a la superficie húmeda; ellas serán limitadas en su movilidad. Ni tampoco debería aplicarse donde halla excesivo viento. La técnica preferida de aplicación suspende las partículas en aire, de tal manera que, alcanzan la superficie a ser magnetizadas en una nube uniforme con un mínimo de fuerza. Usualmente, se utilizan aplicadores de polvo especialmente diseñados y aplicadores manuales. Las partículas secas no deberían ser aplicadas por vaciado o proyección con los dedos (13).

Remoción del exceso de polvo

Se debe tener mucho cuidado tanto en la aplicación como en la remoción del exceso del polvo magnético. Mientras que la corriente de magnetización esté presente, debe cuidarse en remover las partículas atraídas por un campo de fuga que puede ser una indicación relevante de una discontinuidad (13).

Patrón de polvo de discontinuidades cerca de la superficie (subsuperficiales)

Tener orden para reconocer los patrones de polvo producido por discontinuidades subsuperficiales, es esencial observar cuidadosamente la formación de las indicaciones mientras el polvo es aplicado y mientras el exceso es removido. Tiempo suficiente para la formación de indicaciones y examen deberían permitirse entre ciclos de magnetización sucesiva (13).

Aplicación de partículas húmedas

Las partículas magnéticas húmedas, fluorescente y no fluorescentes, suspendidas en un vehículo en una concentración recomendada pueden ser aplicadas por atomizado o mojado de las áreas a ser inspeccionadas durante la aplicación de la corriente de magnetización (técnica continua) o después de apagada la corriente (técnica residual). Secuencia apropiada de la operación (magnetización de la pieza y tiempo de aplicación del baño) es esencial para la formación y retención de la indicación. Para la técnica continua deberían aplicarse múltiples golpes de corriente. El último debería ser aplicado después que el flujo de partículas ha sido vertido y mientras el baño de partículas está todavía sobre la pieza. Un golpe puede ser suficiente, se debe tener cuidado de prevenir el daño de la pieza debido a sobrecalentamiento u otras causas. Ya que indicaciones muy finas y débiles en superficies de buen acabado o pulidas pueden ser lavadas o debe cuidarse para prevenir un flujo de alta velocidad sobre superficies críticas y para cortar la aplicación del baño antes de remover el campo magnético. Ya que un campo residual tiene una intensidad más baja que un campo continuo, y donde, indicaciones menos pronunciadas se tienden a formar (13).

Pinturas / magnéticas

Las pinturas / magnéticas son aplicadas a la pieza con una brocha antes o durante la magnetización de la pieza. Las indicaciones aparecen como una línea negra contra un fondo plateado claro. El magnético es ideal para exámenes sobre cabeza o bajo agua (13).

Polímeros magnéticos

Los polímeros magnéticos son aplicados a las piezas de ensayo como una suspensión de polímero líquido. La pieza es entonces magnetizada, se permite que el polímero cure y el recubrimiento elástico es removido de la

superficie de ensayo para su examen. Debe cuidarse que la magnetización sea completamente dentro del período de migración activa del polímero, que es usualmente 10 minutos. Este método es particularmente aplicable a áreas de acceso visual limitado tal como agujeros de pernos. Aplicaciones detalladas e instrucciones de uso de los fabricantes deberían ser seguidas para un resultado óptimo (13).

Tabla 4. Prueba de levantamiento mínima de yugo

Tipo de Corriente	Espaciado entre las piernas del yugo	
	50 a 100 mm (2 a 4 pulgadas)	100 a 150 mm (4 a 6 pulgadas)
AC	45 N (10 libras)	
DC	135 N (130 libras)	225 N (50 libras)

Nota: tomada de <https://n9.cl/ee2fn>

3.5.5.19. Interpretación de las indicaciones

Indicaciones válidas

Estas indicaciones válidas formadas por un examen de partículas magnéticas son el resultado de campos de fuga magnética. Las indicaciones pueden ser relevantes (no relevantes o falsas 32 de 37) (13).

Indicaciones relevantes

Las indicaciones relevantes son producidas por campos de fuga, que son el resultado de discontinuidades. Las indicaciones relevantes requieren evaluación con los estándares de aceptación en mutuo acuerdo entre el fabricante / agencia de ensayo y el comprador (13).

Indicaciones no relevantes

Las indicaciones no relevantes pueden ocurrir solas o en patrón como un resultado de campos de fuga creadas por condiciones que no requieren ninguna evaluación, tales como un cambio de sección (agujeros taladrados) propiedades inherentes al material (como el borde de una soldadura bimetálica), escritura magnética, etc. (13).

3.5.5.20. Desmagnetización

Aplicabilidad

Todos los materiales ferromagnéticos retendrán algún magnetismo residual, la fuerza reside en saber cuál es dependiente de la retención de la

pieza. El magnetismo residual no afecta las propiedades mecánicas de la pieza. Sin embargo, un campo residual puede causar daños al adherirse a la superficie, afectando las operaciones de maquinado, pintado o electroplateado. Adicionalmente, si la pieza es usada y ubicada cerca de instrumentos sensibles, los campos residuales altos afectarán la operación de estos instrumentos. Aún más, un fuerte campo magnético residual en una pieza a ser soldada por arco podría interferir con la soldadura. Los campos residuales pueden interferir también con exámenes de partículas magnéticas posteriores. La desmagnetización se requiere solo si se especifica en dibujos u orden de compra. Cuando se requiera un nivel aceptable de magnetización, el método de medición también será especificado (13).

Métodos de desmagnetización

La facilidad de la desmagnetización es dependiente de la fuerza coercitiva del metal. Alta retención no está necesariamente relacionada a alta fuerza coercitiva donde la resistencia del campo residual no siempre es un indicador de la facilidad de desmagnetización. En general, la desmagnetización es acompañada por su pieza a un campo igual o más grande que el usado para magnetizarla y en la misma dirección, cuando se cambia la dirección del campo mientras se reduce gradualmente a cero (13).

Extracción de un bobina de corriente alterna

Esta técnica es más rápida y la más simple, ya que es pasar a través de una bobina de CA de alta intensidad. Una bobina de 5000 a 10000 ampervuelta es recomendada. La frecuencia de la línea de CA es usualmente de 50 a 60 Hz. La pieza debería entrar a la bobina desde una distancia de 12" (300 mm) y movida lentamente hasta que la pieza esté a 36" (900 mm) más allá de la bobina. Debería cuidarse que la pieza sea removida completamente de la influencia de la bobina antes que la fuerza de desmagnetización sea cortada, de otra manera los desmagnetizados pueden tener un efecto reverso de magnetizar a la pieza. Esto debería ser repetido para reducir el campo residual a un nivel aceptable. Piezas pequeñas de configuración compleja pueden ser rotadas mientras pasan a través del campo de la bobina (13).

Corriente alterna decreciente

Esta técnica alternativa para la desmagnetización de las piezas trata de someter a la pieza a un campo mientras se está reduciendo gradualmente su resistencia a un nivel considerado (13).

Desmagnetización con yugos

El yugo de corriente alterna puede ser usado para desmagnetización local por ubicación de los polos sobre la superficie, moviéndolos alrededor del área, y retirándolo lentamente mientras está energizado (13).

Corriente directa cambiante

Esta pieza para desmagnetizar está sujeta a etapas consecutivas de reducción y cambio (en la polaridad) de corriente directa a un nivel considerado. Este es el proceso más efectivo de desmagnetizar grandes piezas donde el campo de corriente alterna sea de penetración insuficiente para remover la magnetización residual interna. Esta técnica requiere de equipos especiales para cambiar la corriente mientras es simultáneamente reducida en pequeños incrementos (13).

Extensión de la desmagnetización

La desmagnetización puede ser indicada por el uso de indicadores apropiados del campo magnético o medidores de la fuerza del campo. Precaución: una pieza puede retener un fuerte campo magnético residual después de haber sido magnetizado circularmente y mostrar una pequeña o ninguna evidencia de este campo. Aún más si la magnetización circular hecha antes de la longitudinal se requiere de una magnetización completa. Después de la desmagnetización residual los campos no deberían exceder los 3G (240 Am-1) en cualquier parte de la pieza con valor absoluto, a menos que sea acordada otra cosa o sea especificado en los dibujos de ingeniería o en el contrato u orden de compra (13).

3.5.5.21. Limpieza postexamen

Remoción de las partículas

La limpieza postensayo es necesaria donde el material de las partículas magnéticas podría interferir con el proceso subsecuente o con requerimientos de servicio. El comprador debería especificar cuándo la limpieza postensayo es necesaria y en que extensión (13).

Medios de remoción de las partículas

Las técnicas típicas de limpieza postensayo empleadas, son:

(a) El uso de aire comprimido para soplar las partículas magnéticas secas no requeridas; (b) secado de las partículas húmedas y subsecuente remoción por brochado o aire comprimido (13).

Remoción de partículas húmedas con solvente

Otras técnicas de limpieza conveniente postexamen pueden ser usadas si ellas no interfieren con los requerimientos subsecuentes (13).

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

4.1. Descripción de actividades profesionales

El área de Control de Calidad consta de información, documentos, registros y obligaciones, estos son aplicados en el plan de calidad, que se ha realizado con el objetivo de planificar las tareas y organizar procesos enfocado a una mejora continua externa e interna.

También definimos las pautas del plan de calidad, basado en documentos, políticas, objetivos, planos y procesos teniendo un registro general de todo lo mencionado. El objetivo del plan de calidad es que sea consistente cumpliendo los requisitos establecidos en este. El procedimiento está preparado especialmente para el uso interno de la empresa, pudiendo ser utilizado en propósitos externos como soporte a los clientes o empresas que ofrecen sus servicios.

4.1.1. Enfoque de las actividades profesionales

Minkha Metales S. A. C. forma, realiza, conserva y mejora continuamente su plan de calidad englobando procesos que son utilizados para su correcta aplicación. Por ello se determinó lo siguiente:

- Gastos necesarios con resultados óptimos mediante procesos y procedimientos establecidos en el plan.
- Orden, etapa e interacción de estos procesos mediante planificación.
- Indicadores precisos para medir su desempeño.

- Criterios, técnicas, obligaciones y permisos para su ejecución y el control durante el proceso de reparación.
- Control en las diferentes etapas para identificar oportunidades de mejora, enfocadas a través de este manual.
- Documentar procesos y procedimientos que ofrecen soporte en la ejecución, proporcionando confianza en la reparación.

4.1.2. Alcance de las actividades

Instalaciones

Las instalaciones de Minkha Metales tienen infraestructura y equipos enfocados en la reparación de chancadoras tipo cono, tiene lo necesario para brindar un servicio de calidad. Estas instalaciones están conservadas, al igual que los equipos; durante las actividades de reparación y fabricación cumple con las instrucciones de ensayos no destructivos.

Las condiciones necesarias para la reparación de componentes chancadores tipo cono de estructuras metálicas son establecidas durante los procesos de evaluación y reparación, planos e información de fábrica, así mismo, es monitoreada de acuerdo al procedimiento.

Recursos de seguimiento y medición

Herramientas necesarias para garantizar la aceptación de productos y procedimientos con descripción a las necesidades descritas, estas herramientas incluyen certificaciones de procesos de ensayos no destructivos de planta (planos, manuales del fabricante).

Aquellas fabricaciones y reparaciones consideradas como críticos o aquellos donde la trazabilidad de sus mediciones son una exigencia del cliente, son verificadas específicamente, de acuerdo a unos formatos de verificación dimensional y soldadura y ensayos no destructivos según lo establecido en los procedimientos.

Conocimiento de la organización

Las experiencias adquiridas durante la reparación de componentes se vuelven más eficaces gracias a la conservación y transmisión de datos, esto para el logro de la conformidad de los productos y servicios.

La importancia de adquirir conocimientos ayuda a comprender los constantes cambios, necesidades y formas del ambiente y estas son evaluadas conforme al sistema de formación de personal.

Por otra parte, se pone a disposición del personal la información, proveniente de fuentes externas e internas, con capacitaciones continuas, que son:

- Detalle de los proyectos realizados para ser analizados.
- Determinar espacios para guardar documentos de las capacitaciones, de manera que estén al servicio de toda la empresa.
- Áreas de la empresa donde se comparte la información que sea relevante para el desarrollo de actividades de la empresa.

Gestión del personal

Minkha Metales S. A. C. asegura que su personal sea competente realizando estas actividades:

Fija la formación, habilidades y la experiencia para cada puesto de trabajo.

Selecciona al personal conforme al requerimiento necesario, clasificación y selección del personal certificando que cumplan con el perfil solicitado.

De detectarse una dificultad entre el personal de la empresa y los perfiles de los puestos que se requieren, se capacitarán de acuerdo al procedimiento, así se podrá lograr la competencia necesaria. El procedimiento conforma elementos para evaluar la eficiencia de los entrenamientos, de forma que cumpla los resultados deseados.

Se confirma que los trabajadores sean consecuentes por la importancia de sus actividades mediante la realización de los procedimientos de inducción de personal, las capacitaciones del personal son comunicadas por medios específicos y mediante otras acciones llevadas a cabo por el responsable.

Información documentada

Información documentada requerida para Minkha Metales, ha definido que es indispensable para la eficacia del control de calidad.

Los dispositivos realizados para la realización, modificación, transmisión y control de la información documentada se encuentran descritos en los siguientes documentos:

Control de registros y documentos, ofreciendo un cuadro de indicaciones para el manejo de información, documentada y detallada con documentos regulados tales como políticas, códigos, directrices de la empresa, planos, procesos, formatos y controles.

Comunicación interna y externa, para el control de documentos de información, tales como informes, memorándums, actas.

Proceso de recepción y seguimiento de requisitos legales para la gestión de documentos.

Planificación y control operacional

Minkha Metales S. A. C. planea, efectúa y verifica los procesos de calidad fundamentales para:

- Precisar y observar los requerimientos para la ejecución del servicio de reparación.
- La planeación de pasos y registros para la ejecución de los procesos, descritos en la documentación.
- Designación de personal, material, materia prima y herramientas necesarias para obtener conformidad del producto, establecidos en el contrato.

Comunicación con el cliente

La relación de la empresa con los clientes se ejecuta por medios de comunicación interna y externa por medio de:

- Gestión de contratos
- Elaboración de planillas de medición o facturación
- Satisfacción del cliente
- Procedimiento de no conformidad

Determinación de los requisitos relacionados con el producto

Los requerimientos afines a la reparación y fabricación de estructuras metálicas están determinados en la normatividad (ASME, AWS D1.1).

Adicionalmente, Minkha Metales S. A. C. ha señalado el proceso de contratos en reparación, para determinar los términos de reparación a los clientes potenciales. En la propuesta se toma en cuenta requisitos legales y reglamentarios aplicables, así como otros detalles.

En el proceso se precisa las actividades básicas:

- Requisitos explícitos por el cliente
- Requisitos no detallados por el cliente pero obligatorios
- Requisitos legales y normativos
- Revisión de los requerimientos relacionados con el producto
- La detección del incumplimiento de algún requisito del producto

Registro de no conformidades

Las salidas de producto tienen constante seguimiento, cuenta con varios métodos de seguridad que garantizan la calidad del producto, minimizando el riesgo de suministrar productos no conformes al cliente. Ante un suceso intempestivo, se activan los procesos vigentes, presentando un informe con los motivos de la demora y las gestiones adoptadas. Se formó el procedimiento de no conformidad que constituye los elementos para evaluar el servicio de conformidad del producto ofrecido por Minkha Metales S. A. C.

Las operaciones orientadas ante la visualización de un incumplimiento en el sistema de alguna de las áreas son realizadas de acuerdo al procedimiento de acciones de mejora continua

4.1.3. Entregables de las actividades profesionales

La verificación del producto al terminar su reparación o parte de esta.

La reparación de un anillo de ajuste, los entregables son los ensayos no destructivos, los planos, los controles dimensionales, formatos de aporte de soldadura, etc. Existen verificaciones internas, que se utilizan para las últimas y para finalizar la reparación que admitirá el cliente de la reparación. Las verificaciones ayudan a definir el alcance de la reparación y el progreso de trabajo.

Los entregables de este procedimiento de ensayos no destructivos vendrían a ser un control fotográfico, control de indicaciones, control de medidas, equipos y herramientas utilizados. En estos informes se encuentran las herramientas y normas aplicadas.

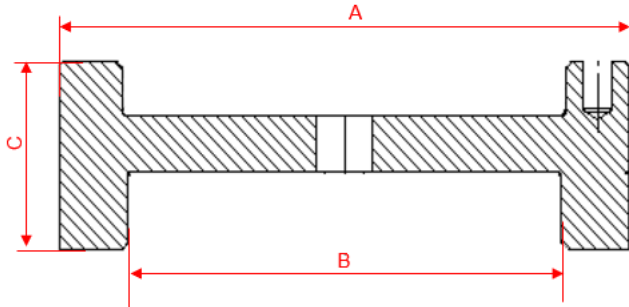
- Informe de evaluación
- Informe de reparación
- PTS - Permiso de trabajo seguro
- Iperc
- PTEC - Permiso de trabajo en espacios confinados
- PTA - Permiso de trabajo en altura
- Análisis de trabajo seguro (ATS)

Aquí se mencionan unos registros que usa el área de control de calidad para sus registros:

- Control dimensional
- Inspección visual
- Tintes penetrantes
- Partículas magnéticas

4.1.3.1. Registro de control dimensional

Tabla 5. *Control dimensional*

REGISTRO DIMENSIONAL			
EQUIPO Y/O COMPONENTE:	PLATO DE MONTAJE	REGISTRO:	CD-001
CLIENTE:	-----	FECHA INSP.:	-----
PUNTO DE INSPECCION:	-----	PROCESO DE:	-----
EQUIPO DE MEDICION:	FLEXOMETRO	PLANO Y/O REF:	-----
DIBUJO DE REFERENCIA			
 The drawing shows a cross-section of a mechanical component. It has a central horizontal section with a central hole. The top surface is stepped. Dimension A is the total width of the top surface. Dimension B is the width of the bottom section. Dimension C is the height of the left vertical section. The right side has a small vertical feature with a hole.			

[illegible]

OBSERVACIONES FINALES

RESPONSABLES

CARGO: Supervisor de Calidad

CARGO: Supervisor de Operaciones

FIRMA:

FIRMA:

FECHA: 29-10-2020

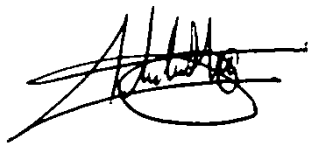
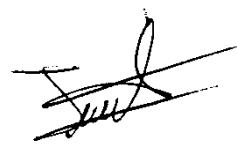
FECHA: 29-10-2020

4.1.3.2. Registro de inspección visual

Tabla 6. Registro de inspección visual

MSC:	1800	Registro	IV001	Fecha	10-10-2021	Página	1/1
Cliente	-----						
Objeto de inspección	Head	Identificación	Asiento cónico y rosca	Material	----- -----	Espesor (mm)	-----
Condición superficial	Limpieza	Técnica	directa	Iluminación (Lux)	1100	Tipo	○ Natural ○ Artificial
Procedimiento	-----		Versión		-----	Fecha	
Instrumento	Marca		Modelo		Serie		
1	Reglas	Mitutoyo		-----		-----	
2	Marcador	-----		-----		-----	
Ítem	Ubicación (x, y)	Dimensiones (mm)	Tipo		Evaluación	Observaciones	
1	Asiento cónico	-----	-----		No relevante	Ninguna	
2	Rosca	-----	-----		Relevante	Desprendimiento de material	
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
Mapa de indicaciones (registro fotográfico)							



Conclusiones	
Responsables:	
Cargo: Supervisor de calidad	Cargo: Supervisor de operaciones
 Firma	 Firma:
Fecha:13-10-2021	Fecha: 13-10-2021

4.1.3.3. Registro de tintes penetrantes

Tabla 7. Registro de tintes penetrantes

		Registro de Inspección por Líquidos Penetrantes				Código: F 071 Versión: 01 Fecha: 20/6/2019	
MSC:	1800	Registro	PT 001	Fecha	10-10-2021	Página	01/01
Cliente	-----						
Objeto de inspección	Head	Identificación	Asiento cónico- Cuerpo cónico	Material	-----	Espesor (mm)	-----
Condición superficial	Pulido	Temperatura (°C)	23°C	Iluminación (Lux)	1100	Tipo	☐ Natural ☒ Artificial
Procedimiento	-----	Versión	1			Fecha	12-10-2021
Tipo	☐ I – Fluorescente ☒ II – Visible ☐ III - Dual		Método	☐ A – Lavable por agua ☐ B – Hidrofílico ☒ C – Removible por solvente ☐ D - Lipofílico			
Materiales	Fabricante	Identificación	Tiempo				
☒ Limpiador	Magnaflux	----	1 (Secado)				
☒ Penetrante	Magnaflux	----	Penetración (min)				5
☐ Emulsificador	-----	----	Emulsificación (min)				-----
☒ Revelador	Magnaflux	-----	Revelación (min)				10
Instrumento	Marca	Modelo	Serie				
1	-----	-----	-----				
2	-----	-----	-----				
Ítem	Ubicación (x, y)	Dimensiones (mm)	Tipo	Interpretación	Evaluación	Observaciones	
A	Asiento cónico	-----	-----	No relevante	Aceptado	Ninguna	
B	Cuerpo cónico	-----	-----	No relevante	Aceptado	Ninguna	
C	Rosca	-----	-----	No relevante	Aceptado	Ninguna	
• Tipo: lineal o redondeada • Interpretación: relevante o no relevante • Evaluación: aceptado o rechazado.							

Mapa de indicaciones (registro fotográfico)



Conclusiones

Responsables:

Cargo: Supervisor de calidad

Firma

Fecha: 13-10-2021

Cargo: Supervisor de operaciones

Firma:

Fecha: 13-10-2021

4.1.3.4. Registro de partículas magnéticas

Tabla 8. Registro de partículas magnéticas

		Registro de Inspección por Partículas Magnéticas					Código: F 072 Versión: 01 Fecha: 25/06/2019	
MSC:		1800	Registro	MT001	Fecha	10-10-2021	Página	01 /01
Cliente		-----						
Objeto de inspección		Head	Identificación	Alojamiento <i>head ball</i>	Material	----- ---	Espesor (mm)	-----
Condición superficial		Pulido	Temperatura (°C)	23°	Iluminación (Lux)	1100	Tipo	☐ Natural ☐ Artificial
Procedimiento		-----		Versión			Fecha	
Técnica		Yugo		Corriente		☐ AC ☐ DC		
Materiales		Fabricante		Identificación		Tipo		Secas o húmedas
☐ Partículas Magnéticas		Magnaflux		-----		☐ Visibles ☐ Fluorescentes		☐ Secas ☐ Húmedas
Instrumento		Marca		Modelo		Serie		
1	Yugo	Magnaflux		-----		-----		
2	-----	-----		-----		-----		
Ítem	Ubicación (x, y)	Dimensiones (mm)		Tipo	Interpretación	Evaluación		Observaciones
1	Alojamiento <i>head ball</i>	-----		-----	No relevante	Aceptado		Ninguna
2								
3								
4								
5								
6								
7								
• Tipo: Lineal o redondeada • Interpretación: Relevante o no relevante • Evaluación: Aceptado o rechazado.								
Mapa de indicaciones (registro fotográfico)								



Conclusiones

Responsables:

Cargo: Supervisor de calidad

Firma

Fecha:13-10-2021

Cargo: Supervisor de operaciones

Firma:

Fecha: 13-10-2021

4.2. Aspectos técnicos de la actividad profesional

4.2.1. Metodologías

En el área donde desempeño mis funciones como control de calidad, los métodos utilizados son:

Método experimental

Es una técnica que se define por observar, manejar y registrar las diferentes variables que afecta el estudio.

Método de investigación

Utilizado para resolver el problema de investigación mediante la recolección de información usando varias técnicas, dando una definición de la información recolectada y consiguiendo conclusiones.

Método de conformidad

Está compuesto de documentos como manuales, presupuestos, planos, especificaciones técnicas y otros que al detalle demuestran eficientemente el fin del proyecto.

4.2.2. Técnicas

Planeamiento

Método que involucra tener uno o varios objetivos en particular, junto con gestiones requeridas para completar la reparación en el tiempo establecido con la calidad necesaria para cumplir la garantía ofrecida al cliente.

Observación

Técnica que radica en prestar atención atentamente a la falla, recolectar datos y registrarla para su análisis; es una característica primordial en los procedimientos.

Demostración

Es una técnica que sirve para verificar y confirmar las pruebas de lo reparado, proporcionando resultados aceptables.

Capacitación

Formación al personal en el sistema de calidad, para la correcta elaboración y puesta en marcha de controles de calidad, reglas de inspección, procedimientos y cumplimiento de las disposiciones de trabajo.

4.2.2.1. Instrumentos para la recolección de datos y equipos y materiales

Instrumentos administrativos

Útiles de escritorio, reglas, papel bond.

Implementos de seguridad

- Casco
- Lentes de seguridad
- Ropa de trabajo
- Respirador de silicona media cara
- Guantes de nitrilo
- Orejeras
- Bandeja antiderrame

Herramientas para pruebas no destructivas

Para realizar el método de inspección visual se requieren las herramientas:

- Escuadras y reglas
- Marcadores metálicos
- Espejo
- Flexómetro
- Linterna

Para realizar la técnica de pruebas no destructivas líquidos penetrantes se usan:

- Kit de tintes penetrantes
- Trapo o *waípe*
- *Thinner* industrial
- Bandeja anti derrame
- Linterna
- Espejo

Para realizar la técnica de partículas magnéticas se usan:

- Equipo de magnetización
- Partículas magnéticas
- Yugo magnético
- Vía húmeda / vía seca

4.3.2. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales

En este flujograma se describen las diferentes etapas de reparación de un componente de chancadora de cono.

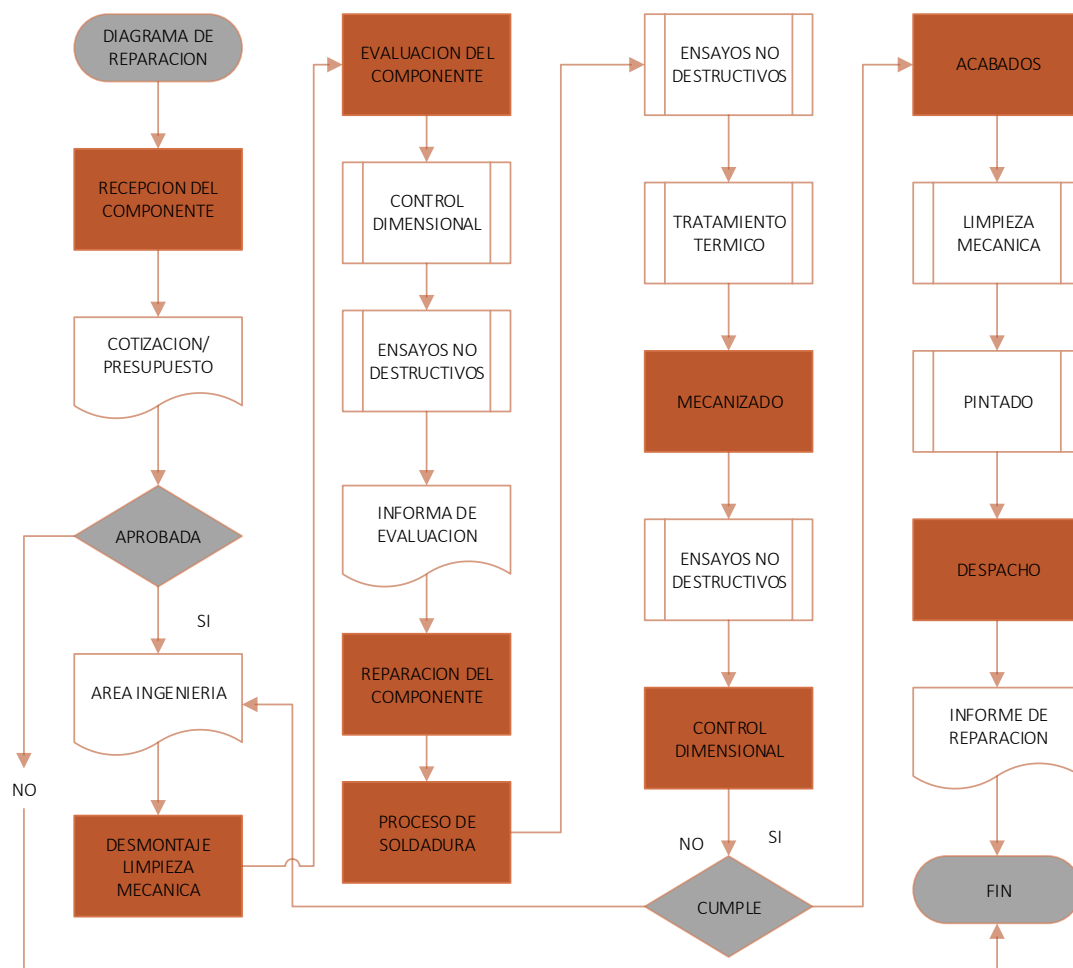


Figura 41. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales

4.3.2.1. Recepción de la chancadora tipo cono

El componente se recibió en los talleres de Minkha Metales, con la respectiva fecha de llegada. Se adjuntan fotos de recepción del componente y en el estado que llegan.

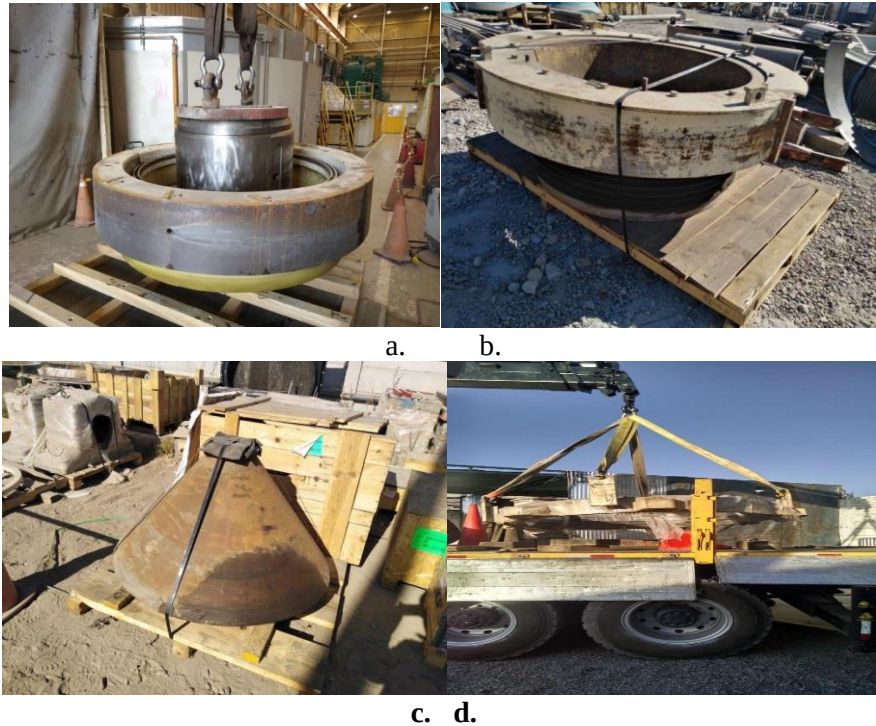


Figura 42. a) excéntrica, b) bowl, c) head, d) anillo

4.3.2.2. Evaluación y reparación de chancadoras tipo cono

Desmontaje del componente y limpieza mecánica

Una vez recepcionados los componentes, el siguiente paso es el desmontaje del componente con su respectiva lista de partes. Luego se continúa con la limpieza mecánica con esmeril de 7" o 4", retirando la pintura, suciedad grasa y oxido con la aplicación de *thinner*, removedor de pintura y trapo.

Esta limpieza es importante para que ,al momento de realizar ensayos no destructivos y controles dimensionales, las indicaciones y defectos sean observados por el inspector y técnico de control de calidad.



Figura 43. a) contraeje; b) contraeje, c) head, d) upper bushing

Control metrológico (controles dimensionales)

El objetivo es definir los criterios de aceptación para el control dimensional de los procesos de reparación por Minkha Metales S. A. C. siguiendo como referencias las siguientes normas: ISO 13920; DIN 7168; ASTM A6.

Las personas de control de calidad son las encargadas del cumplimiento de las actividades de control dimensional. También de dar conformidad del control dimensional final. Evaluar e inspeccionar la materia prima destinada a fabricaciones o reparaciones de acuerdo con los criterios recomendados y dar su conformidad. También evaluar e inspeccionar productos fabricados o componentes que deberán estar acorde a los planos de fabricación, que deberán considerarse de no presentar tolerancias dimensionales. Las herramientas de inspección, control y ensayos usados para el control deberán estar de acuerdo con los procedimientos.

Si el material no tiene las características solicitadas por control de calidad se procede con el reclamo al proveedor.

En estas fotos se aprecia un control dimensional referido al desgaste con el que llega el componente a los talleres de Minkha Metales S. A. C.



Figura 44. Medición de desgastes

Tolerancias para construcciones soldadas, según ISO 13920

Tabla 10. Tolerancias en dimensiones lineales

Rango de tamaños nominales l, en mm											
Clase de tolerancia	2 a 30	> 30 a 120	> 120 a 400	> 400 a 1 000	> 1 000 a 2 000	> 2 000 a 4 000	> 4 000 a 8 000	> 8 000 a 12 000	> 12 000 a 16 000	> 16 000 a 20 000	> 20 000
	Tolerancias t, en mm										
A	± 1	± 1	± 1	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	± 7	± 8	± 9
B		± 2	± 2	± 3	± 4	± 6	± 8	± 10	± 12	± 14	± 16
C		± 3	± 4	± 6	± 8	± 11	± 14	± 18	± 21	± 24	± 27
D		± 4	± 7	± 9	± 12	± 16	± 21	± 27	± 32	± 36	± 40

Nota: tomada de ISO 13920

Tabla 11. Tolerancias en dimensiones angulares

Clase de Tolerancia	Rango de tamaños nominales l, en mm (longitud de cateto más corto)		
	Hasta 400	> 400 a 1 000	> 1 000
	Tolerancias $\Delta \alpha$, en grados y minutos		
A	$\pm 20'$	$\pm 15'$	$\pm 10'$
B	$\pm 45'$	$\pm 30'$	$\pm 20'$
C	$\pm 1^{\circ}$	$\pm 45'$	$\pm 30'$
D	$\pm 1^{\circ} 30'$	$\pm 1^{\circ} 15'$	$\pm 1^{\circ}$
	Tolerancias calculadas y redondeadas t, en mm/m ⁰		
A	± 6	$\pm 4,5$	± 3
B	± 13	± 9	± 6
C	± 18	± 13	± 9
D	± 26	± 22	± 18

Nota: tomada de ISO 13920

Tabla 12. Tolerancia de rectitud, planitud y paralelismo

Clase de tolerancia	Rango de tamaños nominales l, en mm (con respecto al lado más largo de la superficie)									
	> 30 a 120	> 120 a 400	> 400 a 1 000	> 100 a 2 000	> 2 000 a 4 000	> 4 000 a 8 000	> 8 000 a 12 000	> 12 000 a 16 000	> 16 000 a 20 000	> 20 000
	Tolerancias t en mm									
E	0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	7	8
F	1	1,5	3	4,5	6	8	10	12	14	16
G	1,5	3	5,5	9	11	16	20	22	25	25
H	2,5	5	9	14	18	26	32	36	40	40

Nota: tomada de ISO 13920

Ensayos no destructivos, inspección visual

Asegurar las juntas para soldadura y superficies con aporte de soldadura, siguiendo como referencia la norma AWS D1.1 - 2010 *Structural Welding - Steel*.

Son verificadas por la técnica de inspección visual (VT) directa, para que cumplan con los requerimientos establecidos. La inspección visual será desarrollada en las juntas antes del proceso de soldeo, después de realizadas las soldaduras y previo a los ensayos no destructivos. Esta inspección aplica a todos los procesos como fabricación y reparación.

Los responsables de realizar este cumplimiento y ejecución es el área de Control de Calidad y el supervisor de operaciones, conjuntamente las dos áreas dirigen los trabajos necesarios para la realización de inspección de soldadura.

Limpieza de la superficie

Los elementos de la chancadora deben estar totalmente limpios de grasa, óxido y aceites, para así poder realizar la inspección visual del componente, una vez limpio, se verifica el desgaste presente en la chancadora.



Figura 45. Limpieza superficial

Requisitos de iluminación

Bajo la luz natural o artificial no menor a 500 lux (50 candelas-pies), se efectuará mediante inspección visual directa en las partes constitutivas del elemento.

Inspecciones críticas, examinando los cordones de soldadura y la zona ZAC, en otras discontinuidades se utiliza una fuerte iluminación (1000 lux o 100 candelas-pie), también con la ayuda de otros dispositivos como lupas magnificadoras.

Indicaciones que se encuentran

Por medio de la inspección visual se identifican elementos de chancadora tipo cono, también se identifican las diferentes indicaciones que pueden ser:

Desprendimiento de material desgastes, que son medidos, apuntados y recolectados para el informe de evaluación.



Figura 46. Presencia de indicaciones

Tipos de corrosión leves y severas



Figura 47. Corrosion

- **Fisuras y porosidad visuales**



Figura 48. Fisuras visuales

- **Tambien se controlan medidas y ángulos**



Figura 49. Control de medidas angulares

Toda esta informacion es recolectada con medidas y registros fotográficos, se elabora un informe de evaluacion.

Pruebas no destructivas pt - líquidos penetrantes

El propósito de este procedimiento es detallar las condiciones, obligaciones y operaciones necesarias siguiendo como referencia la norma ASTM_E_165, para realizar la detección de fisuras u otras indicaciones por el método de inspección de líquido penetrante. Esta prueba por tinte penetrante se realiza en materiales metálicos, no metálicos, no porosos, soldadura y montaje de equipos varios, para los procesos de reparación y armado.

Las áreas de Calidad y de Operaciones son responsables para dirigir los trabajos necesarios para la ejecución de ensayos de líquidos penetrantes.

Equipos de inspección, medición y ensayo

Equipos que actúan primordialmente en la inspección por líquido penetrante:

- Linterna de luz negra
- Lámpara de luz UV

Herramientas y materiales

Las herramientas necesarias para este proceso son:

- Aerosol
- Emulsificador
- Trapo industrial
- Penetrante
- Revelador
- Removedor de penetrante (*thinner*)
- Limpiador



Figura 50. Revelador

Personal involucrado en los ensayos no destructivos

La inspección por tinte penetrante involucra la intervención de inspectores de calidad (certificados) y asistente de ensayos no destructivos. El personal que dirige el examen por tinte penetrante debe estar certificado como Nivel 2 en tintes penetrantes según ASTN-TC-1. Al mismo tiempo los que integran esta área son conocedores de los métodos del examen por tinte penetrante y las precauciones adecuadas.

Los materiales utilizados en el ensayo tales como penetrante, revelador, limpiador, etc. deben estar certificados de acuerdo con los requerimientos de ASTM E-165. El penetrante, revelador y limpiador de un determinado fabricante no deben ser mezclados con los de otros fabricantes; es

decir, no se podrá utilizar en un mismo ensayo un kit de trabajo con elementos de diferentes marcas (12).



Figura 51. Aplicación de revelador

Preparación de la superficie de trabajo

El inspector de control de calidad será el responsable por la preparación y limpieza de aquella superficie que requiera otros medios diferentes a la limpieza básica (12).

Aun cuando se pueden obtener buenos resultados en superficies soldadas, roladas, fundidas o forjadas en su forma natural, cuando se presume que las irregulares naturales de la superficie pudieran esconder o tapar discontinuidades inaceptables se requerirá preparación especial como esmerilado mecanizado u otros métodos. La limpieza por chorro de arena o con perdigones puede cerrar discontinuidades superficiales y proveer una superficie muy porosa que dificulta la interpretación, razón por la que debe evaluarse (12).

Si al criterio del inspector, la limpieza de una superficie preparada para inspección es insuficiente, esta deberá ser acondicionada nuevamente. Todas las áreas para examinar deberán ser limpiadas con removedor de penetrantes (limpiador *Cleaner*) y dejarlas secar por lo menos cinco minutos antes de aplicar el penetrante (12).



Figura 52. Superficies limpias

Aplicación del penetrante

La superficie por examinar será cubierta completamente con penetrante mediante el uso de un spray, una brocha o sumergiendo completamente la pieza y manteniéndola mojada por el tiempo de penetración. Si el penetrante se seca completamente antes del tiempo de penetración, la superficie bajo examen deberá ser limpiada nuevamente y el ensayo repetido (12).

La temperatura de la pieza examinada y del penetrante no deberá ser menor que 15 °C ni mayor que 50 °C. El calentamiento o enfriamiento localizado del área bajo ensayo está permitido (12).

El tiempo de penetración para los diferentes métodos y tipos de líquidos penetrantes son como mínimo 5 minutos y máximo 15 minutos (12).



Figura 53. Aplicación del penetrante

Separación del exceso de penetrante

Después de que el tiempo de penetración especificado ha expirado, todo el exceso de penetración en la superficie deberá ser removido cuidando de no remover el penetrante de las discontinuidades (12).

Penetrante lavable en agua

El exceso de penetrante soluble en agua será removido con un rociador de agua. La presión del agua no será mayor de 50 psi y su temperatura no deberá exceder de 100 °F (12).

Penetrante postemulsificante

Puesto que este tipo de penetrante no es soluble en agua, se requiere la aplicación de un emulsificador, que se combina con el penetrante superficial de forma tal que la mezcla sea lavable en agua (12).

El emulsificador será aplicado, ya sea sumergiendo la pieza en él o cubriendo la parte con una brocha o con un spray (12).

El tiempo de emulsificación se determinará experimentalmente y no deberá exceder de 5 minutos, a menos que otro tiempo hubiese sido calificado para la prueba (12).

Después de la emulsificación la mezcla podrá ser removida mediante un procedimiento similar al utilizado (12).

Si la pieza o área no puede ser completamente lavada por insuficiente emulsificación del penetrante, esta deberá ser reprocesada con un periodo más prolongado de emulsificación (12).

Penetrante removible con solvente

Para este tipo de penetrante los excesos deberán ser eliminados con un trapo o papel absorbente, repitiendo este procedimiento hasta que la mayor parte del penetrante haya sido removida. Las últimas trazas de penetrante serán removidas con un trapo o papel absorbente humedecido con solvente. Se deberá tener cuidado de no usar demasiado solvente para minimizar la posibilidad de remover el penetrante de las discontinuidades. No está permitido rociar el penetrante directamente sobre la superficie (12).

Secado

Para las técnicas de penetrante lavable en agua o postemulsificante, la superficie examinada podrá ser secada frotándola con un trapo limpio o mediante la aplicación de una corriente de aire caliente, cuidando que la temperatura en la superficie no exceda de 125 °F (12).

Para la técnica de penetrante removible con solvente, la superficie podrá ser secada por evaporación normal o aplicando aire comprimido (12).

Revelado

El revelador será aplicado tan pronto como el exceso de penetrante ha sido removido y la superficie se ha secado (12).

Se deberá aplicar en forma suficiente y en una capa uniforme, teniendo en cuenta que una capa muy fina podría no extraer el penetrante de las discontinuidades y una capa muy gruesa podría tapar las indicaciones. Con penetrante de color solamente se podrá utilizar un revelador húmedo. Con penetrante fluorescente se podrá usar revelador húmedo o seco (12).



Figura 54. Aplicación del revelador

Revelador seco

El revelador seco será aplicado únicamente sobre una superficie seca. Se puede aplicar utilizando una brocha suave, una perilla de goma, una pistola manual, una pistola de aire o cualquier otro medio que pueda proveer una superficie y uniforme capa de revelador sobre toda la superficie examinada.

Revelador húmedo

Antes de la aplicación del revelador húmedo, ese deberá agitarse para asegurar una adecuada dispersión de las partículas suspendidas en el líquido. El revelador removible con agua podrá ser aplicado tanto en superficies secas

como húmedas. Podrá ser aplicado con una brocha, spray o cualquier otro medio que provea una fina y uniforme capa de revelador sobre toda la superficie examinada. El tiempo de secado podrá ser reducido utilizando aire caliente. Cuidando que la temperatura de la superficie no alcance más de 125 °F (50 °C). El secado con trapo no está permitido.

Interpretación de los resultados

El tamaño y tipo de las discontinuidades son difíciles de evaluar si el penetrante se difunde excesivamente en el revelador. Consecuentemente, la superficie será cuidadosamente observada durante la aplicación del revelador para monitorear el comportamiento de las indicaciones. La interpretación final será hecha después de permitir al penetrante sangrar por un tiempo entre 7 minutos. Si la superficie a examinar es tan grande que la interpretación no se puede realizar en el tiempo prescrito, la superficie será examinada por partes.



Figura 55. Registro de indicaciones

Precauciones y equipos de seguridad

- Guantes impermeables resistentes a productos químicos.
- Lentes de protección
- Traje protector
- Respirador de media cara para protección de gases orgánicos

Ensayos no destructivos de partículas magnéticas

Se definen los requerimientos e instrucciones necesarias siguiendo como referencia la norma ASTM_E_709_01, para realizar la detección de fisuras u otras indicaciones, por el método de inspección de partículas magnéticas. Se aplica a los trabajos realizados por el ensayo de partículas magnéticas a materiales ferrosos, componentes y soldadura de equipos. El área de calidad y el supervisor de reparaciones son responsables de velar por el

cumplimiento y ejecución del presente instructivo. Dirigir los trabajos previos necesarios para la ejecución del ensayo por partículas magnéticas.

Equipos - materiales

- Equipo de magnetización
- Yugo magnético
- Partículas magnéticas
- Vía húmeda / vía seca



Figura 56. Equipo de magnetización

Las herramientas y materiales que se utilizan para este ensayo se almacenan a temperatura ambiente, de ser posible en su empaque original, y siempre bajo las condiciones recomendadas por el proveedor. El examen de partículas magnéticas involucra la participación del inspector de calidad certificado y el asistente de ensayos no destructivos. La persona que conduce el ensayo debe estar calificada como Nivel II en MT según ASTN-TC-1A. Los que integren la cuadrilla deben conocer el sistema de inspección por partículas magnéticas y las precauciones.

Preparación de la superficie

La superficie examinada y todas las zonas adyacentes al ensayo deberán estar secas y limpias, libres de cualquier cuerpo extraño (polvo, grasas, pelusas, etc.) que interfiera con la inspección.

La inspección se podrá realizar con escobillas manuales o circulares, podrán emplearse solventes para la remoción de grasas y aceites.

Las superficies deberán ser igualadas hasta el punto de que no se encuentren en ellas ondulaciones abruptas. Las aberturas deberán ser

protegidas con *masking* o tapones, tanto como sea requerido para evitar la entrada de partículas magnéticas.



Figura 57. Preparación de la superficie

Aplicación de las partículas magnéticas

Fuente de corriente

Para todo trabajo en general el equipo a utilizar será de corriente alterna AC – 110 V.

La corriente alterna es usada con el propósito de detectar discontinuidades finas en la superficie o cuando puede ocurrir una interferencia como resultado de la forma de un componente o parte, esto es característico en la esquina o en pequeñas soldaduras de filete en donde la penetración directa de la corriente producirá una indicación de material base.



Figura 58. Aplicación de partículas magnéticas

Equipos

El equipo para la magnetización deberá presentar una intensidad apropiada de flujo magnético que pueda detectar discontinuidades superficiales, presentes en un material ferromagnético que contengan discontinuidades conocidas. Si es necesario verificar la dirección del campo

magnético, deberá usarse un indicador de campo magnético (*pie gauge, shims, etc.*).

Deberá emplearse una de las siguientes técnicas de magnetización.

- Técnicas de puntas
- Técnicas de yugo
- El amperímetro usado en el equipo deberá ser revisado frecuentemente para evitar movimientos independientes en la medición.

Partículas magnéticas

Las partículas magnéticas pueden ser de color rojo, negro, gris o amarillo y no es más que material ferromagnético finalmente dividido y libre de óxidos, grasas o suciedad.

La inspección con partículas magnéticas no deberá ser realizada sobre la superficie o partes cuya temperatura exceda los 316 °C.



Figura 59. Registro de indicaciones

Secuencia del examen - técnicas de puntas de contacto

Antes de realizar la prueba de partículas magnéticas, se debe desconectar toda fuente de energía de máquinas o equipos capaces de generar energía electrostática, dado que esta representa riesgos para el trabajador.

Primero, las puntas a conectar deberán ser colocadas sobre o cerca de la línea central del área a ser inspeccionado. La distancia entre las puntas o contactos no deberá ser mayor de 8" y no menos de 2".

La corriente deberá ser regulada de manera que se apliquen de un mínimo de 90 a un máximo de 115 Amperios por cada pulgada de distancia entre las puntas para espesores de $\frac{3}{4}$ y menores.

Sostenga las puntas con corriente conectados sobre la superficie a inspeccionarse y aplique partículas magnéticas sobre el área de objeto de inspección.

Remueva el exceso de partículas magnéticas soplando ligeramente sobre el área mientras la corriente está fluyendo y las puntas u otros contactos se encuentran en su lugar. Para este propósito deberá usarse una pequeña jeringa de aire de mano a presión.

Apague la corriente (desconecte). Retire o remueva las puntas de contacto.

Interprete las indicaciones

Las pruebas deberán ser ejecutadas con una eficiencia necesaria como para asegurar una cobertura de 100 %.

Secuencia de la inspección con la técnica de Yoke

Este método deberá ser aplicado solamente para revelar discontinuidades superficiales o subsuperficiales de la parte a inspeccionar.

Para esta técnica deben usarse uniones electromagnéticas de corriente directa o alterna o enganches de imanes permanentes.

Reparaciones

A la parte o componente que deben ser reparados, se les debe aplicar una etiqueta de rechazado y deberá ser examinada de nuevo según la instrucción de reparación escritas.

Cuando se identifican discontinuidades de superficie, estos deberán ser removidos mediante esmerilado o trabajo de máquina y no separados por soldadura a menos de que se encuentren los siguientes requerimientos.

Que el espeso restante no se encuentre por debajo del mínimo de espesor de pared aceptable o admisible.

Que el área después de la remoción de la discontinuidad esté armonizada de manera uniforme en la superficie circundante.

Que el área sea examinada después de la uniformidad o armonización mediante el método de partículas magnéticas, para asegurarse de que la discontinuidad ha sido removida.

Desmagnetización

Cuando sea requerido de acuerdo a las especificaciones del contrato pertinente o el código, los componentes o partes deberán ser desmagnetizadas después de que toda la inspección de partículas magnéticas ha sido completada, la cantidad máxima de magnetismo residual aceptable será de +/- 3 gauss.

Limpieza final

Todas las superficies deberán ser limpiadas, de manera que el polvo de hierro sea completamente removido, después de la inspección y magnetización, cuando sea requerido se hayan completado. Todos los tapones deberán ser removidos de los agujeros y cavidades.

Precauciones de seguridad

- a. Las puntas deberán ser colocadas en contacto firmemente con la superficie antes de aplicar la corriente para evitar quemaduras del área.
- b. La corriente deberá se desconectada antes de remover las puntas para evitar arcos entre las puntas y el material a ser examinado.
- c. Previo a aplicar los productos contrastantes para realizar ensayos de partículas magnéticas secas, que estén contenidos en aerosoles se debe considerar lo siguiente:

Utilizar productos de la marca *Magna Flux* u otro con las mismas características químicas y que presente fecha de vencimiento vigente.

Utilizar traje descartable Nivel C (con nivel de protección contra productos químicos, contra electricidad estática y partículas, marcas recomendadas Lakeland, EMNC428, Microgard 2000 o similar).

La zona de trabajo debe estar libre de contacto con arco eléctrico o chispas a menos de 11 m de distancia, utilizar biombos de protección.

4.3.2.3. Reparación de chancadora tipo cono

En este proceso el componente es llevado al área de soldadura donde se empieza a soldar el desgaste o indicaciones que se registró en el informe de evaluación.

Proceso de reparación

Se realiza un blanqueado al componente de la chancadora, consiste en la eliminación por medio de desbaste para poder realizar el ensayo indicado, en ese caso la técnica de partículas magnéticas.



Figura 60. Blanqueado del componente

Después de esta etapa viene la eliminación de indicaciones y fisuras, por la técnica de partículas magnéticas.



Figura 61. Eliminación de fisuras

A continuación viene el aporte de soldadura en el desgaste indicado.



Figura 62. Aporte de soldadura

Mecanizado

Luego del aporte de soldadura el componente de la chancadora pasa al área de mecanizado para darle medidas de plano con sus respectivas tolerancias.



Figura 63. Mecanizado

También se realizan ensayos no destructivos, esta vez con la técnica de líquidos penetrantes para prever que no se encuentren indicaciones.



Figura 64. Aplicación de ensayos no destructivos posmecanizado

También se realiza control dimensional de acuerdo al plano.

Despacho

El componente se pone sobre parihuelas y es entregado al cliente.



Figura 65. Despacho

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Resultados finales

Se obtuvo un mejor desempeño, un mejor alcance en la evaluación y reparación de desgastes, fisuras y roturas en la chancadora tipo cono por medio de la correcta utilización de pruebas no destructivas tales como VT - inspección visual, PT - tintes penetrantes y MT - partículas magnéticas.

Se diseñó una metodología de trabajo, con una secuencia de etapas a seguir durante la recepción, evaluación y reparación de las chancadoras tipo cono.

Con los conocimientos dados sobre los ensayos no destructivos, se mejoró el empleo de las técnicas no destructivas en sus diferentes etapas de evaluación y reparación.

5.2. Logros alcanzados

Se realizó la reparación de la chancadora tipo cono utilizando ensayos no destructivos, para garantizar el periodo de garantía que es no menor de 9 meses, aplicando la metodología de trabajo, mejorando el desempeño de las evaluaciones y reparaciones.

Se logró reducir el tiempo de reparación de las chancadoras tipo cono mejorando su proceso y alcanzado un tiempo de trabajo de 10 meses hasta su falla.

Este proceso de mejora es gracias al seguimiento constante de las reparaciones que se hicieron anteriormente, con una cantidad de 2 chancadoras tipo cono completas y 10 componentes de estas como *head*, *bowl*, *adjustment ring*, *counterweight*, excéntrica, etc.

5.3. Dificultades encontradas

Los dueños de la empresa no optaron por el empleo de las pruebas no destructivas debido a su alto costo y por la utilización en diferentes etapas de evaluación y reparación, aumentando el costo.

La falta de equipos y herramientas de la empresa conlleva a la incorrecta evaluación y reparación de la chancadora tipo cono.

El desconocimiento de los ensayos no destructivos fue la mayor dificultad, por las constantes capacitaciones que se tuvo que realizar al personal, asumiendo un costo para la empresa.

5.4. Planteamiento de mejoras

Se mejoró la reparación de las chancadoras utilizando los métodos de ensayos no destructivos

- Capacitación continua al personal sobre las técnicas de ensayos no destructivos.
- Determinar responsables de la evaluación, reparación y seguimiento de estas actividades.
- Implementación de un área de control de calidad.
- Investigación mediante el recojo de datos, empleando diversas técnicas, suministrando una definición de la información recogida y obteniendo conclusiones sobre los datos de la investigación.

5.5. Aporte del bachiller a la empresa

Como profesional de la carrera de ingeniería mecánica e inspector de control de calidad los aportes fueron los siguientes:

- Planificación, control de los trabajos en reparación en la chancadora tipo cono, controlando temperaturas, materiales de aportación, control de medidas y la práctica de los ensayos no destructivos.

- Diseñando una metodología de trabajo y una secuencia de aplicación de ensayos no destructivos para mejorar el empleo de las técnicas, VT (inspección visual), PT (líquidos penetrantes) y MT (partículas magnéticas).
- Las capacitaciones constantes al personal sobre técnicas de ensayos no destructivos.
- Se realizó un seguimiento de las evaluaciones y reparaciones de la chancadora tipo cono, mejorando la calidad y la garantía.

CONCLUSIONES

1. En este informe se realizó la reparación de una chancadora tipo cono ubicada en el taller Minkha Metales, cumpliendo los requisitos específicos para lograr alcanzar el periodo de garantía ofrecido por la empresa que son 9 meses, esta reparación se realizó con las técnicas de ensayos no destructivos de inspección visual, partículas magnéticas y tintes penetrantes en sus diferentes etapas.
2. El informe realizado determina la secuencia a seguir en la reparación de una chancadora tipo cono, una evaluación correcta de desgastes y la eliminación de fisuras, a través de ensayos no destructivos, así mismo, conocer sus partes, características y funcionamiento del equipo.
3. El adecuado control de los procesos, etapas y secuencias son parte de la metodología presente en el informe, esto permite el cumplimiento de los trabajos con calidad y seguridad, respetando el cronograma de actividades establecidas para la reparación de la chancadora tipo cono, con ello se evidencia la disminución de costos en materiales como horas hombre.
4. El adecuado llenado de los formatos de control de calidad evidencia la aplicación correcta de los ensayos no destructivos en sus diferentes etapas como evaluación, reparación y mecanizado final, cumpliendo con los requisitos y especificaciones presentes en las normas.
5. Mantener los informes técnicos al día, reportes diarios de avance en la reparación de las chancadoras tipo cono, esto dio un mayor control en la entrega de los equipos al cliente, es importante porque se da más confianza, calidad y garantía.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda diseñar y dar a conocer un correcto procedimiento de trabajo, determinando el uso correcto de las herramientas y equipos, conociendo las características de cada uno y saber la función principal para la que fueron diseñados.
2. Se recomienda a la empresa, dar a los trabajadores cursos específicos y capacitaciones en temas técnicos de la especialidad, para lograr ser más competitivos con las demás empresas que se dedican a la reparación de chancadoras tipo cono.
3. Reportes diarios de trabajo, avances de trabajo, control de personal, control de equipos y herramientas, garantizan un mejor seguimiento y mejora la calidad en la reparación de la chancadora tipo cono.
4. Se recomienda llevar cursos de ensayos no destructivos, como inspección visual, líquidos penetrantes y partículas magnéticas.

LISTA DE REFERENCIAS

1. **Metso: Outotec.** *Chancadora tipo cono*. [En línea] Mogroup, 2022. [Citado el: 2 de agosto de 2021.] <https://www.mogroup.com/es/productos-y-servicios/plantas-y-equipos-de-capital/chancadores/chancadores-de-cono/>.
2. **CAHUANTICO YUCRA, José Antonio.** *Evaluación y mantenimiento de una chancadora de mandíbulas de 10 x 16 modelo Denver*. [En línea] Peru:repositoriounsa, 2019. [Citado el: 3 de Agosto de 2021.] <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/11721/1/Mccyuja.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
3. **METSO.** *Molinos de cono*. [En línea] MANUALES/HP/HP_Spanish.pdf, 11 de 2016. [Citado el: 10 de 8 de 2021.] https://www.matra.co.cr/content/wp-content/uploads/2016/11/HP_Spanish2.pdf.
4. **DAINORIZ, Gauna y otros.** *Ensayos no destructivos*. [En línea] Ingeniería de gas, Venezuela:2012. [Citado el: 8 de agosto de 2021.] <https://chirinosilvaroger.files.wordpress.com/2012/05/trabajo-de-ensayos-no-destructivos.pdf>.
5. **CARRION, Francisco y otros.** *La evaluación no destructiva de materiales estructurales y puentes*. [En línea] México:2003. [Citado el: 8 de agosto de 2021.] <https://www.imt.mx/archivos/publicaciones/publicaciontecnica/pt231.pdf>.
6. **MUNGUÍA, Orlando.** *Inspección en soldadura*. [En línea] Discontinuidades en soldadura, Montevideo:2012. https://www.academia.edu/26454564/Discontinuidades_en_soldadura.
7. **PONCE, Jaime.** *Inspección visual niveles I y II*. [En línea] academia.edu, 28 de 9 de 2006. https://www.academia.edu/16541538/MANUAL_DE_INSP_VISUAL.
8. **CANO, Mauricio.** *Elaboración de la documentación para la certificación de personal en el ensayo no destructivo de líquidos penetrantes con base en las normas ISO 17024 y ASNT CP 189-2001*. [En línea] repositorio.utp.edu, Colombia:2007. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/1df38cf0-2a5e-4f3f-ac51-47b1e9c3134a/content>
9. **Fundación Confemetal.** *Generalidades, objetivos y principios de los ensayos por líquidos penetrantes*. [En línea] setiembre de 2020. https://fundacionconfemetal.com/wp-content/uploads/2020/09/L_liquididos_penetrantes_P_ginas.pdf.
10. **ECHEVARRÍA, Ricardo.** *Exámen por líquidos penetrantes ASTM E165-02*. [En línea] Academia.edu, Peru:2003. https://www.academia.edu/21750293/LIQUIDOS_PENETRANTES.
11. **MARTINEZ, Alejandro; ORTEGA, Ricardo.** *Ciencias.uchile*. [En línea] 29 de noviembre de 2006. <http://zeth.ciencias.uchile.cl/~amartinez/2006/seminario/2.pdf>.
12. **RUÍZ, Jesús.** *Exámen de líquidos penetrantes ASTM 165-02*. [En línea] academia.edu, Perú:1998. [Citado el: 1 de setiembre de 2021.] https://www.academia.edu/36040288/EL_EXAMEN_POR_LIQUIDOS_PENETRANTES_AST

M_E_165_02_APOYO_A_LA_UNIDAD_DE_INGENIERIA_DE_SOLDADURA_TRADUCCI%C3%93N_LIBRE_CON_FINES_ESTRICAMENTE_ACAD%C3%89MICOS_Y_REFERENCIALES_GEN D_PUCP_GRUPO_DE_ENSAYOS_NO_DESTRUCTIVOS.

13. **RUIZ, Jesús.** *Exámen por partículas magnéticas ASTM E 709-01.* [En línea] scribd.com, Peru:2001. <https://es.scribd.com/document/343617834/Astm-e-Espanol-709-01>.
14. **METSO.** *Matra.* [En línea] 11 de 2016. https://www.matra.co.cr/content/wp-content/uploads/2016/11/HP_Spanish2.pdf.
15. **Procesaminerales.** *Procesamiento de minerales.* [En línea] procesaminerales.blogspot, 2010. [Citado el: 7 de agosto de 2021.] <http://procesaminerales.blogspot.com/2012/08/chancadora-de-cono.html>.

ANEXOS

Anexo 1

Iperc continuo

IPERC CONTINUO		COD: HSE - MM - F-002								
		VERSIÓN: 00								
		FECHA REV.: 02/01/2020								
DATOS GENERALES										
IDENTIFICACIÓN DE LA TAREA:	SUPERVISOR A CARGO:	ÁREA:								
UBICACIÓN DE LA TAREA:	RESPONSABLE DEL EQUIPO DE TRABAJO:	FECHA:								
PROCEDIMIENTO DE TRABAJO (POE): EN CASO QUE EL PTE NO CONCIERDE CON EL TRABAJO A EJECUTAR, SE DEBE DETENER LA ACTIVIDAD Y DESARROLLAR UN ATS CON TODOS LOS INVOLUCRADOS										
¿EXISTE UN PROCEDIMIENTO (POE) PARA LA TAREA Y ESTÁ DISPONIBLE EN EL LUGAR DE TRABAJO?	SI NO	SI NO EXISTE POE Y LA TAREA NO ES RUTINARIA, SE DEBE DESARROLLAR UN ATS								
¿EL PROCEDIMIENTO O ATS HA SIDO REVISADO ANTES DE INICIAR LA TAREA?	SI NO	EL SUPERVISOR DEBE ASEGURAR QUE TODO SU PERSONAL CONOZCA EL POE O ATS								
¿SE TIENE LA SUFICIENTE CANTIDAD DE RECURSOS (PERSONAL, HERRAMIENTAS, EQUIPOS, ETC.)?	SI NO	EL SUPERVISOR DEBE ASEGURAR TODOS LOS RECURSOS NECESARIOS PARA LA EJECUCIÓN DE LA TAREA								
ESTADISTAS MÍNIMAS: ASEGURAR QUE TODOS LOS CONTROLES CRÍTICOS ESTÉN IMPLEMENTADOS DE MANERA EFECTIVA ANTES DE REALIZAR UNA TAREA QUE INVOLUCRE UN ESTADISTAS MÍNIMO										
SERIAL	PELIGRO	RIESGO	CS	M	TS	MEASURAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR (NOTAS Y COMENTARIOS)	CS	M	TS	VERIFICACION (FIRMA DEL SUPERVISOR)
	Trabajo en ESPACIOS CONFINADOS	Asfixia Ataque cardíaco Atrofia por gases tóxicos Caída de carga suspendida								
	Operación de equipos de IZAJE / cargas suspendidas / MÉTODOS DE ELEVACIÓN	Contacto con líneas eléctricas Golpes con equipos móviles y fijos Apilamientos								
	Trabajo en ALTURA (> 1.8 metros) o a distinto nivel (> 1 metro) Arteses en pozos, barridos o paredes (pozo todo)	Caídas a distinto nivel Caída de objetos y/o materiales								
	Trabajo en CALIENTE	Quemaduras Incendios								
	Operación de EQUIPOS MÓVILES (grúas y similares)	Atropellos Contacto con equipos móviles y fijos								
	Trabajos con equipos / circuitos ENERGIZADOS	Atropello Contacto con fuentes de energía (eléctrica, química, etc.)								
	Trabajos próximos a los equipos / maquinaria con PARTES EN MOVIMIENTO	Atropello Golpes en distintas partes del cuerpo Quemaduras por contacto								
	Transporte, almacenamiento y uso de PRODUCTOS QUÍMICOS	Incendios / explosión Intoxicación / asfixia / asfalia Derrames								
	Trabajos con fluidos a ALTA PRESIÓN o ALTA BAJA TEMPERATURA	Golpes en distintas partes del cuerpo Quemaduras Proyección de partículas o fragmentos								
	Trabajos con HERRAMIENTAS, INSTRUMENTOS Y EQUIPOS (motores, neumáticos, hidráulicos, etc.)	Golpes en distintas partes del cuerpo Proyección de partículas Caída de objetos a distinto nivel Electrocución Atropello								

OTROS PELIGROS Y RIESGOS DE LA TAREA Y DEL ENTORNO DE TRABAJO												
SERIAL	PELIGRO	RIESGO	CS	M	TS	MEASURAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR (NOTAS Y COMENTARIOS)	CS	M	TS	VERIFICACION (FIRMA DEL SUPERVISOR)		
	FATIGA Y SORNOLENCIA	Lesiones a distintas partes del cuerpo Daños a la propiedad y equipos										
	SORPRESAS FUERTES Y POSTURAS DISERGONÓMICAS	Trastornos músculo esqueléticos (lumbalgia, esguinces, torceduras, etc.)										
	FACTORES FÍSICOS: ruido, iluminación, vibración, radiación, temperatura	Hipocausia, ceguera, trastornos músculo esqueléticos, irritaciones, quemaduras, etc.										
	FACTORES QUÍMICOS: polvos, gases, vapores, neblinas, humos	Asfalia, neumoconiosis, silicosis, asbestosis, irritaciones (mucoas, ojos, piel, etc.)										
	FACTORES CLIMÁTICOS: tormentas eléctricas, temperatura ambiental extrema (calor o frío)	Muerte, electrocución, sofocación, congelamiento, infecciones respiratorias, etc.										
	ACCESOS Y SUPERFICIES DE TRABAJO CON OBSTÁCULOS (cables, tuberías, mangueras, materiales, piedras, agua, etc.)	Lesiones a distintas partes del cuerpo										
	SUPERFICIES CON TEMPERATURAS EXTREMAS, CORTANTES	Lesiones a distintas partes del cuerpo, quemaduras.										
	Otro:	Otro:										
PUNTOS DE BLOQUEO PARA LA TAREA (ESPECIFICAR LOS TAGS, CIRCUITO / LÍNEA QUE AISLA Y UBICACIÓN FÍSICA)												
						MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS						
						PROBABILIDAD DE QUE EL RIESGO SE MATERIALICE	5	Riesgo Moderado	Riesgo Significativo	Riesgo Significativo	Riesgo Considerable	Riesgo Intolerable
							4	Riesgo Tolerable	Riesgo Moderado	Riesgo Significativo	Riesgo Significativo	Riesgo Considerable
							3	Riesgo Tolerable	Riesgo Moderado	Riesgo Moderado	Riesgo Significativo	Riesgo Significativo
							2	Riesgo Insignificante	Riesgo Tolerable	Riesgo Moderado	Riesgo Moderado	Riesgo Significativo
1	Riesgo Insignificante	Riesgo Insignificante	Riesgo Tolerable	Riesgo Tolerable	Riesgo Moderado							
						Menor	Leve	Considerable	Grave	Muy Grave		
SEVERIDAD POTENCIAL DE LAS CONSECUENCIAS												
TODOS LOS INTEGRANTES DEL EQUIPO DEBE ESTAR DE ACUERDO CON LA IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS Y FIRMAR EN SEÑAL DE CONFORMIDAD. SI ALGUNO DE LOS INTEGRANTES NO ESTÁ DE ACUERDO, NO DEBE PARTICIPAR DEL TRABAJO. TODOS LOS INTEGRANTES DEL EQUIPO SE COMPROMETEN A DETENER LA ACTIVIDAD SI CONSIDERAN QUE LAS CONDICIONES EVALUADAS CAMBIAN O LOS CONTROLES NO SE CUMPLEN ADECUADAMENTE DE MANERA EFECTIVA.												
NOMBRES Y APELLIDOS		DNI	FIRMA	NOMBRES Y APELLIDOS		DNI	FIRMA					

Anexo 2

Permiso de trabajo seguro

	Permiso de Trabajo Seguro		Cód:	HSE – MM – F - 003
			Versión:	00
			Fecha rev.:	03 / 01 / 2020
I. INFORMACIÓN GENERAL				
Empresa				
Responsable / líder del trabajo				
	Nombre	Cargo	Firma	
Supervisor del trabajo cliente / Contratista				
	Nombre	Cargo	Firma	
Administrador de contrato (solo contratistas)				
	Nombre	Cargo	Firma	
Descripción del trabajo				N.º O/T u O/S
Superintendencia responsable de ejecutar los trabajos		Fecha de inicio	Fecha de término	
Lugar exacto donde se desarrolla el trabajo				
II. Selección de trabajos críticos Para completar correctamente esta sección consulte con el numeral 4 del procedimiento para permiso general de trabajo seguro: actividades críticas				
1. La actividad incluye trabajos en caliente	Sí	No		
2. Se necesita interrumpir temporalmente un sistema contra incendios	Sí	No		
3. La actividad requiere el ingreso a espacios confinados	Sí	No		
4. La actividad incluye trabajos en altura	Sí	No		
5. La actividad incluye izajes críticos	Sí	No		
6. La actividad requiere excavaciones (ver procedimiento de excavaciones del área de proyectos e ingeniería)	Sí	No		
III. Procedimiento de operación estándar y permisos de trabajo para actividades críticas excepto las excavaciones e interrupciones temporales de sistemas contra incendios, que requieren siempre de un permiso de trabajo, para las demás actividades identificadas como críticas en la sección II, deberá hacerse las siguientes preguntas:				
1. Existe un procedimiento de operación estándar (POE) debidamente aprobado por la gerencia del área	Sí	No		
2. En el POE se identifican los riesgos asociados a la actividad, así como las medidas de control respectivas	Sí	No		
3. El personal que ejecutará el trabajo conoce el POE	Sí	No		
4. El personal que ejecutará el trabajo ha sido entrenado para realizarlo	Sí	No		
5. Adicionalmente se ha completado el análisis de riesgo operacional (ATS) en presencia del responsable del trabajo	Sí	No		

Si todas las respuestas son positivas puede iniciar el trabajo, sino, deberá completar los formatos por cada actividad crítica identificada en la sección II y adjuntarlos al presente formato. Se deberá adicionar también el análisis de trabajo seguro – ATS desarrollado por cada integrante del equipo de trabajo que realice la tarea.			
Autoriza la ejecución Conoce las actividades a realizarse así como los riesgos que implica. De igual forma, está seguro de que el personal que lo ejecuta conoce el procedimiento y los riesgos asociados.			
	Nombre	Cargo	Firma

IV. Autorización del responsable del área o equipo El supervisor responsable del área o equipo toma conocimiento y autoriza al responsable del trabajo para la realización del trabajo en el área o equipo bajo su responsabilidad.					
Fecha	Hora de inicio	Hora de término	Nombre	Cargo	Firma
V. Cierre del permiso					
Anticipado (Ante incumplimiento de estándares, procedimientos o realizar prácticas que comprometan la seguridad)					
Responsable del cierre					
	Nombre			Cargo	Firma
Motivo					Fecha
Por término del trabajo					
Responsable del cierre					
	Persona que autorizó la ejecución			Cargo	Firma
Observaciones					Fecha

Anexo 3

Permiso de trabajo en caliente

	Permiso de trabajo en caliente	CÓD:	HSE – MM – F - 004		
		Versión:	00		
		Revisión:	15 / 04 / 2019		
I. Información general					
Responsable del trabajo					
Descripción del trabajo					
Lugar donde se realizará el trabajo					
Fecha					
Hora de inicio					
Hora de culminación					
II. Requerimiento de observador de fuego (NFPA 51B)					
Existen materiales combustibles en las instalaciones a menos de 10 metros de distancia del lugar exacto de la operación		☐	☐	☐	☐
Existen combustibles a más de 10 metros de distancia del lugar exacto del trabajo, pero podrían encenderse fácilmente		☐	☐	☐	☐
Existe material combustible adyacente, al otro lado de biombos, techos o coberturas metálicas que pueden encenderse por conducción o radiación		☐	☐	☐	☐
Si alguna de las respuestas es positiva, se necesitará un observador contra incendios					
Nombre del observador contra incendios		Fecha	Hora	Firma	
III. Sistemas contra incendio (NFPA 51B)					
Si existen rociadores de agua contra incendio, estos deberán estar operativos		☐	☐	☐	☐
El sistema de alarma contraincendios está operativo		☐	☐	☐	☐
Se encuentran los extintores de incendio cercanos al punto de trabajo accesibles y en condiciones de uso		☐	☐	☐	☐
Si la respuesta anterior es no, se debe haber instalado en el área y por el tiempo que dure el trabajo, una dotación de extintores suficiente para enfrentar una situación de incendio		☐	☐	☐	☐
Nota: si se necesita cortar o deshabilitar un sistema contra incendio que podría activarse por el trabajo, se deberá completar el formato de suspensión temporal de sistemas contra incendio					
IV. Precauciones para trabajos en caliente (NFPA 51B)					
Los pisos están limpios de combustibles por lo menos a 10 metros del área de trabajo		☐	☐	☐	☐
Los pisos con residuos de combustible luego de ser barridos han sido cubiertos por arena húmeda, planchas de metal u otros materiales que sirvan como aislante de chispas o material incandescente		☐	☐	☐	☐
Material combustible fijo en el área ha sido cubierto por mantas ignífugas, guardas contra fuego u otro material que sirva como aislante del fuego		☐	☐	☐	☐
Materiales combustibles e inflamables han sido removidos del lugar		☐	☐	☐	☐
El área debajo del lugar del trabajo se encuentra protegido contra caída de chispas o material incandescente		☐	☐	☐	☐

Las fajas transportadoras debajo del punto de trabajo se encuentran protegidas contra caída de chispas o material incandescente	☐	☐	☐
	Sí	No	NA
El equipo de corte o soldadura se encuentra en buenas condiciones de operación	☐	☐	☐
	Sí	No	NA
El ambiente presenta una atmósfera explosiva	☐	☐	☐
	Sí	No	NA

V. Precauciones en áreas de almacenamiento de combustibles o alrededor de líquidos inflamables o gases explosivos (NFPA 51B)			
Afecta este trabajo a cañerías o estanques de almacenamiento	☐	☐	☐
	Sí	No	NA
Requiere la cañería o el tanque una purga de gases inertes, contenidos inflamables, contenidos susceptibles de inflamarse en presencia de llamas o fuentes de calor	☐	☐	☐
	Sí	No	NA
Están todas las cañerías debidamente vaciadas, limpias y enjuagadas y las válvulas cerradas si fuera pertinente	☐	☐	☐
	Sí	No	NA
Se ha revisado el área y se encuentra libre de filtraciones	☐	☐	☐
	Sí	No	NA
Han sido purgados los contenedores o cañerías de vapores inflamables	☐	☐	☐
	Sí	No	NA
VII. Enumerar otras precauciones que se consideren pertinentes			
VI. Verificación final (NFPA 51B)			
El área de trabajo y todas las áreas adyacentes donde hayan caído chispas o donde haya llegado calor por conducción o radiación (incluido suelos sobre o debajo o en lados opuestos a los muros) se deben inspeccionar 30 y 60 minutos después de haber terminado el trabajo y se verificó que era segura, informando al supervisor responsable del área			
Nombre del responsable de la verificación final	Fecha	Hora	Firma

Anexo 4

Permiso de espacio confinado

	Permiso de trabajo en espacios confinados	Cód:	HSE – MM – F - 005						
		Versión:	00						
		Revisión:	15 / 04 / 2019						
I. Información general									
Responsable del trabajo									
Descripción del trabajo									
Lugar donde se desarrollara el trabajo									
Fecha									
Hora de inicio									
Hora de culminación									
II. Evaluación del espacio confinado – un espacio confinado se define como tal si cumple una o más de las siguientes características									
No está diseñado para ser ocupado en forma continua por una o varias personas									
Cuenta con entradas y salidas limitadas									
Es lo suficientemente grande para que ingrese un trabajador y desempeñe una tarea asignada									
Dispone de ventilación natural limitada o pobre									
Existe riesgo de sofocación o intoxicación por presencia de gases									
III. ¿El ambiente de trabajo requiere de una evaluación de la atmósfera? Si la respuesta es afirmativa, verifique los siguiente valores:									
Oxígeno (O ₂): entre 19.5% y 22.5%	Valor actual	Requiere monitoreo cada:	1 h	2 h	3 h	4 h	NA		
Monóxido de carbono (CO): no mayor a 25 ppm	Valor actual	Requiere monitoreo cada:	1 h	2 h	3 h	4 h	NA		
H ₂ S: no mayor a 10 ppm	Valor actual	Requiere monitoreo cada:	1 h	2 h	3 h	4 h	NA		
Explosividad: menor al 10 % del LEL	Valor actual	Requiere monitoreo cada:	1 h	2 h	3 h	4 h	NA		
Cianuro de hidrógeno (HCN): no mayor a 4.7 ppm	Valor actual	Requiere monitoreo cada:	1 h	2 h	3 h	4 h	NA		
Nombre del evaluador del vigía	Fecha	Hora			Firma				
III. Requerimientos preoperacionales									
Se ha asegurado que todos los equipos / líneas de alimentación y salida del espacio confinado han sido detenidos y bloqueados							Sí	No	NA
El espacio confinado se encuentra libre de cualquier material peligroso para los trabajadores							Sí	No	NA

Se han purgado y aislado todas las líneas de alimentación al espacio confinado	Sí	No	NA							
Se ha ventilado el espacio confinado	Sí	No	NA							
Se ha esperado un tiempo prudencial para que el espacio confinado se encuentre en la temperatura adecuada para el ingreso del personal	Sí	No	NA							
Se ha lavado y enjuagado el espacio confinado para eliminar restos de materiales peligrosos, inflamables o explosivos	Sí	No	NA							
Se ha señalado el lugar con advertencia de ingreso solo a personal autorizado	Sí	No	NA							
Se ha comunicado al servicio de Emergencias sobre el trabajo a realizar	Sí	No	NA							
Se han leído, entendido y comunicado todas las recomendaciones del MSDS del material contenido en el espacio confinado	Sí	No	NA							
El personal que ingresa al espacio confinado está entrenado acerca del procedimiento y los riesgos asociados	Sí	No	NA							
Se cuenta con un vigía a tiempo completo en la zona de trabajo entrenado y con medios de comunicación operativos	Sí	No	NA							
Se ha identificado en el ARO el EPP y la ropa de protección necesaria y estos se encuentran en buen estado	Sí	No	NA							
Se ha colocado un equipo de extracción o ventilación en el espacio confinado	Sí	No	NA							
Se utilizará equipo de respiración autónomo y ha sido previamente inspeccionado	Sí	No	NA							
V. Seguimiento de monitoreos del espacio confinado (según lo establecido en la sección II del presente formato)										
Contaminante	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Oxígeno (O ₂): entre 19.5 % y 22.5 %										
Monóxido de carbono (CO): no mayor a 25 ppm										
H ₂ S: no mayor a 10 ppm										
Explosividad: no mayor a 10 % del LEL										
Cianuro de hidrógeno (HCN): no mayor a 4.7 ppm										
Otros: _____										
VI. Enumerar otras precauciones que se consideren pertinentes										
Verificar el Estándar para Trabajo en Espacios Confinados										
Verificar el Estándar para Control de Energía Peligrosa (sistema <i>lock out</i>)										
Verificar el Procedimiento para Uso de Detector de Gases										

Anexo 5
Permiso trabajo en altura

	Permiso de trabajo en altura	Cód:	HSE – MM – F - 006
		Versión:	00
		Fecha rev.:	03 / 01 / 2020
I. Información general			
Responsable del trabajo			
Descripción del trabajo			
Lugar donde se realizará el trabajo			
Fecha			
Hora de inicio			
Hora de culminación			
II. Evaluación preoperacional			
El personal involucrado cuenta con un arnés de seguridad certificado, que esté en buenas condiciones de uso		Sí	NA
El área donde se realizará el trabajo está señalizada		Sí	NA
El equipo utilizado para el trabajo en altura está operativo y se encuentra libre de daños y de materiales extraños que puedan producir la caída del personal		Sí	NA
Las herramientas utilizadas en el trabajo en altura están aseguradas de tal forma de evitar que estas caigan		Sí	NA
El personal que realizará el trabajo ha sido entrenado en los riesgos que conlleva el trabajo en altura, el uso de los EPP, etc.		Sí	NA
Se cuenta con arnés de seguridad aprobado y en buenas condiciones para cada uno de los trabajadores que realizarán el trabajo en altura		Sí	NA
Los trabajadores que realizarán trabajos a una altura igual o superior a 1.8 m. cuentan con los exámenes médicos que requiere el D.S. 055-2010-EM		Sí	NA
III. Requerimientos operacionales – andamios y plataformas de trabajo			
El andamio es normado / certificado y es capaz de soportar una carga igual o superior a cuatro veces la carga máxima proyectada (existe respaldo técnico que lo acredite)		Sí	NA
Los andamios se encuentran nivelados (vertical y horizontalmente)		Sí	NA
La base del andamio se encuentra estable y nivelada (bases ajustables o planchas de madera de 2.5 cm x 30 cm x 30 cm).		Sí	NA
Los andamios móviles cuentan con mecanismos de frenos en las ruedas en buenas condiciones y activados durante su uso		Sí	NA
Los medios de ascenso y descenso hacia la plataforma de trabajo ¿son adecuados? Verificar escaleras internas, descansos o escaleras externas debidamente aseguradas		Sí	NA
Los andamios se encuentran arriostrados mediante crucetas o diagonales, que no son utilizadas como escaleras de acceso		Sí	NA
La parte baja del andamio ha sido señalizada para evitar personal en tránsito que pueda ser afectado por caída de herramientas o materiales		Sí	NA
Las plataformas de trabajo son completamente cubiertas, sin espacios a través de los cuales puedan caer las herramientas o fragmentos de material		Sí	NA
Las plataformas de trabajo cuentan con una baranda de protección de una altura entre 1.05 y 1.10 m y con barra intermedia a 0.55 m capaz de soportar 90 kg en cualquier punto de la baranda superior		Sí	NA
Se cuentan con rodapiés adecuados, de no menos de 10 cm (4") de alto		Sí	NA

Los componentes de la plataforma no sobresalen más de 30 cm (12") o menos de 20 cm (8") de la distancia entre los soportes y están debidamente asegurados al cuerpo del andamio para impedir su desplazamiento	Sí	NA
--	----	----

Las plataformas de trabajo de madera cuentan al menos con tres tablonos de un grosor no menor de 4 cm (1 ½") y un ancho mínimo de 30 cm (12") cada uno	Sí	NA
Los andamios que exceden los tres cuerpos de altura deben ser levantados por personal debidamente capacitado de acuerdo con las especificaciones del fabricante	Sí	NA
Se deberá especificar claramente la carga máxima que puede soportar el andamio que va a levantarse, así como la altura máxima (número de cuerpos) que puede tener	Sí	NA
¿El andamio se encuentra correctamente sujeto a una estructura adyacente? • Usar cuatro vientos sujetos al piso utilizando cáncamos con ojal o en estructuras fijas cada tres cuerpos armados • En intervalos horizontales, deberán instalarse vientos cada 9 m como máximo • En caso el andamio se encuentre adyacente a una estructura fija que impida su volteo, será suficiente dos puntos de anclaje andamio – estructura	Sí	NA
III. Requerimientos operacionales – escaleras		
Cuenta con peldaños y puntos de apoyo (zapatas) antideslizantes	Sí	NA
Los largueros, peldaños y zapatas de la escalera se encuentran limpias de todo material deslizante y no presentan rajaduras, abolladuras o daños	Sí	NA
La superficie donde se apoya la escalera está sobre una base firme y nivelada	Sí	NA
El extremo superior de la escalera sobresale 1.00 m de altura del punto de apoyo o existe una estructura en el nivel superior de la escalera que permita sujetarse a la persona que asciende	Sí	NA
La escalera se encuentra debidamente asegurada en el punto de apoyo superior para prevenir que resbale o cuenta con un ayudante que las sujete firmemente desde la parte inferior durante el transcurso del trabajo	Sí	NA
La distancia de separación de la base de la escalera con respecto al muro donde se apoya mantiene el factor 4:1. (75° de inclinación con respecto al suelo)	Sí	NA
La altura máxima de la escalera portátil no excede los 5 m	Sí	NA
Las “escaleras plegables” son utilizadas con el número de peldaños de intersección recomendados por el fabricante según su extensión nominal	Sí	NA
La sección superior de la “escalera plegable” no se usa por separado	Sí	NA
Las “escaleras de tijera” disponen de dispositivos de control de apertura, central y en el extremo superior	Sí	NA
Los largueros de las escaleras de mano utilizadas para “trabajos eléctricos” están contruidos de material no conductor	Sí	NA
Se utilizan los tres puntos de apoyo para subir/bajar de la escalera. Se hace de frente hacia ella y no se sube más allá del penúltimo o último peldaño	Sí	NA
III. Requerimientos adicionales		
Los andamios, escaleras, protección contra caídas y demarcación de las áreas deben cumplir con lo establecido en los estándares internos de Minkha Metales S. A.		

Anexo 6
Análisis de trabajo seguro

	SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO			CÓD:	HSE - MM - F - 012
	ANÁLISIS DE TRABAJO SEGURO (ATS)			VERSIÓN:	01
				FECHA REV.:	27/02/2020
NOMBRE DE LA TAREA Ó TRABAJO:					
PERSONAL EJECUTOR:		FIRMAS:	EQUIPOS Y HERRAMIENTAS:	EPP:	
1.-					
2.-					
3.-					
4.-					
5.-					
PASOS DE LA TAREA	PELIGROS	RIESGOS POTENCIALES	MEDIDAS PREVENTIVAS	RESPONSABLE	
1.-					
2.-					
3.-					
4.-					
5.-					
6.-					
Supervisor del Trabajo:			Aprobación del Gerente del Área:		
Fecha:			Fecha:		