



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

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

---

**“EVALUACIÓN DE LA DETECTABILIDAD DE DISCONTINUIDADES EN  
SOLDADURA AL VARIAR EL AGENTE LIMPIADOR EN EL ENSAYO DE  
TINTAS PENETRANTES TIPO II.”**

---

**AUTOR: Christian Alexander Arcos Aguilar.**

**TUTOR: Ing. Mg. Jorge Enrique López Velástegui.**

**AMBATO - ECUADOR**

**Septiembre – 2022**

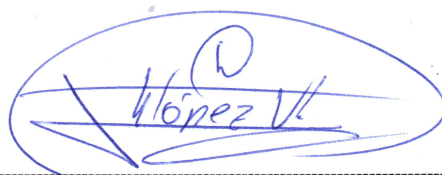
## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“EVALUACIÓN DE LA DETECTABILIDAD DE DISCONTINUIDADES EN SOLDADURA AL VARIAR EL AGENTE LIMPIADOR EN EL ENSAYO DE TINTAS PENETRANTES TIPO II”**, elaborado por el Sr. **Christian Alexander Arcos Aguilar**, portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 1804988317, estudiante de la Carrera de Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, septiembre 2022



---

**Ing. Mg. Jorge Enrique López Velástegui**

**TUTOR**

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

Yo, **Christian Alexander Arcos Aguilar**, con C.I. 1804988317 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema **“EVALUACIÓN DE LA DETECTABILIDAD DE DISCONTINUIDADES EN SOLDADURA AL VARIAR EL AGENTE LIMPIADOR EN EL ENSAYO DE TINTAS PENETRANTES TIPO II”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, septiembre 2022



---

**Christian Alexander Arcos Aguilar**

**C.I. 1804988317**

**AUTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

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

Ambato, septiembre 2022



---

**Christian Alexander Arcos Aguilar**

**C.I. 1804988317**

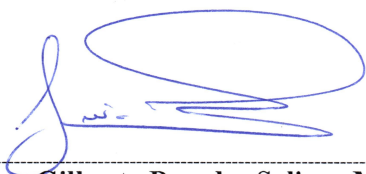
**AUTOR**

## APROBACIÓN DE TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Christian Alexander Arcos Aguilar de la Carrera de Mecánica bajo el tema: **“EVALUACIÓN DE LA DETECTABILIDAD DE DISCONTINUIDADES EN SOLDADURA AL VARIAR EL AGENTE LIMPIADOR EN EL ENSAYO DE TINTAS PENETRANTES TIPO II”**.

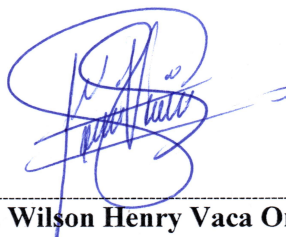
Ambato, septiembre 2022

Para constancia firman:



Ing. Juan Gilberto Paredes Salinas Mg.

**MIEMBRO CALIFICADOR**



Ing. Wilson Henry Vaca Ortega Mg.

**MIEMBRO CALIFICADOR**

## **DEDICATORIA**

Resaltando el apoyo incondicional y afecto recibido de todas aquellas personas significativas en mi vida, mismas que me han otorgado inspiración y aliento para conquistar una meta académica más, se generan en mí, sentimientos de gratitud, satisfacción y embeleso, al poder dedicar el presente trabajo experimental a mis padres: Cristina y Giovanni, pilares eminentes en mi desarrollo personal; a mis hermanos, actores influyentes de determinación e inteligencia: Giovanni y Jonathan; naturalmente esto fue posible gracias a todos ustedes, mi familia.

**Christian Arcos Aguilar**

## **AGRADECIMIENTO**

Resulta gratificante para mí, expresar mis más sinceros agradecimientos a: Ing. Jorge López, tutor de este trabajo experimental por el continuo interés y ayuda vertida en el transcurso de este. A todos mis docentes, mismos que fueron capaces de proyectar su experiencia a través de sus enseñanzas y finalmente, a la Universidad Técnica de Ambato por brindarme una excelente formación en valores y conocimiento.

**Christian Arcos Aguilar**

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR .....	iv
APROBACIÓN DE TRIBUNAL DE GRADO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xv
ÍNDICE DE TABLAS .....	xvi
RESUMEN EJECUTIVO.....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
CAPÍTULO I .....	1
MARCO TEÓRICO .....	1
1.1. Antecedentes Investigativos .....	1
1.2. Objetivos .....	3
1.2.1. Objetivo General .....	3
1.2.2. Objetivos Específicos .....	3
1.3. Hipótesis.....	5
1.3.1. Variable independiente .....	5
1.3.2. Variable dependiente .....	5
1.4. Justificación .....	5
1.5. Planteamiento del problema.....	6
1.6. Fundamentación teórica .....	7
1.6.1. Ensayos no destructivos .....	7
1.6.1.1. Definición .....	7
1.6.1.2. Necesidades y aplicaciones de los END .....	8
1.6.1.3. Beneficios de los END .....	9
1.6.1.4. Procedimiento general de los END .....	9
1.6.1.5. Tipos de END .....	10
1.6.2. Inspección de líquidos penetrantes.....	10
1.6.2.1. Historia .....	10
1.6.2.2. Principio del método de líquido penetrante.....	11
1.6.2.3. Tipos de líquidos penetrantes .....	13
1.6.2.3.1. Tintes penetrantes líquidos .....	13



1.6.2.3.2.	Penetrantes Fluorescentes .....	13
1.6.2.4.	Técnica de inspección .....	14
1.6.2.4.1.	Limpieza de la superficie .....	14
1.6.2.4.2.	Aplicación de penetrante en la superficie .....	14
1.6.2.4.3.	Eliminación del exceso de penetrante .....	15
1.6.2.4.4.	Aplicación del revelador .....	15
1.6.2.4.5.	Interpretación de la indicación es obtenidas .....	16
1.6.2.5.	Kits de inspección de líquidos penetrantes disponibles comercialmente.....	16
1.6.2.6.	Aplicaciones industriales .....	16
1.6.2.7.	Precauciones y limitaciones.....	17
1.6.2.7.1.	Precauciones .....	17
1.6.2.7.2.	Limitaciones .....	18
1.6.2.8.	Indicaciones asociadas a la aplicación del método e interpretaciones .....	18
1.6.2.9.	Normas ASTM para pruebas no destructivas por tintas penetrantes .....	19
1.6.3.	Ensayos no destructivos por líquidos penetrantes visibles .....	20
1.6.3.1.	Consideraciones generales .....	20
1.6.3.2.	Principios físicos .....	21
1.6.3.3.	Definición de tintas penetrantes visibles.....	22
1.6.3.4.	Equipo para el procedimiento .....	22
1.6.3.5.	Procedimiento para el ensayo .....	22
1.6.3.5.1.	Paso primero .....	22
1.6.3.5.2.	Paso segundo .....	22
1.6.3.5.3.	Paso tercero .....	23
1.6.3.5.4.	Paso cuarto.....	23
1.6.3.5.5.	Paso quinto.....	23
1.6.3.6.	Aplicaciones y limitaciones del ensayo de tintas penetrantes visibles .....	23
1.6.4.	Soldadura .....	24
1.6.4.1.	Soldabilidad del acero .....	24
1.6.5.	Soldadura SMAW .....	26
1.6.5.1.	Definición .....	26
1.6.5.2.	Aplicaciones.....	27
1.6.5.3.	Diseño y preparación de la junta .....	27
1.6.5.4.	Posiciones de soldadura .....	28
1.6.6.	Discontinuidades y defectos en Soldadura SMAW .....	29
1.6.6.1.	Definición .....	29

1.6.6.2.	Defectos causados por la técnica .....	30
1.6.6.2.1.	Inclusiones de escoria.....	30
1.6.6.2.2.	Carrileras (Wagon Tracks).....	31
1.6.6.2.3.	Porosidad .....	31
1.6.6.2.4.	Piping Porosity.....	32
1.6.6.2.5.	Socavado .....	33
1.6.6.2.6.	Falta de fusión .....	34
1.6.6.2.7.	Sobremonta.....	34
1.6.6.2.8.	Fusión .....	35
1.6.6.2.9.	Golpes de Arco .....	36
1.6.6.2.10.	Cráteres .....	36
1.6.6.2.11.	Salpicaduras.....	37
1.6.6.2.12.	Distorsión y alabeo .....	37
1.6.6.2.13.	Falta de penetración.....	38
1.6.6.2.14.	Agrietamiento.....	39
1.6.6.2.15.	Agrietamiento en caliente .....	39
1.6.6.2.16.	Agrietamiento de cráter .....	39
1.6.6.2.17.	Agrietamiento en frio .....	40
1.6.6.2.18.	Grietas en la línea central .....	40
CAPÍTULO II	.....	42
METODOLOGÍA	.....	42
2.1.	Materiales .....	42
2.1.1.	Equipo de soldadura SMAW .....	42
2.1.2.	Probetas de acero ASTM A-36.....	42
2.1.3.	Kit para inspección por líquido penetrante .....	43
2.1.4.	Agentes limpiadores/removedores propuestos para el trabajo experimental..	44
2.1.4.1.	Disolvente (Thinner) .....	44
2.1.4.2.	Gasolina.....	45
2.1.4.3.	Acetona .....	45
2.1.5.	Toallas para limpieza de penetrante .....	46
2.1.6.	Cepillo de acero inoxidable .....	46
2.1.7.	Guantes de protección .....	46
2.1.8.	Overol.....	46
2.2.	Métodos .....	46
2.2.1.	Enfoque de la investigación.....	46

2.2.2.	Nivel o tipo de investigación .....	47
2.2.2.1.	Bibliográfico.....	47
2.2.2.2.	Exploratorio.....	47
2.2.2.3.	Descriptivo .....	47
2.2.2.4.	Correlacional .....	47
2.3.	Metodología.....	47
2.3.1.	Población y Muestra.....	47
2.3.1.1.	Población.....	47
2.3.1.2.	Muestra .....	47
2.3.2.	Diseño de las probetas .....	49
2.3.3.	Normativa.....	49
2.3.4.	Operación de variables.....	51
2.3.5.	Plan de recolección de información .....	53
2.3.6.	Diagrama de flujo del proceso general del ensayo de tintas penetrantes visibles 56	
2.3.7.	Diagrama de flujo del procedimiento específico para el ensayo por tintas penetrantes visibles .....	57
2.3.8.	Procedimiento de la realización del ensayo de tintas penetrantes visibles.....	58
2.3.9.	Plan de procesamiento y análisis.....	59
CAPÍTULO III .....		60
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		60
3.1.	Análisis y discusión de resultados .....	60
3.1.1.	Adquisición de datos .....	60
3.1.1.1.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 01, agente limpiador removedor: Cleaner E-59A.....	62
3.1.1.2.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 02, agente limpiador/removedor: Cleaner E-59A.....	67
3.1.1.3.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 03, agente limpiador/removedor: Cleaner E-59A.....	72
3.1.1.4.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 04, agente limpiador/removedor: Cleaner E-59A.....	76
3.1.1.5.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 05, agente limpiador/removedor: Cleaner E-59A.....	81
3.1.1.6.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 06, agente limpiador/removedor: Cleaner E-59A.....	86
3.1.1.7.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 07, agente limpiador/removedor: Cleaner E-59A.....	91

3.1.1.8.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 08, agente limpiador/removedor: Cleaner E-59A.....	96
3.1.1.9.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 09, agente limpiador/removedor: Thinner	101
3.1.1.10.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 10, agente limpiador/removedor: Thinner	106
3.1.1.11.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 11, agente limpiador/removedor: Thinner	111
3.1.1.12.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 12, agente limpiador/removedor: Thinner	115
3.1.1.13.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 13, agente limpiador/removedor: Thinner	120
3.1.1.14.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 14, agente limpiador/removedor: Thinner	125
3.1.1.15.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 15, agente limpiador/removedor: Thinner	130
3.1.1.16.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 16, agente limpiador/removedor: Thinner	135
3.1.1.17.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 17, agente limpiador/removedor: Acetona	140
3.1.1.18.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 18, agente limpiador/removedor: Acetona	145
3.1.1.19.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 19, agente limpiador/removedor: Acetona	150
3.1.1.20.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 20, agente limpiador/removedor: Acetona	154
3.1.1.21.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 21, agente limpiador/removedor: Acetona	159
3.1.1.22.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 22, agente limpiador/removedor: Acetona	164
3.1.1.23.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 23, agente limpiador/removedor: Acetona	169
3.1.1.24.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 24, agente limpiador/removedor: Acetona	174
3.1.1.25.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 25, agente limpiador/removedor: Gasolina	179
3.1.1.26.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 26, agente limpiador/removedor: Gasolina	184
3.1.1.27.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 27, agente limpiador/removedor: Gasolina	189

3.1.1.28.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 28, agente limpiador/removedor: Gasolina	193
3.1.1.29.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 29, agente limpiador/removedor: Gasolina	198
3.1.1.30.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 30, agente limpiador/removedor: Gasolina	203
3.1.1.31.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 31, agente limpiador/removedor: Gasolina	208
3.1.1.32.	Ensayo de tintas penetrantes visibles 32, agente limpiador/removedor: Gasolina	213
3.1.1.33.	Ensayo de tintas penetrantes fluorescentes 01, agente limpiador removedor: Cleaner E-59A.....	218
3.1.1.34.	Ensayo de tintas penetrantes fluorescentes 02, agente limpiador removedor: Thinner	221
3.1.1.35.	Ensayo de tintas penetrantes fluorescentes 03, agente limpiador removedor: Acetona	224
3.1.1.36.	Ensayo de tintas penetrantes fluorescentes 04, agente limpiador removedor: Gasolina	227
3.1.2.	Análisis de resultados.....	230
3.1.2.1.	Evaluación del número de discontinuidades.....	230
3.1.2.2.	Evaluación del número de indicaciones relevantes.....	231
3.1.2.3.	Evaluación del tipo de indicación: lineal o redondeada.....	232
3.1.2.4.	Evaluación de aceptación y rechazo.....	234
3.1.2.5.	Experimentación del agente limpiador/removedor en tintas penetrantes fluorescentes en probeta TEST PANEL.....	237
3.2.	Verificación de la hipótesis.....	238
CAPÍTULO IV.....		242
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		242
4.1.	Conclusiones.....	242
4.2.	Recomendaciones.....	244
CAPÍTULO V.....		245
MATERIALES DE REFERENCIA.....		245
5.1.	Referencias bibliográficas.....	245
5.2.	Anexos.....	250
ANEXO 1.....		250
Especificaciones para procedimiento de soldadura.....		250
ANEXO 2.....		251
Figura de referencia para elaboración de la junta soldada. AWS D1.1.....		251

ANEXO 3.....	251
Figura de referencia para elaboración de probetas. AWS D1.1.....	251
ANEXO 5.....	258
ASME VIII Div.1 Apéndice 8. ....	258

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Bosquejo que ejemplifica una grieta profunda abierta a la superficie [16].....	11
Fig. 2 Líquido penetrante penetrando en la grieta por la capilaridad [16] .....	11
Fig. 3 Luego de remover el penetrante de la superficie una porción permanece en la grieta [16] .....	12
Fig. 4 Aplicado el revelador, el penetrante es llevado a la superficie por acción capilar y se genera la indicación [16].....	12
Fig. 5 Principios físicos en la inspección por tintas penetrantes [27] .....	21
Fig. 6 Equipo de soldadura [34] .....	27
Fig. 7 Inclusiones de escoria [37].....	30
Fig. 8 Wagon Tracks [37] .....	31
Fig. 9 Piping porosity [37] .....	32
Fig. 10 Socavado [37] .....	33
Fig. 11 Falta de fusión [37].....	34
Fig. 12 Sobremonta [37] .....	35
Fig. 13 Golpe de arco [37] .....	36
Fig. 14 Salpicaduras [37] .....	37
Fig. 15 Distorsión [37].....	38
Fig. 16 Falta de penetración [37].....	38
Fig. 17 Grietas de cráter [37] .....	40
Fig. 18 Grieta longitudinal [37].....	41
Fig. 19 Equipo Arcweld® 130i-ST DV.....	42
Fig. 20 Kit de tintas penetrantes visibles .....	43
Fig. 21 Agentes limpiadores/removedores (acetona, gasolina, thinner) .....	44
Fig. 22 Cepillo de acero .....	46
Fig. 23 Diagrama de flujo del proceso general del ensayo de tintas penetrantes visibles .....	56
Fig. 24 Diagrama de flujo del procedimiento específico para el ensayo por tintas penetrantes visibles .....	57
Fig. 25 Comparación del número de indicaciones relevantes entre agentes limpiadores/removedores. En el eje de las abscisas el número de la probeta y en el eje de las ordenadas el número de discontinuidades. ....	232
Fig. 26 Número de indicaciones lineales y redondeadas según el agente limpiador empleado con base en el criterio de ASME VIII Div 1. Apéndice 8 .....	234
Fig. 27 Número de indicaciones aceptadas en cada probeta respecto al agente limpiador/removedor empleado. En el eje de abscisas el número de la probeta y en el eje de las ordenadas el número de indicaciones aceptadas. ....	236
Fig. 28 Número de indicaciones rechazadas en cada probeta respecto al agente limpiador/removedor empleado. En el eje de abscisas el número de la probeta y en el eje de las ordenadas el número de indicaciones rechazadas. ....	236
Fig. 29 Porcentaje de detectabilidad de discontinuidades según el agente limpiador/removedor empleado. ....	238

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Inspección por tintas penetrantes [24] .....	19
Tabla 2. Normas ASTM para Líquidos Penetrantes [25].....	19
Tabla 3. Clasificación y Soldabilidad de los Aceros al Carbono [32] .....	26
Tabla 4. Factores influyentes en el diseño de la junta [35].....	28
Tabla 5. Posiciones en soldadura de filete [33] .....	28
Tabla 6. Posiciones en soldadura de ranura [33] .....	29
Tabla 7. Causas y prevención de inclusiones de escoria [37] .....	30
Tabla 8. Causas y prevención de la porosidad [37] .....	31
Tabla 9. Causas y prevención del Socavado [37] .....	33
Tabla 10. Causas y prevención de la falta de fusión [37] .....	34
Tabla 11. Causas y prevención de la sobremonta [37] .....	35
Tabla 12. Causas y prevención de la fusión [37].....	36
Tabla 13. Prevención de distorsión y alabeo [37].....	38
Tabla 14. Prevención del agrietamiento en caliente [37].....	39
Tabla 15. Causas y prevención de agrietamiento longitudinal [37] .....	41
Tabla 16. Propiedades mecánicas del acero ASTM A36 [38], [39].....	42
Tabla 17. Composición química del acero ASTM A36 [38], [39].....	43
Tabla 18. Kit de tintas penetrantes .....	43
Tabla 19. Propiedades del primer agente limpiador/removedor; disolvente, Thinner [40] ....	44
Tabla 20. Propiedades del segundo agente limpiador/removedor; gasolina [41]. .....	45
Tabla 21. Propiedades del tercer agente limpiador/removedor, acetona [42] .....	45
Tabla 22. Valores de $z_{(\alpha/2)}$ para los niveles de confianza más usados [43] .....	48
Tabla 23. Ensayos y probetas .....	49
Tabla 24. Códigos de las fichas de procesamiento de datos .....	53
Tabla 25. Formato de ficha de procesamiento de datos: .....	54
Tabla 26. Procedimiento para el ensayo de tintas penetrantes visibles .....	58
Tabla 27 Designación de las fichas de procesamiento de datos.....	60
Tabla 28. Número de discontinuidades localizadas respecto al agente limpiador/removedor empleado en el ensayo de tintas penetrantes visibles .....	230
Tabla 29. Número de indicaciones relevantes según criterios de aceptación y rechazo de ASME VIII Div 1. Apéndice 8 en el ensayo de tintas penetrantes visibles. ....	231
Tabla 30. Resumen del número de indicaciones lineales y redondeadas con base en ASME VIII Div 1. Apéndice 8 .....	233
Tabla 31. Resumen de datos de la aplicación de criterios de aceptación y rechazo con base en ASME VIII Div 1. Apéndice 8.....	235
Tabla 32. Resultado de ensayos en Test Panel con agentes limpiadores/removedores propuestos .....	237
Tabla 33. Información del factor .....	239
Tabla 34. Análisis de varianza .....	239
Tabla 35. Agrupación de información usando el método Dunnett .....	240
Tabla 36. Pruebas simultáneas de Dunnett .....	241



## **RESUMEN EJECUTIVO**

Este trabajo experimental se enmarca en el área de ensayos no destructivos: tintas penetrantes visibles empleadas para la inspección de discontinuidades en soldadura y se enfoca en evaluar si la detectabilidad de discontinuidades sufre alteración al variar el agente limpiador/removedor. Para este fin se han llevado a cabo pruebas por tintas penetrantes visibles en probetas elaboradas de manera intencional con defectos superficiales. Los datos obtenidos por los ensayos se analizaron de tal forma que se estableció un agente de control (agente limpiador/removedor convencional) y es comparado con las propuestas de agentes removedores/limpiadores más económicos y disponibles en el mercado local. Adicionalmente, estos resultados se contrastaron con pruebas efectuadas en Test Panel con tintas penetrantes fluorescentes, para evaluar la detectabilidad de discontinuidades desde dos perspectivas. Para culminar la investigación se concluye mencionando los agentes limpiadores/removedores empleados en el estudio, situándolos en categorías: desde el agente que no genera variación en la detectabilidad de discontinuidades, hasta el agente que provoca variación estadísticamente considerable en cuanto a la detectabilidad de discontinuidades.

**Palabras claves:** Tintas penetrantes, Ensayos no destructivos, Agente limpiador, Test Panel, Soldadura, Detectabilidad de discontinuidades.

## ABSTRACT

This experimental work is framed within the area of Non-Destructive Testing: visible penetrant inks used for the inspection of weld discontinuities and focuses on evaluating whether the detectability of discontinuities is altered by varying the cleaning agent. For this purpose, visible dye penetrant tests have been carried out on intentionally produced specimens with surface defects. The data obtained from the tests were analysed in such a way that a control agent (conventional cleaning agent) was established and compared with the most economical and locally available cleaning/removing agent proposals. In addition, these results were contrasted with tests carried out in Test Panel with fluorescent penetrant inks, to evaluate the detectability of discontinuities from two perspectives. The research is concluded by mentioning the cleaning agents used in the study, placing them in categories: from the agent that does not generate variation in the detectability of discontinuities, to the agent that causes statistically considerable variation in the detectability of discontinuities.

**Keywords:** Penetrant inks, Non-Destructive Testing, Cleaning agent, Test Panel, Welding, Discontinuity detectability.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes Investigativos

En [1] se menciona la importancia de los ensayos no destructivos, de tal forma que indica que son capaces de otorgar una confiabilidad para el usuario y una correcta selección de la materia prima. Estos ensayos no deben generar algún cambio en las características del material, ni mucho menos afectar al personal que vaya a desempeñar el ensayo, bajo estas premisas se desarrolló la introducción de este tipo de ensayos, que permiten identificar hasta los defectos más pequeños en distintos materiales. Es trascendental mencionar que un número importante de industrias cuya actividad principal es la manufactura, pretenden incorporar estos métodos con la finalidad de disminuir el costo de pruebas y reducir tiempos, generando así una mejora en eficiencia de producción y calidad.

Con base en el estudio desarrollado en [2], se concluyó que existen varias metodologías de ensayos no destructivos, con la finalidad de investigar defectos en materiales compuestos y que estas técnicas son empleadas en la industria de la manufactura, aeroespacial y en la construcción. Dichas técnicas no están exentas de poseer limitaciones, pero también poseen ventajas que se presentan en el contexto en el cual se lleven a cabo. Adicionalmente se menciona que ningún método de prueba no destructiva, por sí solo, es capaz de arrojar información suficiente en lo que respecta a la caracterización de defectos en materiales compuestos y es necesaria la aplicación de manera conjunta de dos o más metodologías con el fin de poseer resultados mucho mejores y que la prueba cuente con eficacia; la implementación de varias pruebas no destructivas es capaz de aumentar los niveles de fiabilidad y confianza en la investigación.

En los ensayos no destructivos localizamos pruebas de radiografía, partículas magnéticas, tintas penetrantes e inspección visual, que son las más usuales que podemos encontrar en la industria. Con la finalidad de llevar a cabo la comprobación de juntas soldadas en [3], se contempla una introducción sobre la necesidad de varias metodologías de ensayos no destructivos a usarse en aplicaciones como son: el transporte naval, industrias de

construcción, entre otras, en acero con un contenido de carbono bajo y la discusión de los defectos presentes en soldadura. Respecto a la metodología más acertada para detectarla que en contexto de las tintas penetrantes, es válido acotar que cuando la soldadura es a través de rayo láser sus defectos no se logran apreciar.

El ensayo de líquidos penetrantes, es una de las metodologías usadas en la localización de grietas o discontinuidades que resulta más sencilla y eficaz entre todas las usadas en la industria, debido a que puede emplearse en una amplia lista de materiales a excepción de los que presenten porosidad, como se estudió en [4], el efecto que proporciona la vibración y la temperatura en la efectividad del mencionado ensayo, en materiales con contenido de carbono bajo, se determina que mientras exista mayor vibración y mayor temperatura la detectabilidad de las discontinuidades también será mayor.

Una investigación de defectos en materiales como la desarrollada en [5], con un material SS-304L, que fue soldado con gas inerte de Tungsteno luego de efectuada la prueba con líquidos penetrantes con la finalidad de detectar sus discontinuidades, se estableció que este ensayo posee una buena sensibilidad en lo que a detección de defectos superficiales refiere, siendo capaz de localizar discontinuidades superficiales significativas en la soldadura TIG. Es importante acotar que a medida que pasa el tiempo la longitud de la indicación crece respecto el penetrante es expulsado causando una indicación aceptable que se rechaza.

Respecto a la evaluación de materiales de acero inoxidable, en [6] se menciona que el campo de las pruebas no destructivas implica varias disciplinas que desarrollan un rol importante en cuanto a la garantía de calidad, fiabilidad y rentabilidad de los componentes de un sistema estructural. A partir de la ejecución de pruebas con líquidos penetrantes y de inspección magnética con su respectivo análisis, se determinó que la primera prueba mencionada es más sensible en lo que respecta a la detección de defectos en la superficie del material. Es importante mencionar que, para defectos subsuperficiales y defectos internos, los métodos más sensibles son la inspección magnética y el método de ultrasonido, respectivamente.

En contexto con los métodos no destructivos por pruebas por penetración, en [7] se discute los efectos que se obtuvieron luego de una revisión bibliográfica y en el cual se pretenda realizar una introducción de la inspección, así como de sus distintas metodologías de ensayo con la finalidad de comprender la intención de los END y su relevancia dentro de la industria de la construcción. El autor menciona que: con esta metodología se puede identificar el defecto en un lapso que resulta limitado incrementando la confiabilidad. Este ensayo genera una contribución a la mejora de la integridad estructural, ya que permite una identificación de fallos dimensionales.

El método de líquidos penetrantes es considerado el más simple dentro de los END; sin embargo, brinda una ventaja en lo que concierne al tiempo de realización y precisión en la localización de defectos. La investigación realizada en [8], con la finalidad de localizar el defecto y conocer el tipo de discontinuidad de soldadura SMAW que se está generando, emplea dos tipos de métodos para el análisis. Los resultados mostraron que el material influye en la causa de los defectos y que los mismos están dispuestos a lo largo de la soldadura.

## **1.2.Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

Evaluar la afectación de la detectabilidad de discontinuidades, al variar el agente limpiador con agentes disponibles en el mercado local, en el ensayo de tintas penetrantes tipo II en juntas soldadas de ranura posición 1G por proceso SMAW en acero al carbono ASTM A36.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Definir discontinuidades superficiales y sus respectivas causas, presentes en juntas soldadas por proceso SMAW.

Para definir las discontinuidades superficiales presentes en juntas soldadas por proceso SMAW, con sus respectivas causas, se llevará a cabo una revisión teórica haciendo uso de recursos bibliográficos.

- Establecer los agentes removedores presentes en el mercado local para su aplicación en el ensayo de tintas penetrantes tipo II, compatibles con líquido penetrante de base solvente.

Para establecer los agentes removedores o también denominado limpiadores, a emplearse en el ensayo de tintas penetrantes, se realizará una revisión teórica a través de medios bibliográficos y se buscará agentes con características similares y sean accesibles en el mercado local.

- Elaborar probetas de juntas soldadas de ranura por proceso SMAW, en acero al carbono ASTM A36.

Para la elaboración de las probetas de juntas soldadas de ranura, posición 1G por proceso SMAW, en acero al carbono ASTM A36, en primera instancia, se llevará a cabo el diseño de la junta y posteriormente se efectuará su elaboración.

- Generar el ensayo de tintas penetrantes tipo II en probetas de juntas soldadas de ranura por proceso SMAW en acero al carbono ASTM A36 con el agente removedor recomendado por el fabricante y variando entre las 3 propuestas de agente removedor para evaluar las discontinuidades presentes.

Para llevar a cabo el experimento del ensayo de tintas penetrantes se procederá a adquirir un kit disponible en el mercado y se realizarán los ensayos, posteriormente se generarán ensayos variando el agente removedor o también denominado limpiador.

- Analizar de qué manera se ve afectada la detectabilidad de discontinuidades al comparar los resultados de los ensayos para determinar cuál es el agente removedor más apropiado.

Con la finalidad de analizar la forma en que la variación del agente removedor o también denominado limpiador, en el ensayo de tintas penetrantes, afecta en la detección de discontinuidades se hará uso de un software estadístico para relacionar los resultados.

### **1.3.Hipótesis**

¿La detectabilidad de discontinuidades en el ensayo de tintas penetrantes tipo II se ve afectada por la variación del agente limpiador o removedor?

#### **1.3.1. Variable independiente**

Variación del agente limpiador/removedor.

#### **1.3.2. Variable dependiente**

La detectabilidad de discontinuidades.

### **1.4.Justificación**

El análisis no destructivo con el uso de Líquidos Penetrantes es usado con la finalidad de detectar las discontinuidades presentes en la superficie de materiales, que no presenten porosidad, basado en el fenómeno de capilaridad es capaz de presentar los resultados de una forma rápida y confiable, lo que lo hace un análisis ampliamente usado en la industria [9].

Entre los diferentes tipos de tintas penetrantes encontramos los líquidos penetrantes coloreados visibles, los mismos que dentro de su composición poseen pigmentos que los hacen perceptibles frente a la luz natural. Este tipo de tintas son bastante empleadas en inspecciones que se realizan a pie de obra y son suministradas en botes de aerosol y no requieren de ningún tipo de equipo especial para llevar a cabo el análisis [10] lo que convierte a este tipo de ensayo en uno de fácil acceso.

El proceso de este ensayo consta de los siguientes seis pasos básicos. Desarrollar la prelimpieza para dejar la superficie libre de impurezas, aplicación de la tita penetrante, remover el exceso de penetrante, aplicación del revelador, desarrollar la inspección y finalmente la limpieza posterior a la inspección [11]. La presente investigación se enfoca

en lo que respecta a la limpieza y como se menciona en [12], para tintas penetrantes tipo II se usa un solvente para la remoción. Se pretende usar un tipo de removedor disponible en el mercado local y de fácil acceso que sustituya al recomendado por el fabricante. Dado que este tipo de ensayos se llevan a cabo en pie de obra y al ser el agente removedor o limpiador el que experimenta un mayor uso, es más probable que este se agote antes que el penetrante y el revelador, es por ello que se realiza el estudio para determinar si el empleo de otro agente removedor o limpiador de fácil acceso no modifica de manera adversa la detectabilidad de discontinuidades teniendo un impacto económico al emplear un producto más accesible que cumpla con los mismos requerimientos.

Otro punto importante del desarrollo del presente trabajo viene de la mano con la reducción del uso de latas de aerosol ya que estos cuenta con compuestos orgánicos volátiles que cuando entran en contacto con la luz del sol generan el gas ozono [13], al sustituir el agente removedor por uno disponible en el mercado local se reduce el uso de estas latas de aerosol y también se enfatiza en el uso de recipientes reciclables.

Para la presente investigación se analizarán probetas de acero ASTM A36 lo que la sitúa en el sector de construcción industrial, en estructuras de acero soldadas[14]. Al determinar un agente limpiador disponible en el mercado local y de fácil acceso este sector obtendría ahorro económico otorgándole beneficio denotando que este es un sector que se encuentra en reactivación luego de la pandemia de Covid-19 [15].

### **1.5.Planteamiento del problema**

La inspección de juntas soldadas a través de líquidos penetrantes es un tipo de ensayo no destructivo que es usado con la finalidad de detectar e identificar las discontinuidades presentes en la superficie del material. El primer paso para la inspección es la preparación de la superficie misma que debe estar limpia, seca y sin las presencias impurezas u otros componentes químicos para este fin se usa un agente químico, solvente, detergentes o limpiadores alcalinos, que cumple la función de limpiador de la superficie. El segundo paso es la aplicación del penetrante coloreado a manera de aerosol, aunque puede ser aplicado de otra forma, en este paso el criterio de selección del penetrante está ligado a



una marca en específico. Para continuar con el proceso es necesario generar la remoción del excedente del líquido penetrante y para culminar la aplicación de revelador.

Para fines de esta inspección existen diferentes distribuidores de kits de tintas penetrantes, esto incluye un limpiador, penetrante y el removedor propio de cada marca que además varía en su composición dependiendo de su distribuidor.

En un medio industrial no siempre se tiene acceso usar los mismos componentes en cada ensayo no destructivo, de tal manera se genera el cuestionamiento si el uso de los agentes en la limpieza generaría un cambio significativo en la sensibilidad del análisis; es decir, dependiendo del agente que se utilice podrían o no experimentarse variaciones en la sensibilidad reflejados en los resultados de la inspección. De presentarse variaciones en los resultados debidas al uso de agentes diferentes no tendría una confiabilidad apropiada, es decir que existiría un porcentaje de error dependiendo de los agentes usados.

Errores debido al cambio de la sensibilidad podrían no presentar los defectos de manera apropiada generando incertidumbre si el elemento o no podría aprobar los criterios de aceptación y rechazo.

## **1.6.Fundamentación teórica**

### **1.6.1. Ensayos no destructivos**

#### **1.6.1.1.Definición**

Los ensayos no destructivos se pueden concebir como métodos de ensayo en los cuales el material que se pretende analizar no sufre ninguna afectación en su estructura; es decir, el material después de la prueba no es dañado. Un ejemplo para discernir son las denominadas pruebas mecánicas: ensayos de tracción, ensayos de flexión, ensayos de torsión, entre otros, en los cuales sí se evidencia la destrucción del material con la finalidad de evaluar su resistencia. Para identificar este tipo de ensayos abreviaturas usadas son: NDT y NDI [16].

### **1.6.1.2.Necesidades y aplicaciones de los END**

Con la finalidad de localizar y valorar la gravedad de defectos presentes en un material son empleadas varias técnicas de END, bajo la premisa que no existe un material que pueda ser catalogado como perfecto. Solo es viable mermar la cantidad de defecto o reducir su proporción a través de la correcta implementación de un proceso de producción o de fabricación [16].

Las técnicas END están presentes en varias fases de la industria ingenieril. Todos los materiales son evaluados a través de una inspección no destructiva antes de ser aceptados para su posterior procesamiento. A continuación, los componentes requieren de una inspección mientras con procesados y cuando ya se culminado su fabricación y, generalmente, en el transcurso de su ciclo de vida con el propósito de garantizar su correcto desempeño [16].

Además de usarse para localizar y evaluar defectos, los END se usan para evaluar la gravedad de dicho defecto con la finalidad de determinar, a través del uso de parámetros normalizados, si un defecto representa un peligro para la estructura, o si un defecto puede ser considerado como inofensivo. Existen varios tipos de defectos que son: dañinos, inofensivos y beneficiosos. Un defecto es considerado como beneficiosos si en su estructura, forma y disposición es capaz de mermar la expansión de una grieta [16].

El uso de los END posee relevancia en la industria ya que guarda relación con la calidad y con el contexto económico. Un correcto uso de estos ensayos es capaz de generar beneficios económicos en un sector determinado. Los END están experimentado un crecimiento en cuanto a su aplicación y todavía más evolucionando para poder detectar defectos de manera superficial e interna.

Existe una amplia gama de técnicas de END presentes en la actualidad y cada día se emplean en distintos campos. El uso de este tipo de técnicas a través del tiempo ha significado en ahorro en cuestión de costos y un incremento en la seguridad. Este campo posee un futuro prometedor ya que permitirá la caracterización de nuevos materiales [16].

### **1.6.1.3. Beneficios de los END**

El beneficio principal que genera la implementación de este tipo de técnicas en la industria está ligado con la calidad de producto final. Partiendo desde una observación de la materia prima para generar el producto y excluyendo la resulte defectuosa hasta una revisión de este durante su fase de producción y su posterior culminación.

La aplicación de las técnicas no destructivas genera un incremento en la productividad y un mayor porcentaje de ganancias. Se previene el desperdicio de materia prima y se reduce la mano de obra ya que se evita la reelaboración; se enfatiza un costo de servicio minimizado. También se conduce a patrones de seguridad efectivos [16].

### **1.6.1.4. Procedimiento general de los END**

Los pasos que se detallan a continuación son los que, de manera general, están involucrados en el desarrollo de las pruebas no destructivas:

1. Preparación de la superficie en la que se desarrollará el ensayo
2. Aplicación del medio de ensayo
3. Adecuación del medio de ensayo
4. Transformación de la señal de ensayo
5. Interpretación de resultados del ensayo
6. Comprobación de los resultados del ensayo

Para el primer paso, el material que se va a ensayar se somete a una limpieza localizada de la sección de la prueba, ya que esta debe estar libre de impurezas o residuos con la finalidad de no generar falsas indicaciones. El paso siguiente es la aplicación del medio de ensayo o señal la cual depende del tipo de ensayo a efectuarse. A continuación, se adecúa la señal del ensayo conforme a los requerimientos. El paso número cuatro es la transformación de dicha señal para hacerla fácil de interpretar. A continuación, se desarrolla la interpretación de los resultados, es el paso más relevante. Para culminar se efectúa la verificación de los resultados con la ayuda de métodos destructivos para otorgar veracidad a los resultados [16].

### **1.6.1.5. Tipos de END**

Existen una serie de metodologías de ensayos no destructivos en la actualidad y cada una tiene un fin determinado en la industria con aplicaciones específicas; no obstante, las más habituales se detallan en la lista a continuación:

1. Inspección de líquidos penetrantes
2. Partículas magnéticas
3. Radiografía (rayos X, rayos gamma y neutrones)
4. Ultrasonido
5. Corrientes de Foucault

### **1.6.2. Inspección de líquidos penetrantes**

El ensayo no destructivo de líquidos penetrantes es uno de los más sencillos y ampliamente usados. A través de esta técnica es posible localizar defectos superficiales en todos los materiales cumpliendo la premisa que el defecto debe estar abierto a la superficie con la finalidad que el penetrante pueda ingresar. Existen dos tipos de tintes penetrantes:

1. Penetrante coloreado
2. Penetrante fluorescente

El método de líquido penetrante es aplicado en materiales que no son considerados magnéticos. El empleo de esta técnica requiere el uso de un líquido penetrante el cual contiene un tinte, posteriormente se espera un tiempo para que este ingrese en el defecto y luego se elimina su exceso. La superficie se deja secar y luego es examinada, los defectos están mostrados gracias a la presencia del tinte que resulta visible a simple vista [17].

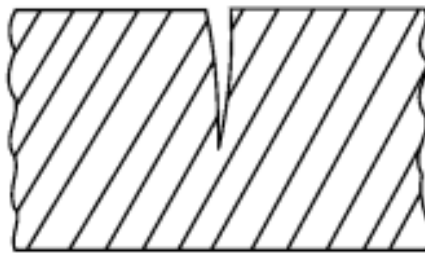
#### **1.6.2.1. Historia**

Los registros históricos señalan el uso de la técnica de inspección por tintas penetrantes en 1920; no obstante, esta se desarrolló con polvo de tiza y aceite. Esta metodología se empleó con la finalidad de llevar la inspección de ejes de los ferrocarriles. Con la finalidad de mejorar dicho método se usó la metodología de “Explosión de vapor de aceite”, esta consistía en la limpieza de la superficie para posteriormente ser rociado con queroseno.

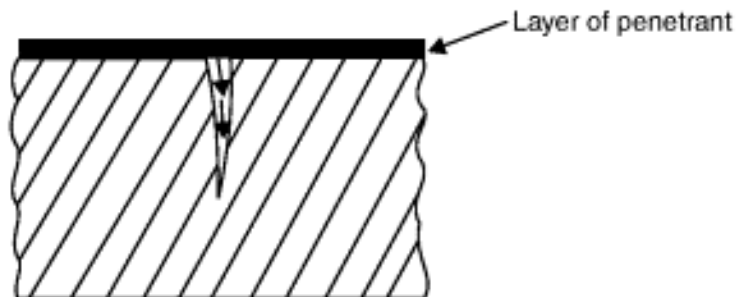
Posterior a este paso se cubría la superficie con arena, se quitaba el exceso y se dejaba secar al aire libre. Aquí se generaban indicaciones en la superficie por acción de la filtración del queroseno en las grietas; no obstante, estas indicaciones eran poco notorias y su tiempo de observación escaso ya que desaparecían al cabo de unos minutos [16].

### 1.6.2.2.Principio del método de líquido penetrante

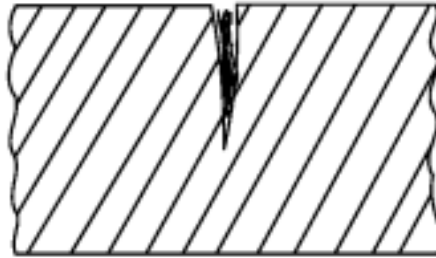
El principio de la inspección por líquidos penetrantes se basa en el fenómeno de la capilaridad. Si un componente es sumergido en un líquido o si el mismo es rociado, una parte de este líquido penetra en la grieta ejemplificada en la Figura 1., debido a la acción capilar, Figura 2. Esta cantidad de líquido que ha penetrado en el defecto subsiste hasta que es expulsado nuevamente a la superficie debido a la capilaridad. El líquido será limpiado cuando el tiempo de penetración haya culminado, Figura 3. En cuanto a la aplicación del revelador, Figura 4, su acción es análoga a la del papel secante, el penetrante es llevado hacia la superficie por acción capilar [16].



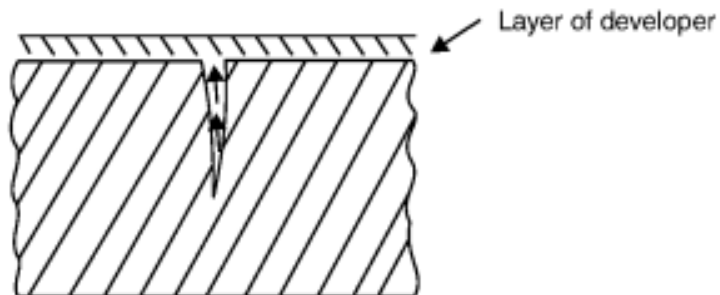
*Fig. 1 Bosquejo que ejemplifica una grieta profunda abierta a la superficie [16]*



*Fig. 2 Líquido penetrante penetrando en la grieta por la capilaridad [16]*



*Fig. 3 Luego de remover el penetrante de la superficie una porción permanece en la grieta [16]*



*Fig. 4 Aplicado el revelador, el penetrante es llevado a la superficie por acción capilar y se genera la indicación [16]*

Debido a la propiedad del papel secante el tamaño de la indicación que se obtiene es mayor, significativamente, al tamaño original del defecto otorgando una fácil localización. El resultado es una indicación en tono rojo que contrasta eficazmente con el fondo blanco del revelador propiciando una buena observación. Es factible el aumento en la velocidad de penetración aumentando de manera leve la temperatura (este aumento en la temperatura propiciará la una expansión en las aberturas de los defectos); sin embargo, hay que cerciorarse que esto no afecte de forma negativa a la viscosidad del penetrante. Usualmente las muestras pueden calentarse para luego ser sumergidas en un enfriador penetrante, lo que genera un área con presión baja dentro del defecto en donde el diferencial de presión hace posible que el penetrante fluya hacia los defectos. En ocasiones se obtiene una mejor penetración aplicando vibraciones a la muestra, generando así una apertura en los defectos [16].

### **1.6.2.3. Tipos de líquidos penetrantes**

Existen dos tipos de penetrantes: visibles y fluorescentes, mismos que solo pueden detectar defectos abiertos a la superficie como grietas y poros. Su empleo resulta relativamente económico [18], [19], [20].

#### **1.6.2.3.1. Tintes penetrantes líquidos**

Como se establece en [21], para esta metodología existen 3 casos:

1. Limpieza con solvente (removible con solvente)
2. Lavado con agua; preemulsionable
3. Postemulsionable

Cuando se lleva a cabo una limpieza con solvente el proceso que se lleva a cabo es: limpieza antes del proceso, aplicación de la tinta penetrante, eliminación del exceso de penetrante haciendo uso de paño o papel, aplicación del revelador, secado y, finalmente, la inspección. Cuando se lleva a cabo el proceso de lavado con agua, el exceso de penetrante se elimina a través de aspersion de agua y finalmente, para secar la muestra se hace uso de aire comprimido o un horno. Para el caso 3, en el procedimiento consta una etapa adicional que consiste en la aplicación de un removedor que puede ser: a) lipofílico (depende de la solubilidad) y b) hidrofílico (no soluble en el penetrante y puede eliminarse con agua) [21].

#### **1.6.2.3.2. Penetrantes Fluorescentes**

Dentro de estos tenemos:

1. Lavable con agua
2. Post-emulsionable

Los procedimientos para efectuarse son los mismos ejecutados en las tintas penetrante, haciendo un énfasis en la prelimpieza del elemento a inspeccionar.

Este tipo de ensayo se usa con la finalidad de detectar discontinuidades en materiales ferrosos como también no ferrosos. El método actúa a través la tinta penetrante que se introduce en las discontinuidades presentes que luego logran ser visibles después del uso

de un agente revelador [22]. Esta técnica es de uso preferente para elementos no magnéticos y puede distinguir defectos como se detallan a continuación:

- Grietas
- Laminaciones
- Poros
- Grietas por enfriamiento

#### **1.6.2.4.Técnica de inspección**

##### **1.6.2.4.1. Limpieza de la superficie**

Este es el primer paso para efectuar una inspección por líquidos penetrantes. Resulta una actividad de vital relevancia ya que una mala acción podría evocar en indicaciones ilusorias o en la no detección de defectos legítimos. Se ejecuta con el propósito de eliminar cualquier impureza o residuo ya que estos tienden a bloquear las grietas de los defectos existentes imposibilitando que el líquido penetrante pueda ingresar. La presencia de grasa igualmente genera falsas indicaciones.

Para llevar a cabo la limpieza de piezas pequeñas como primer paso usa un trapo y posteriormente cepillos de alambre (para piezas en bruto). Para culminar con la limpieza se usa el líquido “limpiador” que es generalmente acetona o fluido a base de tetracloruro de carbono, este es un líquido con una alta volatilidad lo cual hace que la superficie a inspeccionar esté lista en corto tiempo. Por otro lado, para la limpieza de piezas grandes la limpieza se ejecuta sumergiéndolas en una serie de tanques destinados a la limpieza que pueden contener: solución jabonosa, productos químicos, agua fría o caliente, entre otros [16].

##### **1.6.2.4.2. Aplicación de penetrante en la superficie**

Este es el segundo paso para efectuar la inspección por líquidos penetrantes y consiste en la aplicación del tipo de penetrante en la superficie que se someterá a la inspección:

Existen dos tipos de tintas penetrantes: inspección por tintes penetrantes cuyo color de tinte es rojo y penetrantes fluorescentes que generalmente son de color amarillo verdoso. Es relevante la correcta selección de viscosidad del penetrante. Para piezas pequeñas,



resulta apropiado “rociar” el penetrante por toda la superficie, en este caso, la pulverización de penetrante es capaz de suministrar una repartición igual. Luego de la aplicación del penetrante comienza el tiempo de penetración que está alrededor de cinco minutos. Por otro lado, para piezas de gran tamaño, es preferible sumergirlas en un tanque que posea el líquido penetrante cuyo tiempo varía entre quince y treinta minutos [16]

#### **1.6.2.4.3. Eliminación del exceso de penetrante**

Posterior al tiempo de penetración, el tercer paso para efectuar la inspección por líquidos penetrantes es la remoción del exceso del penetrante de la superficie:

Es importante que al efectuar esta limpieza se tenga presente no extraer de manera completa el penetrante de las grietas. Usualmente este proceso se lleva a cabo en dos etapas: la primera etapa consiste usar un paño en movimientos que deben ser suaves y rápidos, la segunda etapa consiste en la eliminación del sobrante del penetrante, para lo cual se usa el líquido “limpiador” juntamente con la acción de pulverización. Si el chorro del limpiador incide de manera directa con los defectos se puede eliminar el penetrante en el interior de estos [16]

Tanto para piezas de tamaño y pequeño y grande este procedimiento descrito en el párrafo anterior resulta óptimo; sin embargo, existen casos en los que podría resultar impráctico dado el tamaño de la pieza, es así como se sumerge la pieza en un tanque que contenga el líquido “limpiador”. Después de llevar a cabo la remoción del exceso de penetrante la pieza necesita ser secada por completo.

#### **1.6.2.4.4. Aplicación del revelador**

El revelador cumple la función del polvo de tiza usado con anterioridad y este es el cuarto paso para efectuar la inspección por líquidos penetrantes:

El revelador es un polvo fino de tiza dispuesto en un líquido con un índice de volatibilidad alto. Este líquido es el transporte del polvo fino el cual se seca después de un minuto posterior a la pulverización. Cuando este comienza a secarse empieza a absorber el penetrante dispuesto en los defectos superficiales generando así una indicación de un tamaño mayor que facilita su localización juntamente con el contraste del tinte rojo y el fondo blanco del revelador [16].

Para la inspección de piezas pequeñas, el revelador se presenta en forma de lata de aerosol. La distancia a la que este debe ser colocado desde la superficie está en un rango de 200 milímetros a 300 milímetros hasta obtener una capa de revelador uniforme. Por otro lado, para piezas de mayor tamaño, se usan pistolas para obtener una capa de revelador.

#### **1.6.2.4.5. Interpretación de la indicación es obtenidas**

Para culminar la inspección por líquidos penetrantes tenemos el quinto paso, que es la interpretación de las indicaciones con detalles respecto a las dimensiones de los defectos:

Este método solo proporciona la ubicación de las discontinuidades, el observar las indicaciones se pueden realizar formulaciones en cuanto al tamaño de la grieta basadas en la experiencia. El espesor de la capa de revelador posee un significado propio que establece el tamaño mínimo del defecto. En caso de que el espesor de la capa de revelador sea mayor, los defectos pequeños no podrán ser evidenciados [16].

#### **1.6.2.5. Kits de inspección de líquidos penetrantes disponibles comercialmente**

En el mercado existen varias marcas de kits de inspección de tintes penetrantes que se encuentran en circulación en el mercado y estos kits incluyen, de manera general, los siguientes elementos:

- Cepillo de alambre
- Lata de aerosol limpiador
- Lata de aerosol de líquido penetrante
- Lata de aerosol revelador

Los kits de inspección por tintas fluorescentes son como los de tintes visibles con la discrepancia que este posee una lata de aerosol por penetración fluorescente [16].

#### **1.6.2.6. Aplicaciones industriales**

- A través de la inspección por tintas penetrantes la materia prima que ingresa puede pasar a través de un proceso de inspección y determinar defectos superficiales como pueden ser grietas, marcas u hoyos.
- Durante un proceso de mecanizado se generan desperdicios que atentan contra los componentes en especial si el componente se encuentra bajo la acción de una carga

de fatiga. Estos defectos son marcas dejadas por las herramientas, grietas, entre otras.

- Examinar los defectos que se puedan presentar luego de la generación de una soldadura ya que es probable la generación de grietas superficiales.
- En el tratamiento térmico se pueden presentar grietas superficiales si no se desarrolla de manera adecuada la fase del enfriamiento.
- Es posible la detección de grietas durante un proceso y servicio; sin embargo, con el método de tintas penetrantes no es posible determinar grietas internas.
- Es válido el uso de la técnica de líquidos penetrantes en materiales ferromagnéticos ya que el método de partículas magnéticas arroja resultados rápidos y no tan veraces; sin embargo, es más común y aceptado el uso en materiales no magnéticos.

#### **1.6.2.7.Precauciones y limitaciones**

##### **1.6.2.7.1. Precauciones**

En primera instancia la precaución más importante a considerar en el desarrollo del ensayo de tintas penetrantes es asegurarse que la limpieza se ha llevado a cabo de manera correcta, si este paso no se ha llevado a cabo de manera apropiado se pueden suscitar falsas indicaciones, no visualizar defectos genuinos. Es importante recalcar que la superficie debe estar libre de cualquier agente externo tales como pintura, químicos, residuos, entre otros [16].

Es importante la fase en la cual el penetrante es removido con la finalidad de que este se conserve dentro de los defectos y esto se puede evitar con una correcta limpieza que consiste en movimientos suaves y rápidos. En cuanto a la aplicación de este debe ser dirigida a lo largo de la superficie procurando evitar una acción directa en la superficie [16].

Cuando sea posible es adecuado el uso de los bloques de prueba del ensayo estándar con la finalidad de garantizar que los agentes (penetrante, revelador) estén en óptimas condiciones.

Se debe tener precaución en cuanto al ambiente en el que se efectuará el ensayo. El ambiente deberá ser abierto ya que la tinta penetrante es capaz de expulsar un vapor tóxico.

Si existe una restricción en la disponibilidad de un área externa se puede realizar la instalación de un sistema de extracción [16].

Se ha determinado que para abrir un poco las grietas situadas en la superficie y permitir un mejor ingreso del penetrante, en ciertos casos, la inmersión de la pieza en agua caliente resulta eficaz. Luego de realizar esta inmersión el siguiente paso es secar la pieza con aire tibio antes que el penetrante sea aplicado.

#### **1.6.2.7.2. Limitaciones**

Esta técnica no es la más acertada para la detección de grietas internas o situadas dentro de la superficie. Otra limitación, en este contexto, es que no se detectan grietas anchas y con una profundidad mínima ya que no poseen acción capilar y las inhabilita a retener el penetrante. En la inspección por líquidos penetrantes, si la pieza está totalmente pintada esta debe ser removida para efectuar el ensayo y obtener buenos resultados. Adicionalmente, es relevante destacar que esta técnica no es capaz de detectar discontinuidades en la superficie interior de tubos [16], [23].

#### **1.6.2.8.Indicaciones asociadas a la aplicación del método e interpretaciones**

Las indicaciones guardan relación con el tipo de penetrante que se ha empleado. Si el penetrante que se ha usado es fluorescente las indicaciones se presentan como punto de color amarillo verdoso. Por otro lado, si se han empleado tintes penetrantes sus indicaciones serán de color rojo en contraste con un fondo blanco.

A continuación, se presentan algunos tipos de interpretaciones:

- Línea de penetrante: grieta de pequeña abertura
- Puntos de penetrante: porosidad u hoyos en la superficie.
- Puntos sobre un área o puntos aislados; no poseen patrón de línea.
- Serie de puntos con un patrón de línea: grieta apretada, solapa parcialmente unida, cierre en frío.
- Serie de puntos finos: grietas por fatiga.

Es posible generar una estimación cercana del defecto a través de una medición de la indicación; no obstante, no existen relaciones definidas y estas dependen de la percepción de la persona a cargo de la inspección.

A continuación, con base en [24], se elabora la Tabla 1, en dónde se pueden apreciar los defectos que se pueden determinar a través de la metodología de tintas penetrantes y sus ventajas y desventajas.

*Tabla 1. Inspección por tintas penetrantes [24]*

<b>Aplicación</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grietas</li> <li>• Porosidad</li> <li>• Rutas de fuga</li> <li>• Soldadura por costura</li> <li>• Soldadura por traslape</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Económico</li> <li>• Buena apreciación</li> <li>• Equipo accesible</li> <li>• Aplicación en formas irregulares</li> <li>• Versátil</li> <li>• No requiere entramiento complejo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se emplea en superficies porosas</li> <li>• Solo detecta defectos abiertos a la superficie</li> <li>• El método requiere pasos de limpieza luego de su aplicación</li> </ul>

#### **1.6.2.9. Normas ASTM para pruebas no destructivas por tintas penetrantes**

A continuación, con base en [25], se elabora la Tabla 2, en dónde se puede apreciar las diferentes normas ASTM para ensayos por la metodología de tintas penetrantes:

*Tabla 2. Normas ASTM para Líquidos Penetrantes [25]*

<b>Norma</b>	<b>Nombre</b>	
E165	Standart Test Method for Liquid Penetration Examination	Método Estándar de Prueba por Examinación Penetrante.
E1208	Standart Test Method for Fluorescent Liquid Penetrant Examination Using the Lipophilic Post-Emulsification Process	Método Estándar de Prueba por Tintas Penetrantes Fluorescentes usando el proceso de Postemulsificación lipofílico.

<b>Norma</b>	<b>Nombre</b>	
E1209	Standart Test Method for Fluorescent Liquid Penetrant Examination Usig the Water-Washable Process	Método Estándar de Prueba por Tintas Penetrantes Fluorescentes usando el Proceso de lavado con agua.
E1210	Standart Test Method for Fluorescent Liquid Penetrant Examination Usig the Hydrophilic Post-Emulsification Process	Método Estándar de Prueba por tintas penetrantes fluorescentes usando el proceso de postemulsificación hidrofílico.
E1219	Standart Test Method for Fluorescent Liquid Penetrant Examination Usig the Solvent-Removable Process	Método Estándar de Prueba por Tintas Penetrantes Fluorescentes usando el proceso de remoción por solvente.
E1220	Standart Test Method for Visible Liquid Penetrant Examination Using the Solvent-Removable Process	Método Estándar de Prueba por Tintas Penetrantes Visibles usando el proceso de remoción por solvente.
E1417	Standart Practice for Liquid Penetrant Examination	Método Estándar de Prueba por tintas Penetrantes.
E1418	Standart Test Method for Visible Liquid Penetrant Examination Using Usig the Water-Washable Process	Método Estándar de Prueba por Tintas Penetrantes Visibles usando el proceso de lavado con agua.
F601	Standart Practice for Fluorescent Penetrant Inspection of Metallic Surgical Implants	Práctica Estándar para la Inspección por Tintas Penetrantes Fluorescentes de Implantes Quirúrgicos Metálicos.

### **1.6.3. Ensayos no destructivos por líquidos penetrantes visibles**

#### **1.6.3.1. Consideraciones generales**

Esta técnica se emplea con la finalidad de localizar y revelar fallas que estén abiertas a la superficie de una determinada pieza de análisis. Este procedimiento posee es sencillo de efectuar y su inversión económica es pequeña. Se emplea este método para poder detectar

grietas generadas a lo largo de la superficie de carcasas de recipientes como se considera en Código ASME, Sección V, Artículo 6 [26].

### 1.6.3.2.Principios físicos

Debido a la acción capilar el líquido penetrante que es aplicado en la superficie de la pieza a analizar ingresa en el interior de las cavidades.

Por acción de la tensión superficial, que está presente en el líquido penetrante, este es extraído hacia las cavidades secas a través de la superficie húmeda.

Con la finalidad que este líquido pueda divisarse de manera apropiada, se le agrega un tinte, el mismo que en la mayoría de las situaciones es de color rojo.

Se realiza un proceso de limpieza en la superficie en la cual se lleva a cabo la inspección propiciando que una parte ínfima de líquido introducido en las cavidades surja hacia la superficie. Esto se genera por la acción de la denominada capilaridad inversa.

Para mejorar la detectabilidad de las discontinuidades se aplica un revelador, que contrasta con el tinte. Este revelador, generalmente de color blanco, es capaz de extraer el líquido que se encuentre dentro de las cavidades, el revelador genera una capa que debido a la acción capilar forma una capa esponjosa. En la Figura 5, se representan de manera gráfica los principios físicos de la inspección por líquidos penetrantes:

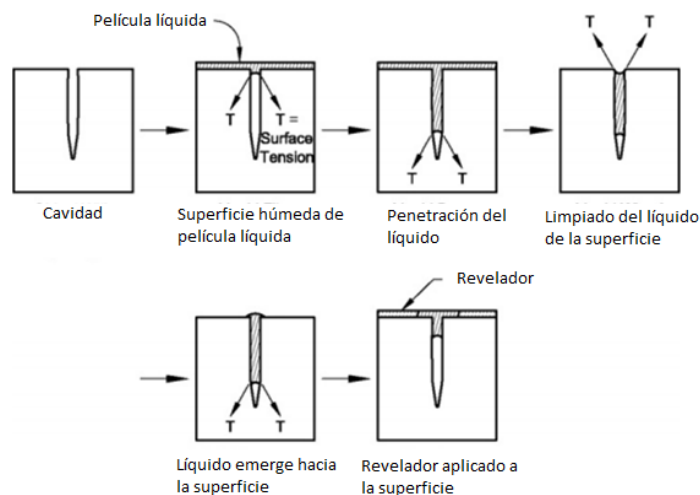


Fig. 5 Principios físicos en la inspección por tintas penetrantes [27]

### **1.6.3.3. Definición de tintas penetrantes visibles**

En el uso de penetrantes visibles las discontinuidades se notan debido a la presencia de un color rojo que es contrastado con un fondo de color blanco atribuido al revelador, la indicación es de un tamaño mayor que el tamaño del efecto real, es por ello por lo que con este método es posible localizar defectos pequeños [27].

### **1.6.3.4. Equipo para el procedimiento**

Los denominados kits portátiles de inspección por líquidos penetrantes están disponibles en sus dos tipos: el tinte visible y el penetrante fluorescente. Estos kits hacen uso de latas presurizadas, es por ello por lo que son capaces de salpicar sobre la superficie del elemento en el cual se efectuará la inspección. A diferencia de las tintas penetrantes fluorescentes que requieren una luz ultravioleta o negra, las tintas penetrantes visibles solo necesitan luz blanca ordinaria para efectuar el análisis e inspección de las partes [28].

Por otro lado, existe un equipo estacionario que es una disposición de tanque en el cual el líquido penetrante es aplicado a través de inmersión. Estos tanques pueden poseer una estación de desagüe, lavado y revelado. El tamaño de estos tanques, así como de sus estaciones individuales, está ligado a los componentes que se vayan a inspeccionar en cuanto a dimensión y número de ejemplares [28].

### **1.6.3.5. Procedimiento para el ensayo**

#### **1.6.3.5.1. Paso primero**

El penetrante debe ser aplicado en la superficie de análisis, la misma que deberá ser correctamente limpiada a través de cepillado, inmersión o rociado. Respecto a la aplicación, se realiza en concordancia del tamaño y cantidad del elemento a inspeccionar [29].

#### **1.6.3.5.2. Paso segundo**

El denominado “tiempo de penetración” es importante con la finalidad que este pueda ingresar de manera apropiada en las aberturas. Este tiempo guarda relación con el material del elemento a ensayar y con el índice de precisión que se requiere. De manera general es válido mencionar que mientras más tiempo de penetración exista, éste va a penetrar en aberturas pequeñas. Cada fabricante sugiere un tiempo de penetración en función de los



parámetros antes mencionados; no obstante, de manera usual, este tiempo estará en un rango de cinco minutos a varias horas [29].

#### **1.6.3.5.3. Paso tercero**

Eliminar el exceso de penetrante de la superficie dispuesta a examinar a través de los medios adecuados. De usarse penetrante lavable con agua es necesario cuidar el ángulo de pulverización, por otro lado, al tratarse de un penetrante post emulsionable es adecuado realizar un monitoreo de tiempo de penetración [29].

#### **1.6.3.5.4. Paso cuarto**

Posterior a una correcta limpieza de exceso de penetrante y secado se aplica el revelador. Por medio de la acción secante propia del revelador, éste extrae el penetrante dispuesto en las cavidades del área de inspección. Existen dos tipos de revelador: los húmedos y los secos [29].

Con respecto al método portátil para este apartado tenemos una lata de aerosol presurizada para la aplicación del limpiador, penetrante y revelador.

Es relevante que la aplicación del revelador sea a manera de una capa suave y uniforme, evitar poner varias capas de revelador, las indicaciones pequeñas pueden ser comprometidas en cuanto a su detectabilidad por revestimientos gruesos, el tiempo que debe actuar el revelador es al menos la mitad del tiempo de penetración.

#### **1.6.3.5.5. Paso quinto**

Realizar el análisis y registrar los datos del ensayo por la prueba de penetración.

#### **1.6.3.6. Aplicaciones y limitaciones del ensayo de tintas penetrantes visibles**

Cuando no es factible el uso del método de partículas magnéticas en una soldadura de aluminio o acero inoxidable se lleva a cabo una inspección por líquidos penetrantes, este método es de gran utilidad al momento de determinar discontinuidades en todo tipo de soldaduras. Este tipo de ensayo es usado en gran medida en la industria del petróleo con la finalidad de examinar la presencia de grietas en la superficie y porosidad [17].

El ensayo de tintas penetrantes es ampliamente empleado con la finalidad de detectar grietas cuyo origen sea: corrosión, fatiga mecánica, fatiga térmica; no obstante, esta

metodología solo es capaz de detectar fallas en la parte superficial, no genera un valor en cuanto a la profundidad de una grieta [26].

Los candidatos más usuales para este método contienen a soldaduras, recipientes a presión, superposiciones de soldadura, elementos de fundición, elementos de forja, elementos mecanizados, válvulas y acero estructural. Es habitual el uso en material que no sean ferromagnéticos en los cuáles los ensayos de partículas magnéticas resultan no factibles. Para el ensayo de tintas penetrante el material no debe ser poroso y en cuanto a sus defectos, estos no deben ser tan profundos; la profundidad de las discontinuidades no se indica en este ensayo [22].

#### **1.6.4. Soldadura**

Es importante tener en consideración el desarrollo tecnológico en contexto con la soldadura, actualmente se pueden emplear más de 75 tipos de procesos de soldadura. La razón principal de la existencia de varios métodos de soldadura es que en cada uno se sitúan diferentes ventajas y desventajas en una aplicación específica [30].

##### **1.6.4.1. Soldabilidad del acero**

Entre los materiales más usuales que se emplean para soldar tenemos a los aceros, como material base. Juntamente con aditivos de una amplia gama de materiales de aleación. A continuación, se presenta una lista con base en [31] de las principales clases de aceros empelados:

- Acero inoxidable
- Acero al carbono
- Aceros de alta resistencia

La soldabilidad es concebida como un punto en el cual los materiales que están involucrados en la soldadura son afectados y tienden a conservar sus características mecánica tales como: fuerza, resistencia a oxidación, resistencia a corrosión, entre otras. Todas las propiedades del metal involucrado en la soldadura están ligadas con: la selección del material de aporte, tipo de material base, metodología de soldadura y el método de soldadura empelado. Por otro lado, las propiedades pertenecientes a la ZAT se

encuentran determinadas por factores como: cantidad de energía térmica que es entregada durante el proceso y, en gran influencia, por la composición del material base [31].

En un contexto de soldabilidad, los aceros al carbono y los aceros de baja aleación se dividen en cinco categorías acorde a su resistencia, composición, los requerimientos de tratamientos térmicos, sus propiedades o sus temperaturas. Con base en [32] se genera la siguiente lista:

- Acero al carbono
- Aceros HSLA
- Aceros de baja aleación templados y revenidos
- Aceros al cromo-molibdeno

Para los procesos de soldadura que hacen uso de un fundente, como es el caso de SMAW, es recomendable el uso de electrodos de bajo hidrógeno con aceros susceptibles a grietas; no obstante, el grado de contenido de humedad en estos ha de mantenerse por debajo de los estándares permitidos en la especificación del material de aporte. Los electrodos son contruidos para usarse dentro del rango de humedad aceptable y son almacenados en contenedores que les otorguen protección contra la humedad necesaria para cada tipo de recubrimiento y aplicación [32].

Una regla apropiada para emplear es que cuando se desarrolla una soldadura SMAW con la finalidad de soldar acero al carbono es que el metal de soldadura tiene que, ligeramente, superar la resistencia del material empelado como base. A partir de esto, las series de electrodos E60XX son las más factibles con la finalidad de soldar aceros suaves y con un contenido de carbono bajo. Es importante mencionar que las series de electrodos recubiertos E60XX no son fabricados con recubrimientos de bajo contenido de carbono, por lo tanto, no han de emplearse con aceros sensibles al agrietamiento por hidrógeno [32].

A continuación, se presenta la Tabla 3 mostrada en [32], con la clasificación de los aceros al carbono y su respectiva soldabilidad.

Tabla 3. Clasificación y Soldabilidad de los Aceros al Carbono [32]

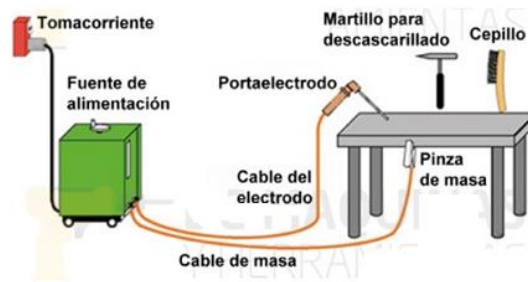
Nombre común	C (%)	(HRB)	(HRC)	Uso	Soldabilidad
Acero bajo en carbono	0.15 máx..	60 HRB	-	Placas y formas especiales, láminas, tiras, electrodos de soldadura	Excelente
Acero dulce	0.15-0.30	90 HRB	-	Formas estructurales, placa y barra.	Buena
Acero de medio carbono	0.30-0.50	-	25 HRC	Piezas de máquinas y herramientas	Aceptable (normalmente se requiere precalentamiento y postcalentamiento; se recomienda un proceso de soldadura con bajo contenido de hidrógeno)
Acero de alto carbono	0.50-1.00	-	40 HRC	Resortes, troqueles, rieles de ferrocarril	Pobre (soldadura con bajo hidrógeno) proceso, precalentamiento y postcalentamiento requerido)

## 1.6.5. Soldadura SMAW

### 1.6.5.1. Definición

El proceso de soldadura por arco o también denominado soldadura de metal manual, es un proceso de soldeo a través de arco que se lleva a cabo con un electrodo revestido y el baño de soldadura. El blindaje es conseguido a través del recubrimiento del electrodo. Este proceso es de aplicación manual y con este se pueden soldar aceros de cualquier espesor, además es posible soldar metales no ferrosos en todas las posiciones. Para efectuar este proceso de manera acertada se requiere de un alto nivel de conocimiento por parte del soldador [33].

Para llevar a cabo este proceso de soldadura se emplea un equipo como se muestra en la Figura 6. La fusión es lograda a través del calor emanado de un arco conformado entre un electrodo con revestimiento fundente consumible y con la pieza a trabajar. Dicho arco no está expuesto a la atmósfera gracias a la acción de una cubierta de gas que es lograda por el derretimiento del fundente, al mismo tiempo este limpia la pieza de trabajo de contaminantes dando paso a la formación de escoria. Esta escoria debe ser limpiada luego de cada aplicación [34].



*Fig. 6 Equipo de soldadura [34]*

### **1.6.5.2. Aplicaciones**

Los usos más usuales del proceso SMAW los encontramos en soldadura de tuberías, soldadura de boquillas, nodos, soldadura de estructuras con elementos medianos y pesados. Este proceso de soldadura es usado con mayor frecuencia en exteriores debido a la protección favorable que provee el gas debido al fundente de fusión [34].

### **1.6.5.3. Diseño y preparación de la junta**

Considerando que las juntas de ranura cuadrada son, en cuestión de preparar, las más económicas su espesor está limitado a seis milímetros. Por otro lado, las soldaduras de filete no requieren de una preparación tan minuciosa o simplemente, no requieren algún tipo de preparación [35].

A continuación, se presenta la Tabla 4 presente en [35], en dónde se puede evidenciar los factores que influyen en el diseño de la junta.

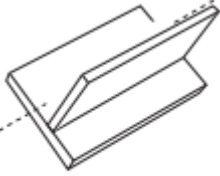
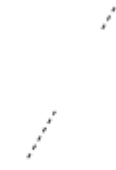


Tabla 4. Factores influyentes en el diseño de la junta [35]

N	Factores clave que influyen en el diseño de la junta	Subfactores que influyen en la selección
1	Material	Espesor, tipo
2	Diseño de soldadura	Soldadura en un lado, ambos lados.
3	Exigencia de diseño en la soldadura completa	Resistencia de la soldadura, estética.

#### 1.6.5.4. Posiciones de soldadura








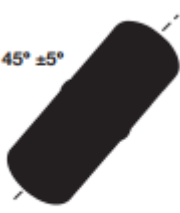
Con la finalidad de visualizar las posiciones de soldadura de filete se elabora la Tabla 5.

Tabla 5. Posiciones en soldadura de filete [33]

SOLDADURA DE FILETE			
Plana 1F	Horizontal 2F	Vertical 3F	Elevada 4F
 <p>Axis of Weld Horizontal</p>	 <p>Axis of Weld Horizontal</p>	 <p>Axis of Weld Vertical</p>	 <p>Axis of Weld Horizontal</p>

Para obtener una perspectiva gráfica de las posiciones de soldadura de ranura se presenta la Tabla 6.

Tabla 6. Posiciones en soldadura de ranura [33]

SOLDADURA DE RANURA			
Plana 1G	Horizontal 2G	Vertical 3G	Elevada 4G
 <p>Plates, Axis of Weld Horizontal</p>	 <p>Plates vertical, Axis of Weld Horizontal</p>	 <p>Plates vertical, Axis of Weld Vertical</p>	 <p>Plates Overhead, Axis of Weld Horizontal</p>
1G	2G	5G	6G
 <p>Pipe shall be turned or rolled while welding axis of pipe horizontal</p>	 <p>Axis of Pipe Vertical</p>	<p>"Bell Hole"</p>  <p>Pipe shall not be turned or rolled while welding axis of pipe horizontal</p>	<p>"Arkansas Bell Hole"</p>  <p>45° ±5° Pipe stationary with axis approximately 45°</p>

## 1.6.6. Discontinuidades y defectos en Soldadura SMAW

### 1.6.6.1. Definición

Al referirnos a defectos y discontinuidades hacemos referencia a la falta de uniformidad o homogeneidad en la estructural propia de la soldadura, esta situación puede llevarse a nivel mecánico, metalúrgico o físico del material o soldadura. Es importante mencionar que todas las soldaduras son propensas a presentar discontinuidades y fallas; no obstante, no son necesariamente defectos. Para AWS, un defecto es “Discontinuidad o discontinuidades, que debido a su naturaleza hacen que el producto no cumpla con las normas de calidad”; respecto a este término se aplica la “rechazabilidad” [36].

### 1.6.6.2. Defectos causados por la técnica

#### 1.6.6.2.1. Inclusiones de escoria

Estas inclusiones suceden cuando las partículas de escoria quedan atrapadas en la parte interior del metal, esto provoca una soldadura débil. En la Tabla 7, se presentan causas y prevención para este tipo de defecto y una ejemplificación gráfica en la Figura 7.

Tabla 7. Causas y prevención de inclusiones de escoria [37]

Causas	Prevención
Errática velocidad de pasada	Velocidad de pasada uniforme
Movimiento de oscilación amplio	Movimientos menos amplios de tejido
Residuos de escoria de pasadas anteriores	Remover la escoria luego del proceso
Uso de electrodo muy grande	Usar tamaño de electrodo pequeño
Dejar que la escoria pase por delante del arco	Mantener la escoria por detrás del arco aumentando la velocidad de desplazamiento o cambiando el ángulo del electrodo



Fig. 7 Inclusiones de escoria [37]



### 1.6.6.2.2. Carrileras (Wagon Tracks)

Este tipo de defectos son inclusiones de forma lineal que recorren el eje longitudinal del cordón de soldadura como se muestra en la Figura 8. Su origen se da cuando se permite que la escoria pase por delante del charco de soldadura y cuando la escoria se deposita en el paso de la pasada anterior de soldadura.



Fig. 8 Wagon Tracks [37]

### 1.6.6.2.3. Porosidad

Cuando nos referimos a porosidad hacemos referencia a bolsas de gas en el metal de soldadura que tienden a dispersarse en grupos pequeños o en dirección longitudinal de la soldadura. Este defecto provoca la debilitación de la soldadura de una manera similar a la que lo hacen las inclusiones de escoria [37]. En la Tabla 8 se presentan causas y prevención para este tipo de defecto.

Tabla 8. Causas y prevención de la porosidad [37]

Causas	Prevención
Excesiva corriente de soldadura	Reducción de la corriente de soldadura
Grasa, aceite, suciedad presente en la superficie del metal base.	Limpieza del metal base, superficie a trabajar.

<b>Causas</b>	<b>Prevención</b>
Presencia de humedad relevante en los revestimientos de los electrodos.	Electrodos secos
Presencia de impurezas en el metal base.	Cambiar el metal base por una composición diferente.
Longitud corta del arco, exceptuando de casos en los cuales se emplean electrodos de bajo hidrógeno o acero inoxidable.	Emplear ligeramente una longitud de arco más larga
Altas velocidades de desplazamiento.	Emplear una menor velocidad de desplazamiento
	Pre calentamiento del material base

#### **1.6.6.2.4. Piping Porosity**

Este es el nombre con el cual se conoce a las bolsas de gas con forma alargada y que en la mayoría de los casos se genera por la presencia de humedad o azufre en la unión de la soldadura como se representa en la Figura 9. Para prevenir este tipo de defecto se emplean velocidades de avance pequeñas con la finalidad de permitir el desalojamiento de los gases antes que el metal se congele [37].



*Fig. 9 Piping porosity [37]*

### 1.6.6.2.5. Socavado

Este defecto es una ranura fundida en el metal base cerca de la zona de la raíz o punta la cual no se llena por completo. Esto provoca un debilitamiento en la unión y es un causante de la generación de grietas. En la Tabla 9 se presentan causas y prevención para este tipo de defecto y una representación gráfica en la Figura 10.

Tabla 9. Causas y prevención del Socavado [37]

Causas	Prevención
Excesiva corriente de soldadura	Elegir la corriente adecuada respecto a las características del electrodo y posición de soldadura
Larga longitud de arco	Mantener una corta longitud de arco
Excesiva velocidad de tejido	Realizar una pausa en cada lado del cordón cuando se emplea una técnica de tejido
Excesiva velocidad de desplazamiento	Emplear una velocidad de desplazamiento lenta con la finalidad de llenar de manera completa las áreas del metal base
En soldadura verticales y horizontales este defecto es provocado por el uso de electrodos grandes y un ángulo incorrecto	



Fig. 10 Socavado [37]

#### 1.6.6.2.6. Falta de fusión

Este tipo de defecto se desarrolla cuando el metal para soldar no logra una fusión completa con el metal base y puede ocurrir entre el metal base y metal para soldar o entre varias pasadas. En la Tabla 10 se presentan causas y prevención para este tipo de defecto y una representación gráfica en la Figura 11.

Tabla 10. Causas y prevención de la falta de fusión [37]

Causas	Prevención
Excesiva velocidad de desplazamiento	Reducir la velocidad de desplazamiento
Empleo de un tamaño de electrodo grande	Emplear un electrodo de menor tamaño de diámetro
Baja corriente de soldadura	Empelar más corriente de soldadura
Pobre preparación de la junta	Mejorar la preparación de la junta
Adelantamiento del metal de soldadura del arco.	Emplear un ángulo adecuado de electrodo



Fig. 11 Falta de fusión [37]

#### 1.6.6.2.7. Sobremonta

Se denomina así a la protuberancia en el metal de soldadura por sobre el borde o punta del cordón de soldadura. Este defecto ocasiona un área con falta de fusión y es un generador de grietas. En la Tabla 11 se presentan causas y prevención para este tipo de defecto y una representación gráfica en la Figura 12.

Tabla 11. Causas y prevención de la sobremonta [37]

<b>Causas</b>	<b>Prevención</b>
Velocidad de desplazamiento lenta	Aumentar la velocidad de desplazamiento
Empleo de un ángulo incorrecto de electrodo	Empleo de un ángulo de electrodo tal que la fuerza del arco no empuje al metal fundido fuera del charco de soldadura
Soldadura lejos de la conexión a tierra con electrodos grandes.	Rectificar el exceso de metal de soldadura



Fig. 12 Sobremonta [37]

#### 1.6.6.2.8. Fusión

Este defecto ocurre cuando el arco se funde a través de la parte inferior de la soldadura. En la Tabla 12 se presentan causas y prevención para este tipo de defecto y una representación gráfica en la Figura 14.

Tabla 12. Causas y prevención de la fusión [37]

Causas	Prevención
Excesiva corriente de soldadura	Reducción de la corriente de soldadura
Empleo de una velocidad de desplazamiento lenta	Aumentar la velocidad de desplazamiento
Espacio ancho de raíz	Reducir el tamaño de ancho de la raíz

#### 1.6.6.2.9. Golpes de Arco

Encender el arco en la superficie del metal a trabajar es prohibido por muchos códigos. Al golpear el arco en el metal base en un sitio alejado de la unión soldada se puede generar un punto duro en la superficie del metal base; es así como se producen fallas debido al efecto de la muesca que actúa como un generador de grietas [37]. En la Figura 13 se representa de manera gráfica este tipo de defecto.



Fig. 13 Golpe de arco [37]

#### 1.6.6.2.10. Cráteres

Estos defectos son una concavidad en la superficie de la soldadura situada en el punto donde ocurrió la ruptura del arco. Estos son generados cuando el metal se ha solidificado una vez generada la ruptura del arco. Generalmente este cráter se agrieta y es el origen de un agrietamiento lineal hacia el metal base. Para eliminar estos cráteres se lleva a cabo: esmerilado, astillado y la concavidad se pueda llenar con material de aporte. Para prevenir

estos defectos es necesario invertir el recorrido del electrodo hacia atrás desde el extremo del cordón antes de efectuar la ruptura del arco [37].

#### **1.6.6.2.11. Salpicaduras**

Una excesiva cantidad de salpicaduras provoca una mala apariencia de la soldadura, el desperdicio de electrodos hace difícil la eliminación de escoria y genera cierta influencia en la falta de fusión en múltiples pasadas. Una salpicadura gruesa es generada por una longitud de arco larga. Por otro lado, si la salpicadura es fina, esto se debe a que la corriente empleada en la soldadura es alta. Para eliminar estos defectos se emplea el esmerilado o se emplea una mejor longitud de arco y corriente más baja [37]. Una representación gráfica de salpicaduras se detalla a continuación en la Figura 14.



*Fig. 14 Salpicaduras [37]*

#### **1.6.6.2.12. Distorsión y alabeo**

Estos son causados debido a la expansión y contracción de manera no uniforme de la soldadura y metal base desarrollado en el proceso de calentamiento y enfriamiento de la soldadura. La soldadura no es aceptable cuando se desarrolla un cambio total en las dimensiones requeridas de la soldadura [37]. En la Tabla 13 se presenta la prevención para este tipo de defecto y una representación gráfica en la Figura 15.

Tabla 13. Prevención de distorsión y alabeo [37].

Prevención
Depositar la cantidad requerida de metal de soldadura
Lados alternos o soldadura en secuencia
Partes preestablecidas con la finalidad de compensar distorsión



Fig. 15 Distorsión [37].

#### 1.6.6.2.13. Falta de penetración

La falta penetración puede localizarse en la raíz y su causa es la falta de calor en el proceso de soldadura como se representa en la Figura 16. Esta falta de calor se puede ocasionar a un amperaje bajo, sobreexposición de electrodos o a una velocidad de desplazamiento elevada. La inadecuada penetración puede ser ocasionada por una mala preparación de los bordes de la junta. Se provoca una falta de penetración en la raíz debido a una abertura en la raíz apretada o un ángulo de ranurado pequeño. Para evitar la generación de este problema hay que cerciorarse del uso de suficiente calor en un diseño de junta correcto y que el soldador posea experiencia en el tema [37].

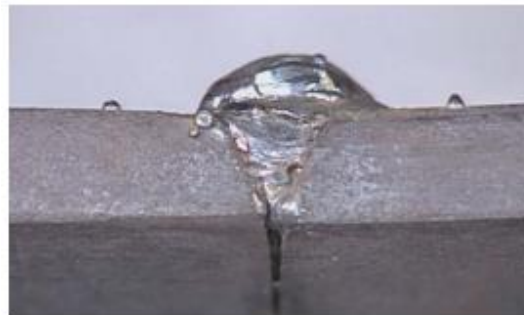


Fig. 16 Falta de penetración [37]



#### **1.6.6.2.14. Agrietamiento**

Este problema puede ser generado por la aplicación de una mala técnica de soldadura, mal proceso de soldeo o materiales defectuosos. Existen agrietamientos en frío y caliente; adicionalmente, estos pueden seguir una orientación transversal o longitudinal al eje del cordón de soldadura. Las grietas transversales se generan a causa de tensiones de contracción de manera longitudinal. Por contraparte, las grietas longitudinales se deben a una alta restricción de juntas y el empleo de altas velocidades de enfriamiento [37].

#### **1.6.6.2.15. Agrietamiento en caliente**

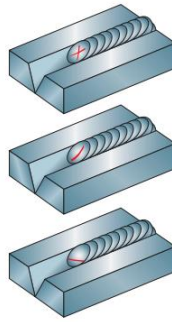
El agrietamiento en caliente, de manera general, sucede en juntas de penetración completa y se debe temperaturas elevadas justo después del inicio de solidificación del metal. Este problema se genera por un contenido excesivo de: azufre, plomo y fósforo en el metal base. Adicionalmente, este problema también surge a causa de una mala metodología para romper el arco [37]. En la Tabla 14 se presenta la prevención para este tipo de defecto.

*Tabla 14. Prevención del agrietamiento en caliente [37].*

<b>Prevención</b>
Pre calentamiento
Uso de electrodos de bajo hidrógeno
Aumentar el área de la sección transversal del cordón de soldadura
Optar por otro contorno del cordón de soldadura
Usar material base con bajo contenido de: azufre, plomo y fósforo

#### **1.6.6.2.16. Agrietamiento de cráter**

Estas grietas carecen de una extensa profundidad y su origen es la mala metodología a la hora de romper el arco, en la Figura 17, se pueden apreciar varias maneras en que se desarrolla el agrietamiento en el cráter:



*Fig. 17 Grietas de cráter [37]*

Este tipo de grietas pueden prevenirse usando la misma metodología vista en los cráteres; invertir el recorrido del electrodo hacia atrás desde el extremo del cordón antes de efectuar la ruptura del arco [37].

#### **1.6.6.2.17. Agrietamiento en frío**

Este tipo de agrietamiento ocurre después que se ha efectuado por completo la solidificación del metal de soldadura. Este problema podría ocurrir, incluso, varios días después de efectuado el proceso y su causa es el debilitamiento por hidrógeno, rápido enfriamiento. Con la finalidad de reducir este problema se emplean: el precalentamiento y el uso de electrodos de bajo-bajo carbono [37].

#### **1.6.6.2.18. Grietas en la línea central**

Este tipo de grietas son en frío que ocurren de manera más usual en soldaduras de filete de un solo paso. Una fisura orientada de manera longitudinal en la línea central ocurre en la en el centro de la soldadura, como se muestra en la Figura 18 y en la Tabla 15 se presentan causas y formas de prevención.



*Fig. 18 Grieta longitudinal [37]*

*Tabla 15. Causas y prevención de agrietamiento longitudinal [37]*

<b>Causas</b>	<b>Prevención</b>
Cordón de soldadura pequeño en relación con el espesor del metal base	Aumentar el tamaño de cordón de soldadura
Mal ajuste	Disminuir el ancho de espacio
Restricción de la junta	Colocación correcta de la junta
Extensión de una grieta de cráter	Prevención de cráteres

## CAPÍTULO II

### METODOLOGÍA

#### 2.1. Materiales

Medios físicos que se emplearán con la finalidad de llevar a cabo el trabajo experimental y el análisis de los datos obtenidos.

##### 2.1.1. Equipo de soldadura SMAW

Para la elaboración de las juntas soldadas se empleará el equipo Arcweld® 130i-ST DV, mostrado en la Figura 19.



Fig. 19 Equipo Arcweld® 130i-ST DV

##### 2.1.2. Probetas de acero ASTM A-36

Este acero también es denominado como “acero dulce”, es un acero estructural con acabado en caliente y posee una soldabilidad buena. A continuación, en la Tabla 16 se muestran las propiedades mecánicas de este material.

Tabla 16. Propiedades mecánicas del acero ASTM A36 [38], [39]

Nombre	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Tensión de Rotura (KPa)	Coefficiente de Poisson	Módulo de Young (GPa)
ASTM A36	7.65	250	400	0.29	200

Este acero permite en su especificación hasta un 0.25% de C., su microestructura contiene ferrita y perlita. En la Tabla 17 se presenta la composición química del acero ASTM A36.

Tabla 17. Composición química del acero ASTM A36 [38], [39]

Nombre	%C	%Mn
ASTM A36	~0.15%	0.7

### 2.1.3. Kit para inspección por líquido penetrante

El kit para inspección por tintas penetrantes visibles incluye los elementos mostrados en la Tabla 18 con su representación gráfica en la Figura 20.

Tabla 18. Kit de tintas penetrantes

Producto	Marca
Cleaner E-59A	Met-L-Chek
Penetrante VP-30	Met-L-Chek
Revelador D-70	Met-L-Chek



Fig. 20 Kit de tintas penetrantes visibles

#### 2.1.4. Agentes limpiadores/removedores propuestos para el trabajo experimental

Con la finalidad de desarrollar el trabajo experimental se proponen tres agentes limpiadores/removedores, los mismos que son de fácil acceso en el mercado local y tienen propiedades disolventes. Figura 21.

- Disolvente (Thinner)
- Gasolina
- Acetona



*Fig. 21 Agentes limpiadores/removedores (acetona, gasolina, thinner)*

##### 2.1.4.1. Disolvente (Thinner)

El primer agente propuesto para realizar el experimento es conocido como diluyente y es el resultado de la mezcla de: solvente de origen orgánico y derivados del petróleo, con la finalidad de disolver sustancias insolubles en agua [40]. A continuación, en la Tabla 19 se detallan las propiedades del primer agente limpiador/removedor.

*Tabla 19. Propiedades del primer agente limpiador/removedor; disolvente, Thinner [40]*

Sustancia	Porcentaje
Tolueno	5-50 %
Alcohol metílico	15-50%
Cetonas	5-40%
Hexano	5-30%
Alcoholes	5-40%
Xileno	5-20%
Ésteres	3-50%

### 2.1.4.2. Gasolina

Este es el segundo agente propuesto para el experimento, la gasolina es un hidrocarburo generado a partir del petróleo crudo, es usada para limpieza con disolventes ya que es un agente limpiador y desengrasante. Es insoluble en agua [41]. A continuación, en la Tabla 20 se detallan las propiedades del segundo agente limpiador/removedor.

Tabla 20. Propiedades del segundo agente limpiador/removedor; gasolina [41].

<b>Fórmula química</b>	C4-C12
<b>Composición (%)</b>	C= 85-88
	H= 12-15
<b>Gravedad específica</b>	0.720
<b>Punto de ebullición (°C)</b>	35-225
<b>Temperatura de autoignición (°C)</b>	257
<b>Límite de inflamabilidad (vol%)</b>	1.4-7.6

### 2.1.4.3. Acetona

Este es el tercer agente propuesto para la experimentación, la acetona es empleada como disolvente de sustancias químicas, esta sustancia se evapora con facilidad y es soluble en agua y en solventes tales como: etanol, éter y metanol [42]. A continuación, en la Tabla 21 se detallan las propiedades del último agente limpiador/removedor.

Tabla 21. Propiedades del tercer agente limpiador/removedor, acetona [42]

<b>Fórmula química</b>	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O
<b>Gravedad específica</b>	0.789
<b>Punto de ebullición (°C)</b>	56.2; 760mmHg
<b>Punto de fusión (°C)</b>	-94.6
<b>Solubilidad en agua</b>	Miscible, 20°C
<b>Temperatura de autoignición (°C)</b>	465

### **2.1.5. Toallas para limpieza de penetrante**

El papel debe ser resistente y no debe generar residuos, empleado para limpieza de penetrante y su respectivo exceso.

### **2.1.6. Cepillo de acero inoxidable**

Esta herramienta, Figura 22, se usa con la finalidad de eliminar contaminantes externos que se encuentren en el cordón de soldadura con la finalidad de realizar una prelimpieza mecánica manual para la ejecución del ensayo de tintas penetrantes visible.



*Fig. 22 Cepillo de acero*

### **2.1.7. Guantes de protección**

Se emplean guantes de protección mecánica con la finalidad de efectuar la limpieza mecánica de manera segura. Adicionalmente se emplean guantes para protección de agentes químicos para la ejecución de los ensayos de tintas penetrantes con los agentes: limpiador/removedor, penetrantes y revelador.

### **2.1.8. Overol**

Empleado para la protección de partículas sólidas y salpicaduras de líquidos.

## **2.2. Métodos**

La metodología para realizar el trabajo experimental está compuesta por varias etapas y estas guardan relación entre sí.

### **2.2.1. Enfoque de la investigación**

Este trabajo experimental se enmarcará en un enfoque de carácter mixto, ya que se analiza y describe la manera en que la detectabilidad de discontinuidades se ve afectada al variar el agente limpiador/removedor, haciendo uso de recolección de datos estadísticos.



## **2.2.2. Nivel o tipo de investigación**

### **2.2.2.1. Bibliográfico**

A través de este método se recopilará información necesaria para cumplir con uno de los objetivos del trabajo experimental, se obtiene información de fuentes internacionales y esta es estudiada con la finalidad de establecer el sustento teórico.

### **2.2.2.2. Exploratorio**

El trabajo es exploratorio, con el fin de realizar un análisis de como se ve afectada la detectabilidad de discontinuidades en juntas soldadas al variar el agente limpiador/removedor, mismo que no se ha valorado en otros estudios.

### **2.2.2.3. Descriptivo**

En este trabajo experimental se hace uso del método descriptivo, ya que se describirá la manera en que la detectabilidad de discontinuidades en juntas soldadas se ve afectada al cambiar el agente limpiador/removedor a través de un ensayo de tintas penetrantes visibles.

### **2.2.2.4. Correlacional**

Este trabajo correlaciona: la detectabilidad de discontinuidades con los cuatro diferentes agentes limpiadores/removedores, que se emplean en el ensayo de tintas penetrantes visibles. A fin de relacionar estas variables es posible determinar que agente es capaz de proporcionar resultados óptimos de detectabilidad.

## **2.3. Metodología**

### **2.3.1. Población y Muestra**

#### **2.3.1.1. Población**

Debido a que el estudio se enmarcará en juntas soldadas de ranura posición 1G por proceso SMAW en acero al carbono ASTM A36, se procede a determinar una muestra con la finalidad de obtener una proporción de la población con las mismas características, presencia de discontinuidades.

#### **2.3.1.2. Muestra**

El tamaño de la muestra se determinará con la Ecuación 1.[43], Tamaño de la muestra para una estimación por intervalo de la proporción poblacional:

$$n = \frac{(z_{\alpha/2})^2 p^*(1 - p^*)}{E^2}$$

Esta ecuación está dada por:

$(z_{\alpha/2})$  cuyo valor está ligado al intervalo de confianza, el nivel de confianza será del 95% y los valores se encuentran en la Tabla 22:

Tabla 22. Valores de  $z_{(\alpha/2)}$  para los niveles de confianza más usados [43]

Nivel de confianza	$\alpha$	$\alpha/2$	$z_{\alpha/2}$
90%	.10	.05	1.645
95%	.05	.025	1.96
99%	.01	.005	2.576

$p^*$ , proporción muestral y está definida como la probabilidad que suceda el evento.

En [43] se menciona que es factible proponer una buena aproximación para determinar este valor, para el cálculo de la muestra el valor de  $p^*$  será de 0.99 debido a que la probabilidad que suceda el evento, la presencia de discontinuidades en soldadura se enmarca en este rango ya que las probetas se elaboran de manera intencional con defectos cuyo origen se detalla en el Capítulo 1; Discontinuidades y defectos en Soldadura SMAW.

$E^2$ , es el margen de error que se está dispuesto a aceptar y para la determinación de la muestra, será del 7%.

Reemplazando los datos en la Ecuación 1, tenemos:

$$n = \frac{(1.96)^2 0.99(1 - 0.99)}{(0.07)^2}$$

$$n = 7.76 \cong 8$$

Se determina que la muestra es de 8; es decir, se efectuará el análisis en 8 probetas de juntas soldadas de ranura posición 1G por proceso SMAW en acero al carbono ASTM

A36. En la Tabla 23 se muestran el número de ensayo a realizar en cada probeta para los agentes limpiadores/removedores propuestos.

*Tabla 23. Ensayos y probetas*

Probetas	Número de ensayo con el agente limpiador/removedor Cleaner E59A	Número de ensayo con el primer agente limpiador/removedor; thinner.	Número de ensayo con el segundo agente limpiador/removedor; acetona	Número de ensayo con el tercer agente limpiador/removedor; gasolina
1	#1	#9	#17	#25
2	#2	#10	#18	#26
3	#3	#11	#19	#27
4	#4	#12	#20	#28
5	#5	#13	#21	#28
6	#6	#14	#22	#30
7	#7	#15	#23	#31
8	#8	#16	#24	#32

### **2.3.2. Diseño de las probetas**

Las normas ASTM E165 y E1220 no especifican las medidas que deben tener las probetas a examinar puesto que en el ensayo de tintas penetrantes es empleado con la finalidad de analizar cualquier longitud de cordón; sin embargo, con base en el Código de Soldadura Estructural de Acero, AWS D1.1, se emplea como referencia las dimensiones indicadas en la figura 6.20 correspondiente a “Placa de ensayo para espesor limitado, todas las posiciones”.

Las dimensiones de las placas para la elaboración de la junta soldada determinada son:

- Largo: 180 mm
- Ancho: 75mm
- Espesor: 4mm

### **2.3.3. Normativa**

Con respecto a la normativa a emplear se determinan tres: en primera instancia el Código de Soldadura Estructural de Acero AWS D1.1 en cuanto a las especificaciones de las

juntas soldadas y dimensiones de la probeta. En segundo lugar, el Método Estándar de Prueba por Tintas Penetrantes Visibles usando el proceso de remoción por solvente, ASTM E1220, en cuanto a los requerimientos y el procedimiento para ejecutar el ensayo. Se tomarán en consideración los lineamientos plateados en ASME VIII División 1 Apéndice 8 en cuanto a los criterios de aceptación y rechazo.

### 2.3.4. Operación de variables

Variable independiente: Variación del agente limpiador/removedor:

Definición de la variable	Categoría	Indicador	Ítems	Técnicas e instrumentos
Dentro del ensayo de tintas penetrantes visibles se emplea el agente limpiador/removedor con la finalidad de eliminar el exceso de penetrante. Este paso resulta relevante ya que es esencial no eliminar el penetrante de manera completa de los defectos superficiales. Los penetrantes son eliminados con agua, primero con un emulsionante y luego con agua o se puede eliminar con un solvente.	Agente removedor/limpiador convencional.	Cleaner E59A (fabricante)	Nivel de la capacidad de eliminar el penetrante.	Hojas de registros de datos.  Ensayos.  Normas.
			Tiempo de secado en la superficie.	
	Agente removedor/limpiador propuestos.	Thinner	Nivel de la capacidad de eliminar el penetrante.	
			Tiempo de secado en la superficie.	
		Gasolina	Nivel de la capacidad de eliminar el penetrante.	
			Tiempo de secado en la superficie.	
		Acetona	Nivel de la capacidad de eliminar el penetrante.	
			Tiempo de secado en la superficie.	

Variable dependiente

La detectabilidad de discontinuidades:

Definición de la variable	Categoría	Indicador	Ítems	Técnicas e instrumentos
<p>La detectabilidad de discontinuidades en soldadura depende de la técnica que se emplea para evaluar las mismas. Las discontinuidades en soldadura se refieren a la falta de homogeneidad en el material debido al proceso, una discontinuidad no es necesariamente un defecto, para determinar si se trata de un defecto se emplean normas o estándares.</p>	<p>Discontinuidades superficiales presentes en el proceso de soldadura SMAW.</p>	<p>Grietas o Fisuras</p>	<p>Número de fisuras presentes.</p>	<p>Hojas de registros de datos.  Ensayos.  Normas.</p>
		<p>Socavación</p>	<p>Número de socavaduras presentes.</p>	
		<p>Poros y nidos de poros.</p>	<p>Número de poros presentes.</p>	

### 2.3.5. Plan de recolección de información

La recolección de información se realizará a través de la investigación bibliográfica, tales como: libros, códigos, normas, manuales, entre otros, cuyos temas están ligados a los objetivos de la investigación. Además, una revisión de catálogos de proveedores de los insumos necesarios para llevar a cabo la elaboración de probetas.



Se realizarán los ensayos de tintas penetrantes visibles en las 8 probetas y en cada probeta se realizan 4 pruebas con la variación respectiva del agente limpiador/removedor. Aplicando la observación directa se obtendrán resultados de los ensayos cuya información será recolectada a través fichas. A continuación, Tabla 24 con códigos presentes en las fichas de procesamiento de datos:

Tabla 24. Códigos de las fichas de procesamiento de datos

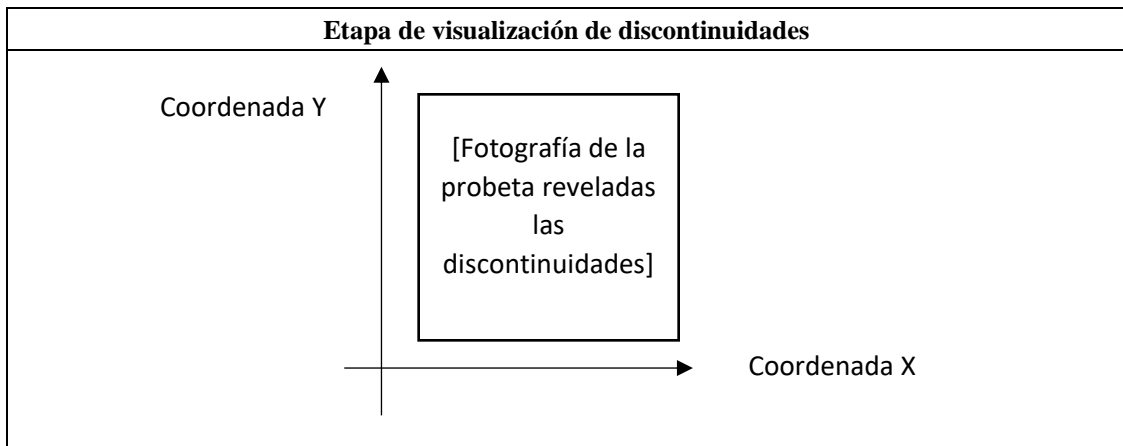
Código	Significado
PT-CL	Ensayo de tintas penetrantes visibles con agente limpiador/removedor: Cleaner E 59A.
PT-TH	Ensayo de tintas penetrantes visibles con agente limpiador/removedor: Thinner.
PT-AC	Ensayo de tintas penetrantes visibles con agente limpiador/removedor: Acetona.
PT-GA	Ensayo de tintas penetrantes visibles con agente limpiador/removedor: Gasolina.
PTF-CL	Ensayo de tintas penetrantes fluorescentes con agente limpiador/removedor: Cleaner E 59A.
PTF-TH	Ensayo de tintas penetrantes fluorescentes con agente limpiador/removedor: Thinner.
PTF-AC	Ensayo de tintas penetrantes fluorescentes con agente limpiador/removedor: Acetona.
PTF-GA	Ensayo de tintas penetrantes fluorescentes con agente limpiador/removedor: Gasolina.
NA	No aplica.
3A	Tres veces el ancho de la indicación, empleado para criterio de aceptación y rechazo.
#	Cuadro de fondo negro: número de discontinuidad localizada.
#	Cuadro de fondo celeste: número de discontinuidad localizada que no aparece en la coordenada mostrada pero sí en el ensayo de control (con agente limpiador/removedor Cleaner E 59A)

En la Tabla 25 se evidencia el formato de la ficha de procesamiento de datos.

Tabla 25. Formato de ficha de procesamiento de datos:

		Universidad Técnica de Ambato		
		Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica		
		Carrera de Mecánica		
		Informe de Tintas Penetrantes Visibles/Fluorescentes		
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT(F)-XX-XX
<b>Responsable:</b>	-		<b>Fecha:</b>	-
<b>Solicitante:</b>	-	<b>Inspección:</b>	-	
<b>Espesor:</b>	-	<b>Proceso de soldadura:</b>		-
<b>Material base (MB):</b>	-	<b>Material de aporte</b>	-	
<b>Procedimiento:</b>	-	<b>Técnica</b>	-	
<b>Temperatura</b>	-	<b>Limpieza</b>	-	
<b>Iluminación</b>	-	<b>Posición de Soldadura</b>	-	
<b>Ensayo N°:</b>	-	<b>Norma</b>	-	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	-	-	-	-
<b>Modelo de aplicación:</b>	-	-	-	-
<b>Tiempo:</b>	-	-	-	-
<b>Marca:</b>	-	-	-	-
<b>Secado:</b>	-			
<b>Observaciones:</b>				
<b>Procedimiento:</b>				
[Fotografía de la Probeta]				
Prelimpieza	Tiempo de Penetración	Remoción exceso de penetrante	Revelado	
[Fotografía]	[Fotografía]	[Fotografía]	[Fotografía]	





Resultados obtenidos:

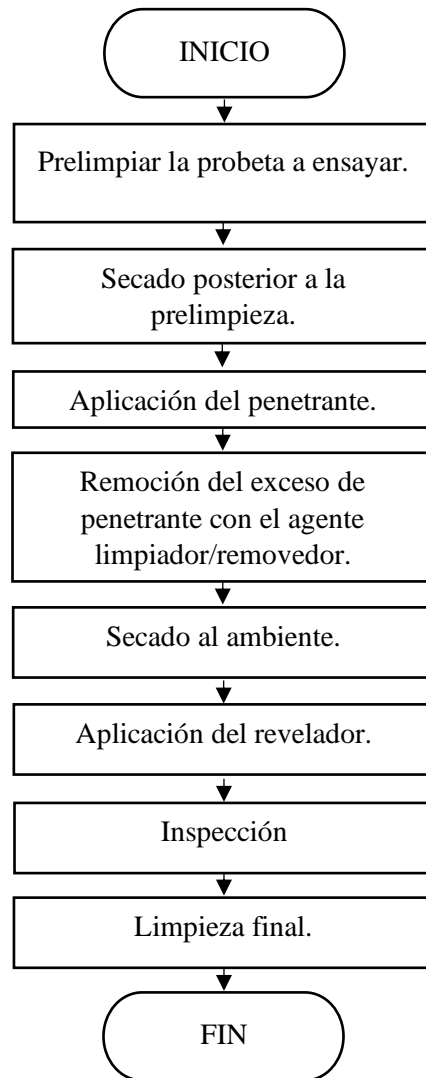
N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1							
2							
3							
4							
5							
n							

Observaciones:

Aceptación y rechazo

Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
n							
Total						-	-

### 2.3.6. Diagrama de flujo del proceso general del ensayo de tintas penetrantes visibles



*Fig. 23 Diagrama de flujo del proceso general del ensayo de tintas penetrantes visibles*

**2.3.7. Diagrama de flujo del procedimiento específico para el ensayo por tintas penetrantes visibles**

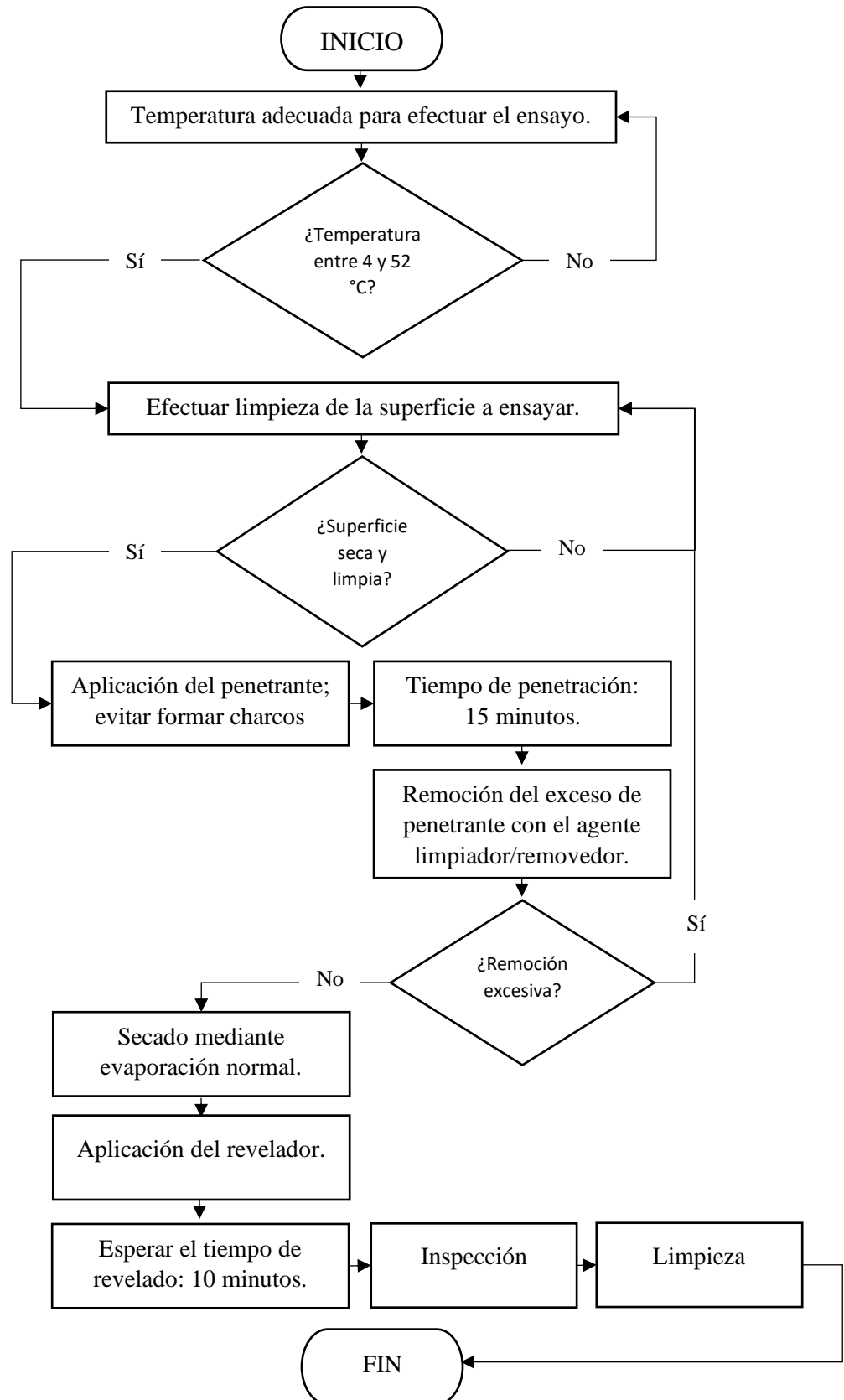







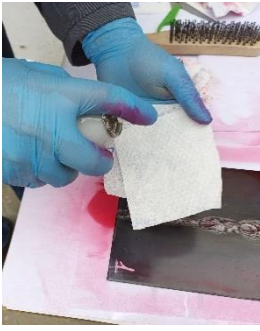



Fig. 24 Diagrama de flujo del procedimiento específico para el ensayo por tintas penetrantes visibles

### 2.3.8. Procedimiento de la realización del ensayo de tintas penetrantes visibles

Tabla 26. Procedimiento para el ensayo de tintas penetrantes visibles

1) Limpieza		2) Aplicación del penetrante	3) Tiempo de penetración	
1.1) Limpieza mecánica	1.2) Limpieza con el agente limpiador/removedor		El tiempo de penetración es de 15 minutos	
				
4) Remoción del exceso de penetrante		5) Aplicación del revelador	6) Evaluación de discontinuidades	7) Limpieza Final
4.1) Remoción del exceso con paño seco.	4.2) Remoción del exceso con paño humedecido con agente limpiador/removedor.	El tiempo de revelado es de 10 minutos.		
				

### **2.3.9. Plan de procesamiento y análisis**

Posterior a la realización de los ensayos, la información que se identificará es el número de discontinuidades con su respectiva denominación, en función del agente limpiador/removedor que se ha empleado. El patrón de comparación se determinará en el ensayo ejecutado con el agente limpiador/removedor que recomienda el fabricante (Cleaner E-59A) y el número de discontinuidades localizadas corresponderán al 100% en cada probeta. A continuación, se ejecutarán los ensayos con las tres propuestas del agente limpiador/removedor para comparar el número de discontinuidades presentes a través de un porcentaje del total evidenciadas. Finalmente se analizará la variación de la indicación producida por el penetrante con acción del revelador a través de criterios de aceptación y rechazo. Se empleará el uso de la probeta TEST PANEL con la finalidad de establecer la variación en la sensibilidad al emplear los agentes limpiadores/removedores en el ensayo de tintas penetrantes fluorescentes.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Análisis y discusión de resultados

##### 3.1.1. Adquisición de datos

La adquisición de datos se llevó a cabo mediante el uso de fichas de procesamiento de datos, enlistadas con un código para cada ensayo y tipo de agente limpiador/removedor. En la Tabla 27 se muestra el número de ensayo con el respectivo agente limpiador/removedor empleado.



*Tabla 27 Designación de las fichas de procesamiento de datos*

N	<b>Designación:</b>	
1	Ensayo de tintas penetrantes visibles 1 con agente limpiador:	Cleaner E 59A
2	Ensayo de tintas penetrantes visibles 2 con agente limpiador:	
3	Ensayo de tintas penetrantes visibles 3 con agente limpiador:	
4	Ensayo de tintas penetrantes visibles 4 con agente limpiador:	
5	Ensayo de tintas penetrantes visibles 5 con agente limpiador:	
6	Ensayo de tintas penetrantes visibles 6 con agente limpiador:	
7	Ensayo de tintas penetrantes visibles 7 con agente limpiador:	
8	Ensayo de tintas penetrantes visibles 8 con agente limpiador:	
9	Ensayo de tintas penetrantes visibles 9 con agente limpiador:	Thinner
10	Ensayo de tintas penetrantes visibles 10 con agente limpiador:	
11	Ensayo de tintas penetrantes visibles 11 con agente limpiador:	
12	Ensayo de tintas penetrantes visibles 12 con agente limpiador:	
13	Ensayo de tintas penetrantes visibles 13 con agente limpiador:	
14	Ensayo de tintas penetrantes visibles 14 con agente limpiador:	
15	Ensayo de tintas penetrantes visibles 15 con agente limpiador:	
16	Ensayo de tintas penetrantes visibles 16 con agente limpiador:	
17	Ensayo de tintas penetrantes visibles 17 con agente limpiador:	Acetona
18	Ensayo de tintas penetrantes visibles 18 con agente limpiador:	
19	Ensayo de tintas penetrantes visibles 19 con agente limpiador:	
20	Ensayo de tintas penetrantes visibles 20 con agente limpiador:	
21	Ensayo de tintas penetrantes visibles 21 con agente limpiador:	
22	Ensayo de tintas penetrantes visibles 22 con agente limpiador:	
23	Ensayo de tintas penetrantes visibles 23 con agente limpiador:	
24	Ensayo de tintas penetrantes visibles 24 con agente limpiador:	
25	Ensayo de tintas penetrantes visibles 25 con agente limpiado	Gasolina
26	Ensayo de tintas penetrantes visibles 26 con agente limpiador:	

<b>N</b>	<b>Designación:</b>	
27	Ensayo de tintas penetrantes visibles 27 con agente limpiador:	Gasolina
28	Ensayo de tintas penetrantes visibles 28 con agente limpiador:	
29	Ensayo de tintas penetrantes visibles 29 con agente limpiador:	
30	Ensayo de tintas penetrantes visibles 30 con agente limpiador:	
31	Ensayo de tintas penetrantes visibles 31 con agente limpiador:	
32	Ensayo de tintas penetrantes visibles 32 con agente limpiador:	
33	Ensayo de tintas penetrantes fluorescentes 1 con agente limpiador:	Cleaner E 59A
34	Ensayo de tintas penetrantes fluorescentes 2 con agente limpiador:	Thinner
35	Ensayo de tintas penetrantes fluorescentes 3 con agente limpiador:	Acetona
36	Ensayo de tintas penetrantes fluorescentes 4 con agente limpiador:	Gasolina

A continuación, se presentan 36 fichas de procesamiento de información de las cuales: 32 pertenecen a ensayos efectuados con tintas penetrantes visibles y 4 pertenecen a ensayos efectuados en probeta Test Panel con tintas penetrantes fluorescentes.





**3.1.1.1. Ensayo de tintas penetrantes visibles 01, agente limpiador removedor:  
Cleaner E-59A**

	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-CL-01
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	11/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui.	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	18 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	01	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Cleaner E-59A	Penetrante VP-30	Cleaner E-59A	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Aerosol	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	Met-L-Chek	Met-L-Chek	Met-L-Chek	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de ½ minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.				

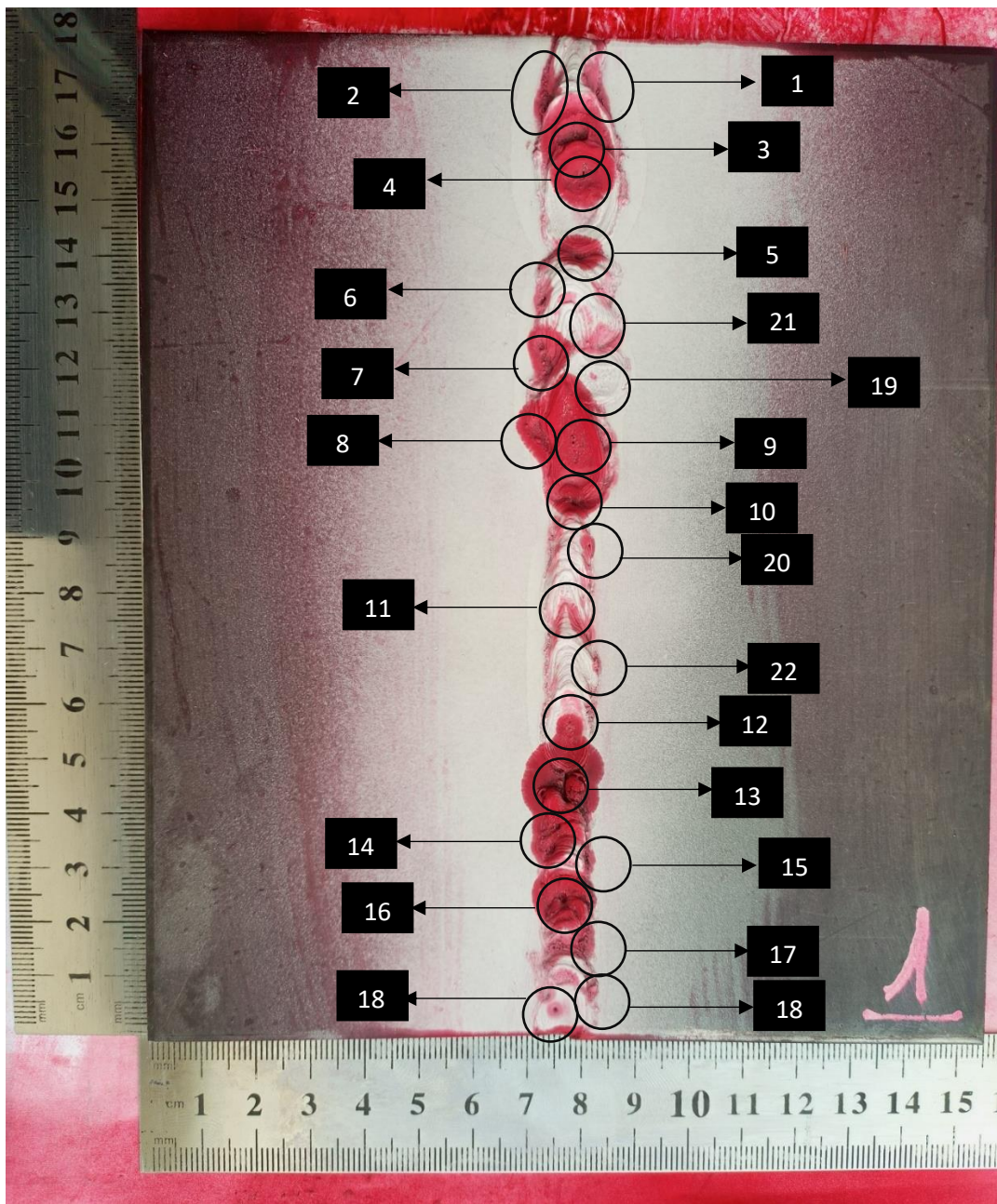


**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
	
Remoción exceso de penetrante	Revelado
	

Etapa de visualización de discontinuidades



## Resultados obtenidos

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	82	168	7	NA	17	4
2	Mordedura	72	168	8	NA	16	4
3	Poros	75	170	NA	6	17	13
4	Poros	79	155	NA	1	13	13
5	Poros	79	142	NA	3	9	7
6	Mordedura	73	133	4	NA	8	3
7	Mordedura	71	122	6	NA	12	7
8	Mordedura	70	110	7	NA	13	7
9	Poros	75	107	NA	1	16	12
10	Poros	76	96	NA	4	10	11
11	Mordedura	75	76	4	NA	9	3
12	Poros	76	57	NA	1	4	4
13	Falta de continuidad	76	47	4	NA	15	14
14	Poros	75	37	NA	1	8	7
15	Mordedura	82	32	3	NA	5	2
16	Poros	77	24	NA	1	11	11
17	Mordedura	82	16	4	NA	8	6
18	Poros	75	05	NA	<1	3	3
19	Poros	84	116	NA	<1	1	1
20	Poros	79	89	NA	<1	4	3
21	Mordedura	82	129	12	NA	12	6
22	Mordedura	82	66	4	NA	4	2
23	Mordedura	83	8	3	NA	4	3



N° de discontinuidades encontradas (Cleaner E-59A)	23
% (Ensayo de control)	100

Observaciones:

**Aceptación y rechazo:**




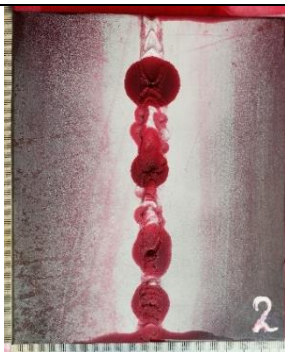
Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	17	4	12	Relevante	Lineal		x
2	16	4	12	Relevante	Lineal		x
3	17	13	39	Relevante	Redondeada		x
4	13	13	39	Relevante	Redondeada		x
5	9	7	21	Relevante	Redondeada		x
6	8	3	9	Relevante	Redondeada		x
7	12	7	21	Relevante	Redondeada		x
8	13	7	21	Relevante	Redondeada		x
9	16	12	36	Relevante	Redondeada		x
10	10	11	33	Relevante	Redondeada		x
11	9	3	9	Relevante	Redondeada		x
12	4	4	12	Relevante	Redondeada		x
13	15	14	42	Relevante	Redondeada		x
14	8	7	21	Relevante	Redondeada		x
15	5	2	6	Relevante	Redondeada		x
16	11	11	33	Relevante	Redondeada		x
17	8	6	18	Relevante	Redondeada		x
18	3	3	9	Relevante	Redondeada	x	
19	1	1	3	No Relevante	-	-	-
20	4	3	9	Relevante	Redondeada		x
21	12	6	18	Relevante	Redondeada		x
22	4	2	6	Relevante	Redondeada	x	
23	4	3	9	Relevante	Redondeada		x
Total						2	20

**3.1.1.2. Ensayo de tintas penetrantes visibles 02, agente limpiador/removedor:  
Cleaner E-59A**

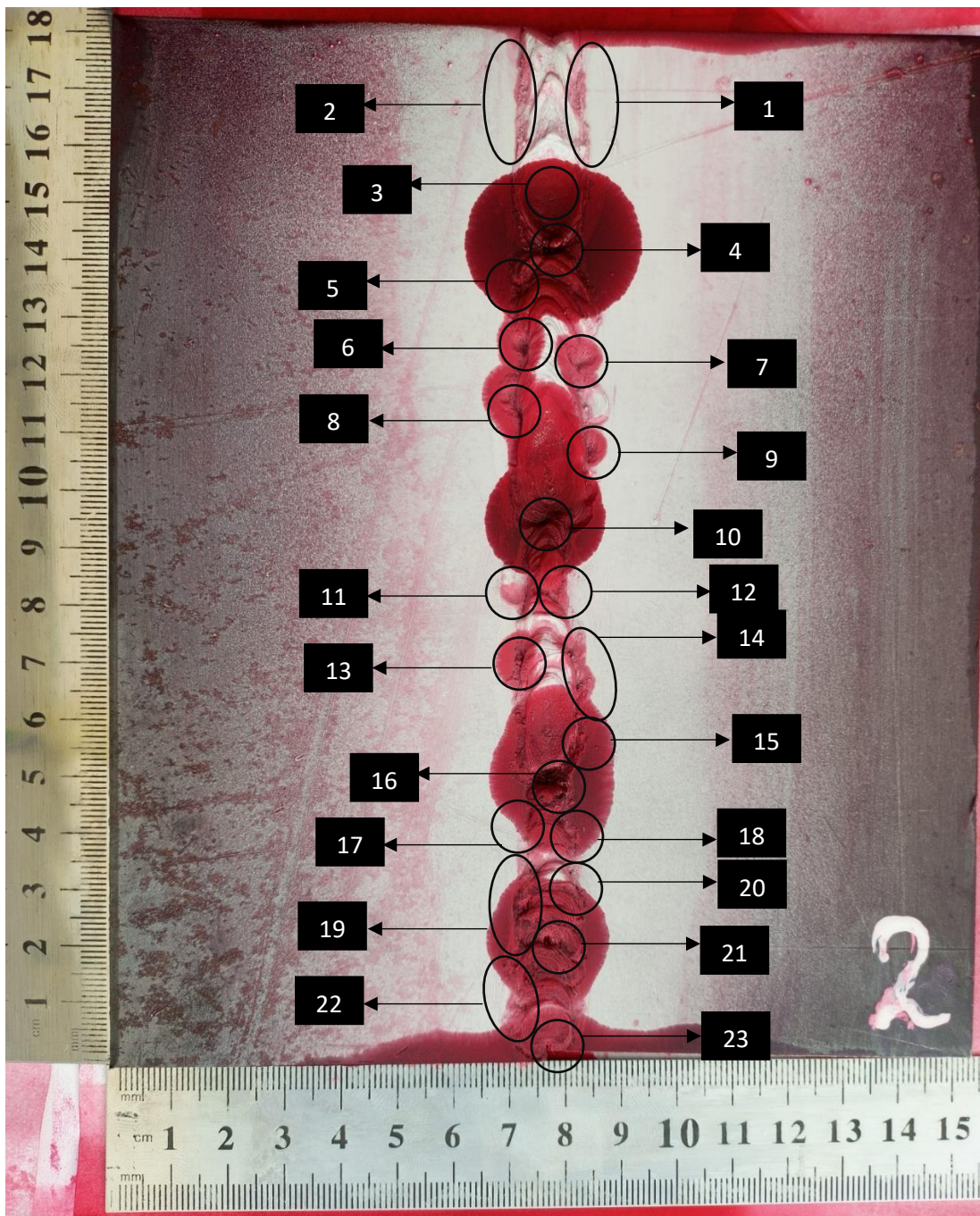
	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-CL-02
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	11/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui.	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	18 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	02	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Cleaner E-59A	Penetrante VP-30	Cleaner E-59A	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Aerosol	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	Met-L-Chek	Met-L-Chek	Met-L-Chek	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de ½ minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.				

**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
	
Remoción exceso de penetrante	Revelado
	

Etapa de visualización de discontinuidades



### Resultados obtenidos

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	82	163	17	NA	17	3
2	Mordedura	69	163	18	NA	18	4
3	Poros	76	154	NA	<1	10	10
4	Poros	76	143	NA	4	26	21
5	Mordedura	71	131	6	NA	12	10
6	Mordedura	73	126	4	NA	8	8
7	Mordedura	82	116	4	NA	9	8
8	Mordedura	71	115	6	NA	12	8
9	Mordedura	84	107	4	NA	8	8
10	Poros	76	96	NA	3	22	21
11	Mordedura	72	82	4	NA	7	6
12	Mordedura	80	82	5	NA	8	6
13	Mordedura	72	70	6	NA	11	8
14	Mordedura	79	69	4	NA	14	4
15	Mordedura	81	59	6	NA	12	7
16	Poros	76	51	NA	4	23	22
17	Mordedura	71	43	6	NA	12	4
18	Mordedura	83	42	4	NA	12	9
19	Mordedura	71	22	5	NA	12	8
20	Mordedura	82	20	4	NA	9	4
21	Poros	76	16	NA	2	23	22
22	Mordedura	71	12	6	NA	12	5
23	Poros	77	04	NA	1	11	10

N° de discontinuidades encontradas (Cleaner E-59A)	23
% (Ensayo de control)	100



Observaciones:



### Aceptación y rechazo





Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	17	3	9	Relevante	Lineal		x
2	18	4	12	Relevante	Lineal		x
3	10	10	30	Relevante	Redondeada		x
4	26	21	63	Relevante	Redondeada		x
5	12	10	30	Relevante	Redondeada		x
6	8	8	24	Relevante	Redondeada		x
7	9	8	24	Relevante	Redondeada		x
8	12	8	24	Relevante	Redondeada		x
9	8	8	24	Relevante	Redondeada		x
10	22	21	63	Relevante	Redondeada		x
11	7	6	18	Relevante	Redondeada		x
12	8	6	18	Relevante	Redondeada		x
13	11	8	24	Relevante	Redondeada		x
14	14	4	12	Relevante	Lineal		x
15	12	7	21	Relevante	Redondeada		x
16	23	22	66	Relevante	Redondeada		x
17	12	4	12	Relevante	Redondeada		x
18	12	9	27	Relevante	Redondeada		x
19	12	8	24	Relevante	Redondeada		x
20	9	4	12	Relevante	Redondeada		x
21	23	22	66	Relevante	Redondeada		x
22	12	5	15	Relevante	Redondeada		x
23	11	10	30	Relevante	Redondeada		x
Total						0	23

**3.1.1.3. Ensayo de tintas penetrantes visibles 03, agente limpiador/removedor:  
Cleaner E-59A**

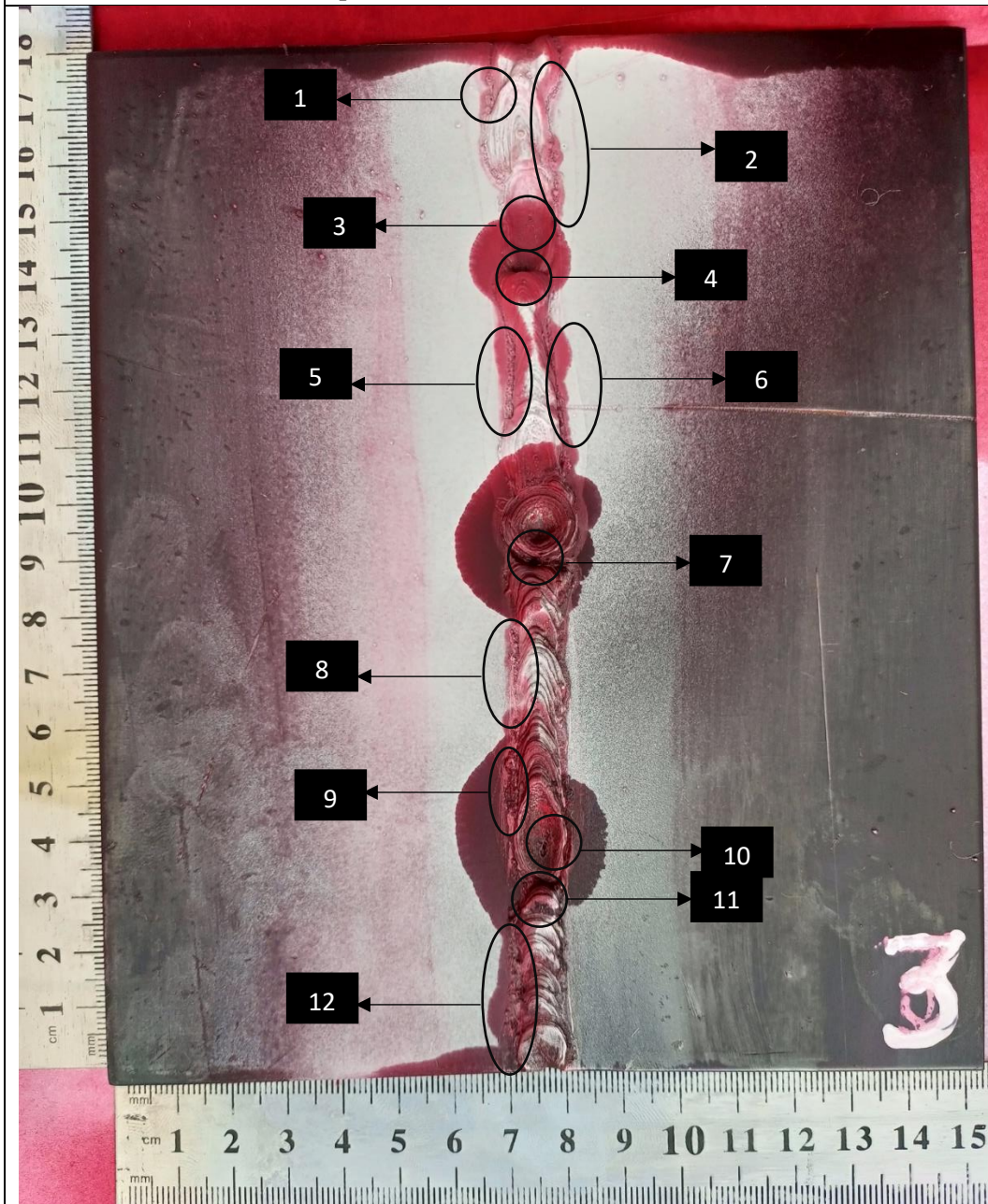
	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-CL-03
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	11/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	18 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	03	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Cleaner E-59A	Penetrante VP-30	Cleaner E-59A	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Aerosol	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	Met-L-Chek	Met-L-Chek	Met-L-Chek	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de ½ minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.				

**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
	
Remoción exceso de penetrante	Revelado
	

Etapa de visualización de discontinuidades



### Resultados obtenidos:



N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	68	175	12	NA	12	3
2	Mordedura	79	164	22	NA	23	4
3	Poros	74	149	NA	1	9	8
4	Grieta	73	143	4	NA	17	16
5	Mordedura	69	122	24	NA	24	5
6	Mordedura	79	121	26	NA	26	7
7	Grieta	75	89	6	NA	29	24
8	Mordedura	71	71	16	NA	16	3
9	Mordedura	71	51	12	NA	12	9
10	Grieta	76	40	3	NA	28	24
11	Grieta	76	32	2	NA	21	17
12	Mordedura	71	12	23	NA	24	7

N° de discontinuidades encontradas (Cleaner E-59A)	12
% (Ensayo de control)	100%

### Aceptación y rechazo

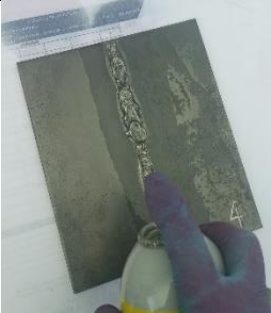



Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	12	3	9	Relevante	Lineal		x
2	23	4	12	Relevante	Lineal		x
3	9	8	24	Relevante	Redondeada		x
4	17	16	48	Relevante	Redondeada		x
5	24	5	15	Relevante	Lineal		x
6	26	7	21	Relevante	Lineal		x
7	29	24	72	Relevante	Redondeada		x
8	16	3	9	Relevante	Lineal		x
9	12	9	27	Relevante	Redondeada		x
10	28	24	72	Relevante	Redondeada		x
11	21	17	51	Relevante	Redondeada		x
12	24	7	21	Relevante	Lineal		x
Total						0	12

**3.1.1.4. Ensayo de tintas penetrantes visibles 04, agente limpiador/removedor:  
Cleaner E-59A**

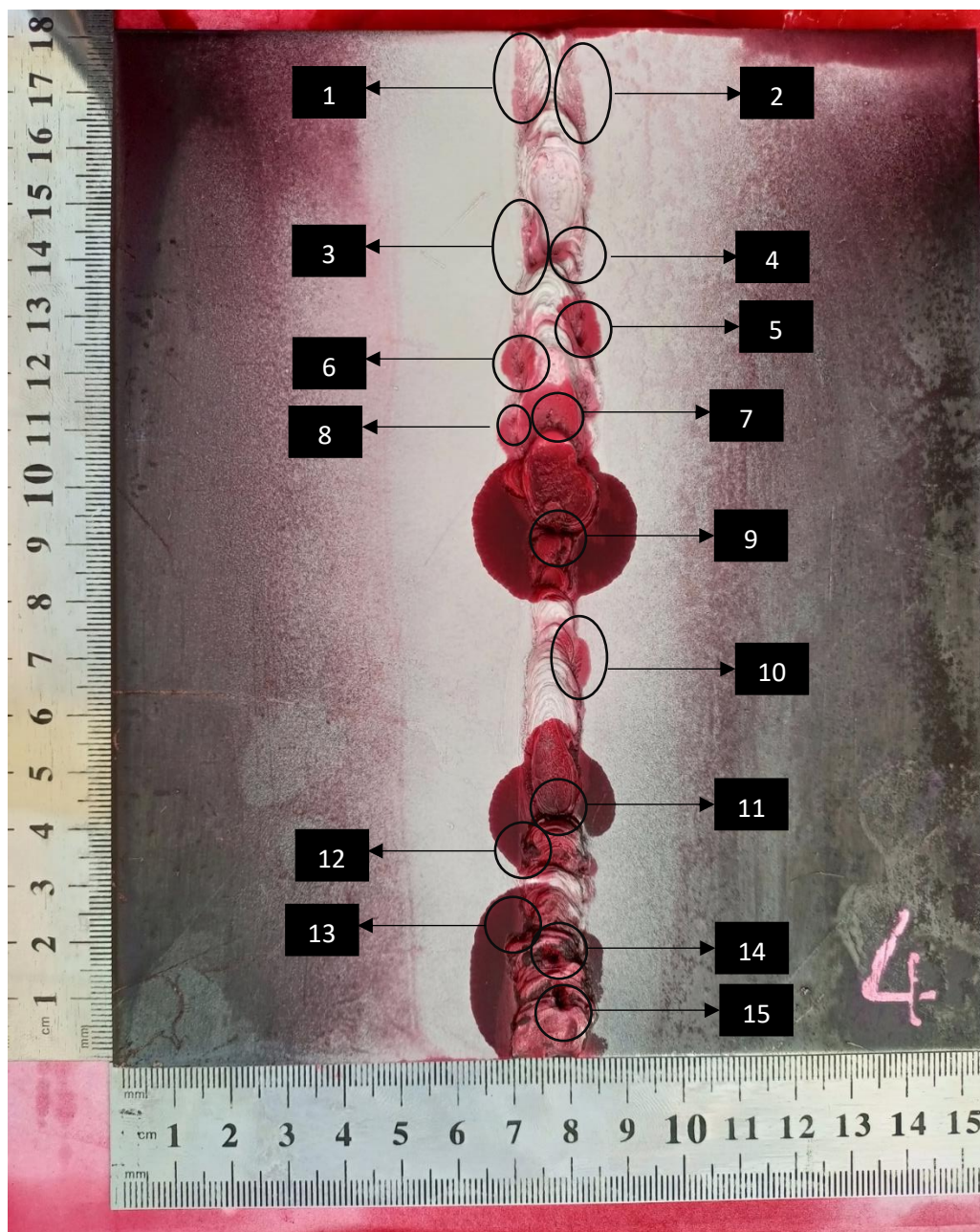
	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-CL-04
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	11/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	18 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	04	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Cleaner E-59A	Penetrante VP-30	Cleaner E-59A	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Aerosol	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	Met-L-Chek	Met-L-Chek	Met-L-Chek	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de ½ minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.				

**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
	
Remoción exceso de penetrante	Revelado
	

Etapa de visualización de discontinuidades





**Resultados obtenidos:**

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	72	166	22	NA	22	4
2	Mordedura	84	165	22	NA	22	4
3	Mordedura	72	143	7	NA	9	4
4	Grieta	77	142	3	NA	10	4
5	Mordedura	82	124	9	NA	12	6
6	Mordedura	71	123	7	NA	13	6
7	Poros	76	112	NA	1	12	11
8	Mordedura	72	110	7	NA	12	4
9	Poros	76	92	NA	3	29	25
10	Mordedura	81	70	7	NA	14	4
11	Poros	77	43	NA	2	19	17
12	Mordedura	74	35	4	NA	14	4
13	Mordedura	72	24	23	NA	29	11
14	Poros	76	17	NA	3	24	23
15	Poros	78	11	NA	4	28	23



N° de discontinuidades encontradas (Cleaner E-59A)	15
% (Ensayo de control)	100%

Observaciones:

### Aceptación y rechazo





Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	22	4	12	Relevante	Lineal		x
2	22	4	12	Relevante	Lineal		x
3	9	4	12	Relevante	Redondeada		x
4	10	4	12	Relevante	Redondeada		x
5	12	6	18	Relevante	Redondeada		x
6	13	6	18	Relevante	Redondeada		x
7	12	11	33	Relevante	Redondeada		x
8	12	4	12	Relevante	Redondeada		x
9	29	25	75	Relevante	Redondeada		x
10	14	4	12	Relevante	Lineal		x
11	19	17	51	Relevante	Redondeada		x
12	14	4	12	Relevante	Lineal		x
13	29	11	33	Relevante	Redondeada		x
14	24	23	69	Relevante	Redondeada		x
15	28	23	69	Relevante	Redondeada		x
Total						0	15

**3.1.1.5. Ensayo de tintas penetrantes visibles 05, agente limpiador/removedor:  
Cleaner E-59A**

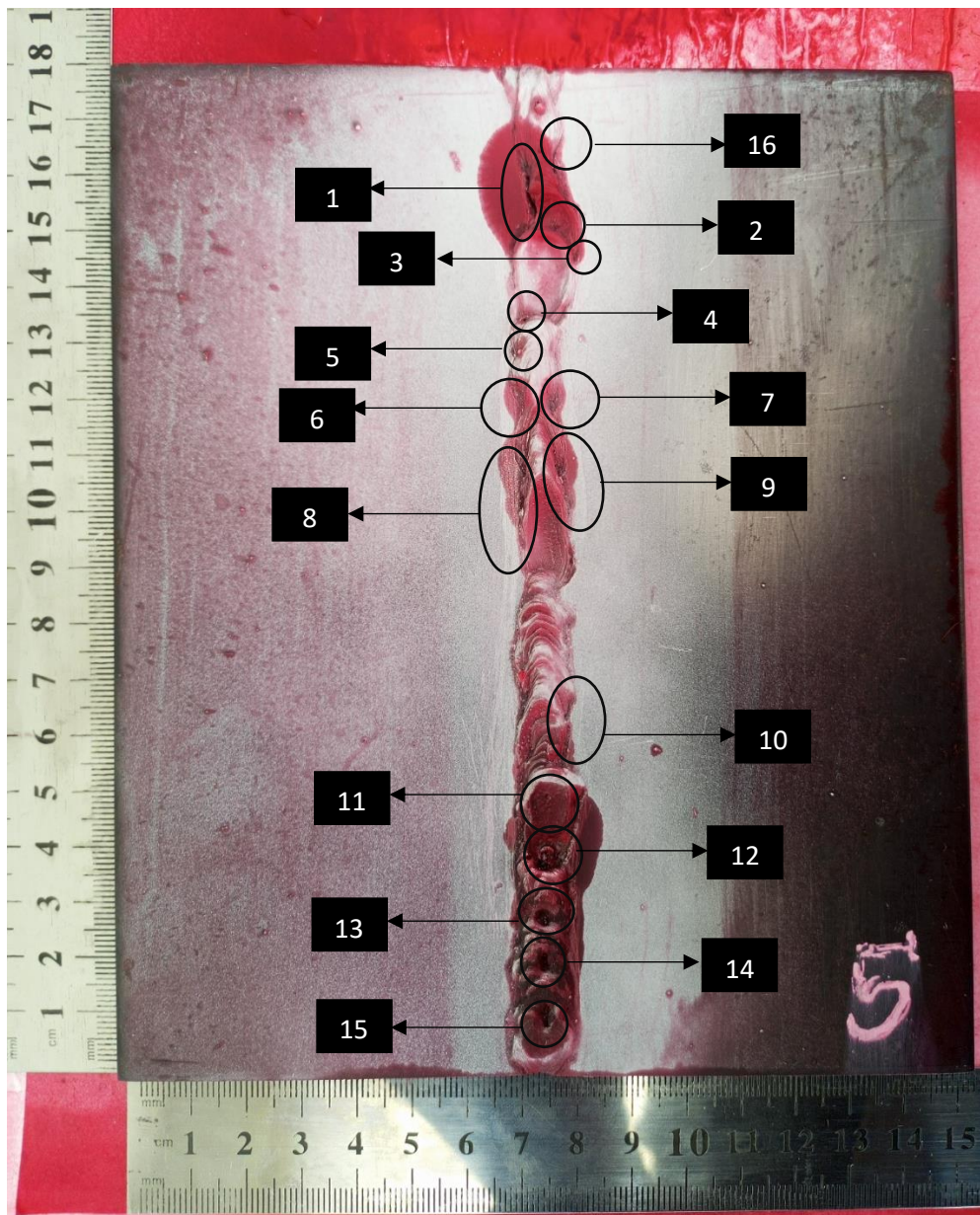
	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-CL-05
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	11/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	19 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	05	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Cleaner E-59A	Penetrante VP-30	Cleaner E-59A	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Aerosol	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	Met-L-Chek	Met-L-Chek	Met-L-Chek	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de ½ minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.				

**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
	
Remoción exceso de penetrante	Revelado
	

**Etapas de visualización de discontinuidades**



**Resultados obtenidos:**

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	76	155	14	NA	23	17
2	Poros	76	151	NA	1	12	10
3	Mordedura	79	145	3	NA	6	4
4	Poros	71	134	NA	1	4	4
5	Mordedura	69	131	5	NA	5	3
6	Mordedura	71	120	6	NA	9	4
7	Mordedura	76	120	6	NA	8	4
8	Mordedura	69	104	12	NA	16	6
9	Mordedura	79	104	16	NA	16	5
10	Mordedura	79	60	14	NA	15	3
11	Poros	74	49	NA	1	8	8
12	Grieta	75	37	NA	3	20	14
13	Poros	74	29	NA	3	15	13
14	Poros	74	18	NA	4	17	14
15	Poros	74	9	NA	4	16	14
16	Mordedura	75	164	11	NA	23	4



N° de discontinuidades encontradas (Cleaner E-59A)	16
% (Ensayo de control)	100%

Observaciones:

### Aceptación y rechazo

Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	23	17	51	Relevante	Redondeada		x
2	12	10	30	Relevante	Redondeada		x
3	6	4	12	Relevante	Redondeada		x
4	4	4	12	Relevante	Redondeada	x	
5	5	3	9	Relevante	Redondeada	x	
6	9	4	12	Relevante	Redondeada		x
7	8	4	12	Relevante	Redondeada		x
8	16	6	18	Relevante	Redondeada		x
9	16	5	15	Relevante	Lineal		x
10	15	3	9	Relevante	Lineal		x
11	8	8	24	Relevante	Redondeada		x
12	20	14	42	Relevante	Redondeada		x
13	15	13	39	Relevante	Redondeada		x
14	17	14	42	Relevante	Redondeada		x
15	16	14	42	Relevante	Redondeada		x
16	23	4	12	Relevante	Lineal		x
Total						2	14



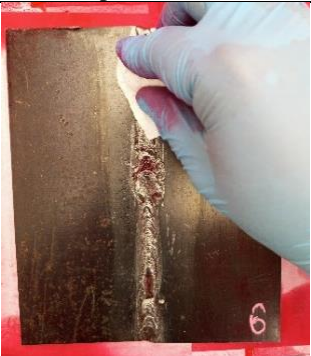

**3.1.1.6. Ensayo de tintas penetrantes visibles 06, agente limpiador/removedor:  
Cleaner E-59A**

	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-CL-06
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	11/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	18 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	06	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Cleaner E-59A	Penetrante VP-30	Cleaner E-59A	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Aerosol	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	Met-L-Chek	Met-L-Chek	Met-L-Chek	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de ½ minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.				

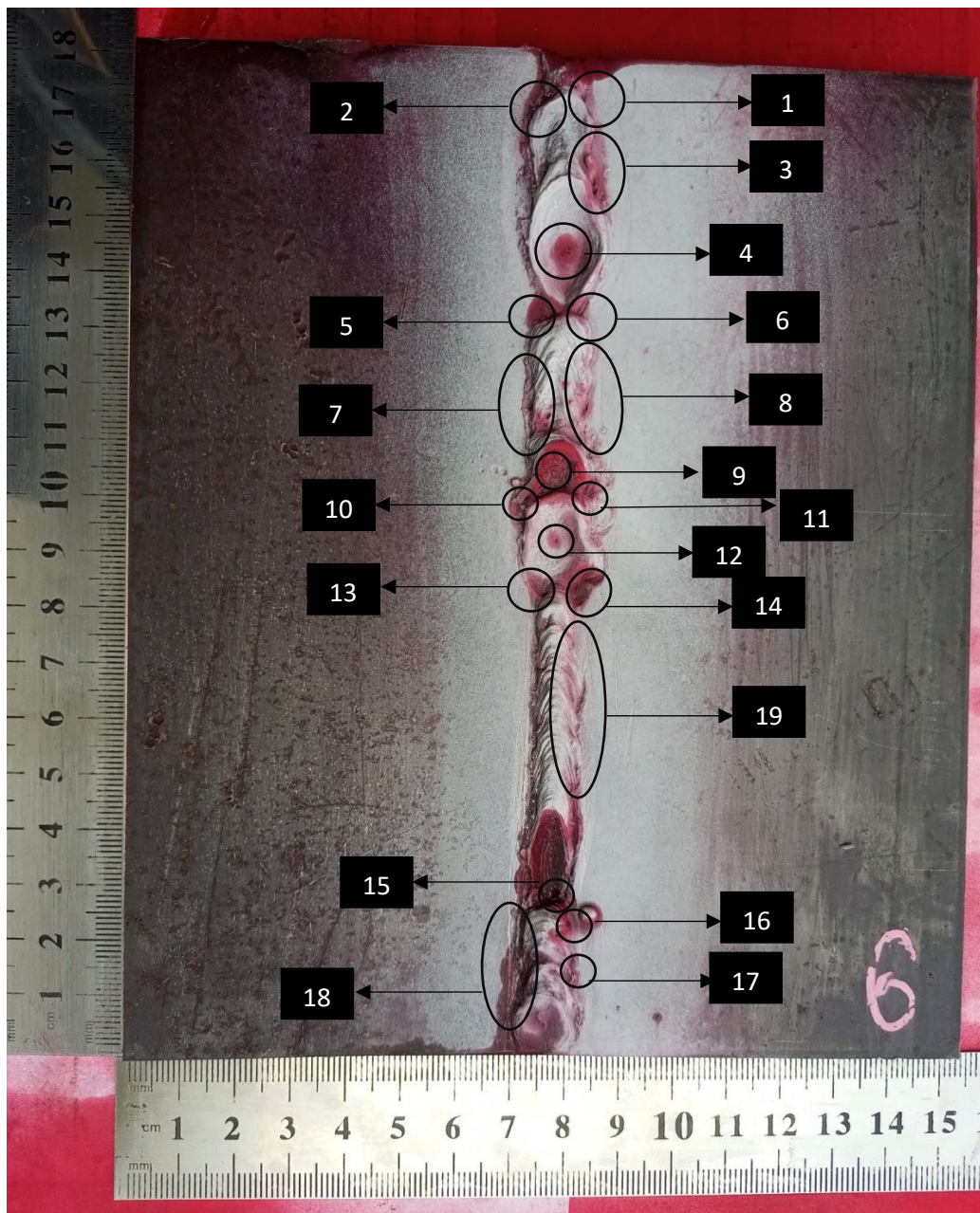


**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
	
Remoción exceso de penetrante	Revelado
	

Etapa de visualización de discontinuidades



**Resultados obtenidos:**

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	83	171	6	NA	7	4
2	Mordedura	74	170	4	NA	11	5
3	Mordedura	85	157	10	NA	14	4
4	Poros	81	144	NA	1	8	8
5	Mordedura	76	133	4	NA	8	7
6	Mordedura	83	133	2	NA	7	4
7	Mordedura	74	117	7	NA	18	3
8	Mordedura	84	116	11	NA	19	4
9	Poros	79	114	NA	1	10	9
10	Mordedura	73	108	7	NA	7	3
11	Mordedura	85	113	4	NA	7	4
12	Poros	79	93	NA	1	3	3
13	Mordedura	74	85	4	NA	6	5
14	Mordedura	84	85	7	NA	9	8
15	Poros	79	28	NA	2	11	11
16	Mordedura	81	22	3	NA	6	5
17	Mordedura	82	17	4	NA	8	5
18	Mordedura	71	16	18	NA	18	6
19	Mordedura	82	64	16	NA	23	3



N° de discontinuidades encontradas (Cleaner E-59A)	19
% (Ensayo de control)	100%

Observaciones:

### Aceptación y rechazo





Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	7	4	12	Relevante	Redondeada		x
2	11	5	15	Relevante	Redondeada		x
3	14	4	12	Relevante	Lineal		x
4	8	8	24	Relevante	Redondeada		x
5	8	7	21	Relevante	Redondeada		x
6	7	4	12	Relevante	Redondeada		x
7	18	3	9	Relevante	Lineal		x
8	19	4	12	Relevante	Lineal		x
9	10	9	27	Relevante	Redondeada		x
10	7	3	9	Relevante	Redondeada		x
11	7	4	12	Relevante	Redondeada		x
12	3	3	9	Relevante	Redondeada	x	
13	6	5	15	Relevante	Redondeada		x
14	9	8	24	Relevante	Redondeada		x
15	11	11	33	Relevante	Redondeada		x
16	6	5	15	Relevante	Redondeada		x
17	8	5	15	Relevante	Redondeada		x
18	18	6	18	Relevante	Redondeada		x
19	23	3	9	Relevante	Lineal		x
Total						1	18

**3.1.1.7. Ensayo de tintas penetrantes visibles 07, agente limpiador/removedor:  
Cleaner E-59A**

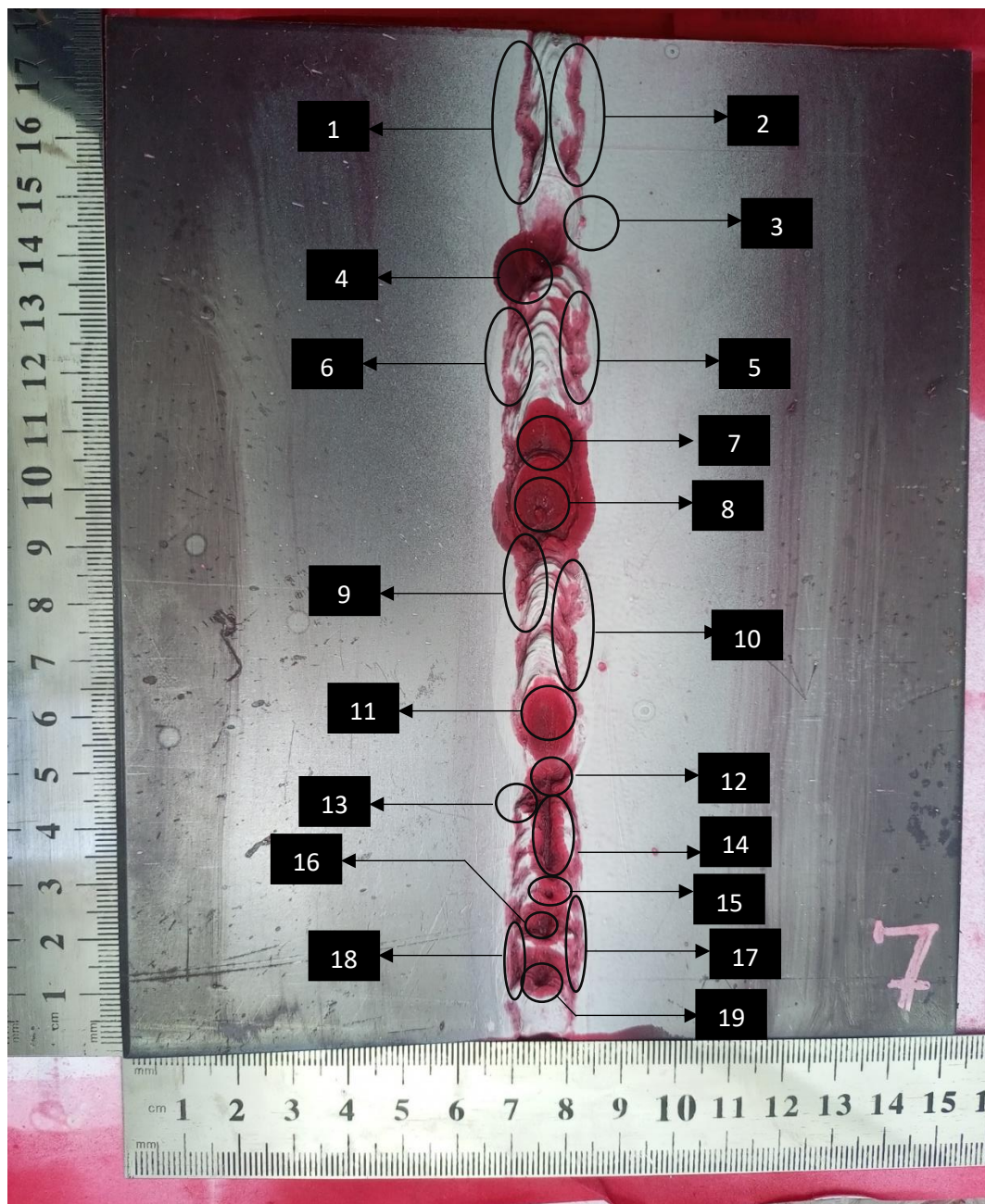
	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-CL-07
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	11/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	19 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	07	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Cleaner E-59A	Penetrante VP-30	Cleaner E-59A	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Aerosol	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	Met-L-Chek	Met-L-Chek	Met-L-Chek	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b>	El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de ½ minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.			

**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
	
Remoción exceso de penetrante	Revelado
	

Etapa de visualización de discontinuidades



## Resultados obtenidos

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	73	155	23	NA	29	3
2	Mordedura	82	164	24	NA	26	4
3	Poros	82	147	NA	<1	1	1
4	Poros	74	139	NA	2	13	8
5	Mordedura	82	123	19	NA	23	3
6	Mordedura	70	120	18	NA	21	3
7	Poros	75	109	NA	2	18	12
8	Poros	76	99	NA	2	22	19
9	Mordedura	72	89	13	NA	13	3
10	Mordedura	82	75	26	NA	26	3
11	Grieta	76	56	4	NA	14	11
12	Poros	76	49	NA	1	9	9
13	Poros	74	44	NA	1	6	5
14	Falta de continuidad	76	40	17	NA	23	8
15	Poros	77	29	NA	1	13	8
16	Poros	76	23	NA	2	12	8
17	Mordedura	82	19	12	NA	19	3
18	Mordedura	71	18	16	NA	16	2
19	Poros	76	14	NA	3	13	10

N° de discontinuidades encontradas (Cleaner E-59A)	19
% (Ensayo de control)	100%



Observaciones:



**Aceptación y rechazo**



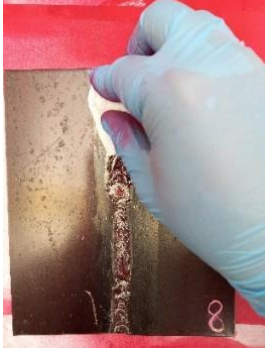

Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	29	3	9	Relevante	Lineal		x
2	26	4	12	Relevante	Lineal		x
3	1	1	3	No Relevante	-	-	-
4	13	8	24	Relevante	Redondeada		x
5	23	3	9	Relevante	Lineal		x
6	21	3	9	Relevante	Lineal		x
7	18	12	36	Relevante	Redondeada		x
8	22	19	57	Relevante	Redondeada		x
9	13	3	9	Relevante	Lineal		x
10	26	3	9	Relevante	Lineal		x
11	14	11	33	Relevante	Redondeada		x
12	9	9	27	Relevante	Redondeada		x
13	6	5	15	Relevante	Redondeada		x
14	23	8	24	Relevante	Redondeada		x
15	13	8	24	Relevante	Redondeada		x
16	12	8	24	Relevante	Redondeada		x
17	19	3	9	Relevante	Lineal		x
18	16	2	6	Relevante	Lineal		x
19	13	10	30	Relevante	Redondeada		x
Total						0	18

**3.1.1.8. Ensayo de tintas penetrantes visibles 08, agente limpiador/removedor:  
Cleaner E-59A**

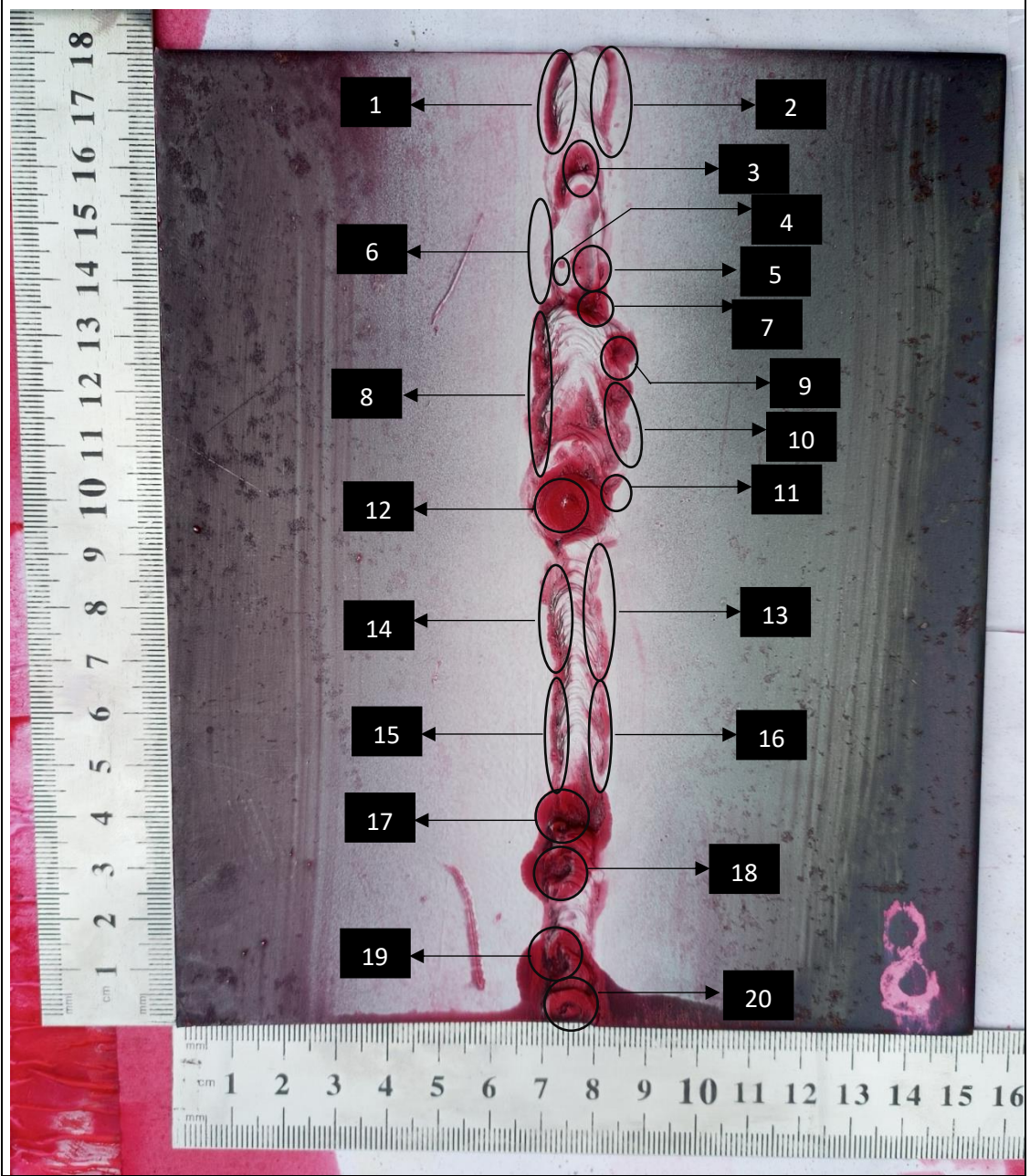
	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-CL-08
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	11/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	19 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	08	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Cleaner E-59A	Penetrante VP-30	Cleaner E-59A	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Aerosol	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	Met-L-Chek	Met-L-Chek	Met-L-Chek	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de ½ minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.				

**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
 <p data-bbox="760 1024 784 1077">8</p>	 <p data-bbox="1133 1024 1157 1077">8</p>
Remoción exceso de penetrante	Revelado
 <p data-bbox="760 1455 784 1507">8</p>	 <p data-bbox="1133 1455 1157 1507">8</p>

Etapa de visualización de discontinuidades



### Resultados obtenidos

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	72	171	16	NA	17	2
2	Mordedura	83	170	17	NA	19	3
3	Poros	77	159	NA	2	13	8
4	Poros	74	145	NA	<1	1	1
5	Poros	77	144	NA	1	6	4
6	Mordedura	72	143	12	NA	16	3
7	Poros	80	136	NA	2	9	8
8	Mordedura	71	139	34	NA	32	4
9	Mordedura	84	127	3	NA	8	8
10	Mordedura	84	117	7	NA	14	7
11	Mordedura	83	105	4	NA	6	4
12	Grieta	76	101	2	NA	16	16
13	Mordedura	81	79	23	NA	27	3
14	Mordedura	72	71	19	NA	23	4
15	Mordedura	72	50	23	NA	24	3
16	Mordedura	81	49	24	NA	24	3
17	Poros	73	39	NA	1	16	15
18	Poros	74	31	NA	1	15	14
19	Poros	71	12	NA	1	16	15
20	Poros	74	4	NA	1	14	10



N° de discontinuidades encontradas (Cleaner E-59A)	20
% (Ensayo de control)	100%

Observaciones:

### Aceptación y rechazo

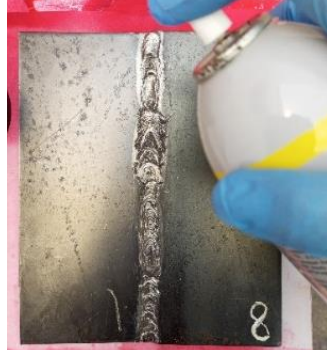



Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	17	2	6	Relevante	Lineal		x
2	19	3	9	Relevante	Lineal		x
3	13	8	24	Relevante	Redondeada		x
4	1	1	3	No Relevante	-	-	-
5	6	4	12	Relevante	Redondeada		x
6	16	3	9	Relevante	Lineal		x
7	9	8	24	Relevante	Redondeada		x
8	32	4	12	Relevante	Lineal		x
9	8	8	24	Relevante	Redondeada		x
10	14	7	21	Relevante	Redondeada		x
11	6	4	12	Relevante	Redondeada		x
12	16	16	48	Relevante	Redondeada		x
13	27	3	9	Relevante	Lineal		x
14	23	4	12	Relevante	Lineal		x
15	24	3	9	Relevante	Lineal		x
16	24	3	9	Relevante	Lineal		x
17	16	15	45	Relevante	Redondeada		x
18	15	14	42	Relevante	Redondeada		x
19	16	15	45	Relevante	Redondeada		x
20	14	10	30	Relevante	Redondeada		x
Total						0	19

**3.1.1.9. Ensayo de tintas penetrantes visibles 09, agente limpiador/removedor:  
Thinner**

	Universidad Técnica de Ambato			
	Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
	Carrera de Mecánica			
	Informe de Tintas Penetrantes Visibles			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-TH-01
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	11/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Esesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	18 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	09	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Thinner	Penetrante VP-30	Thinner	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Atomizador	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de ¾ de minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.				

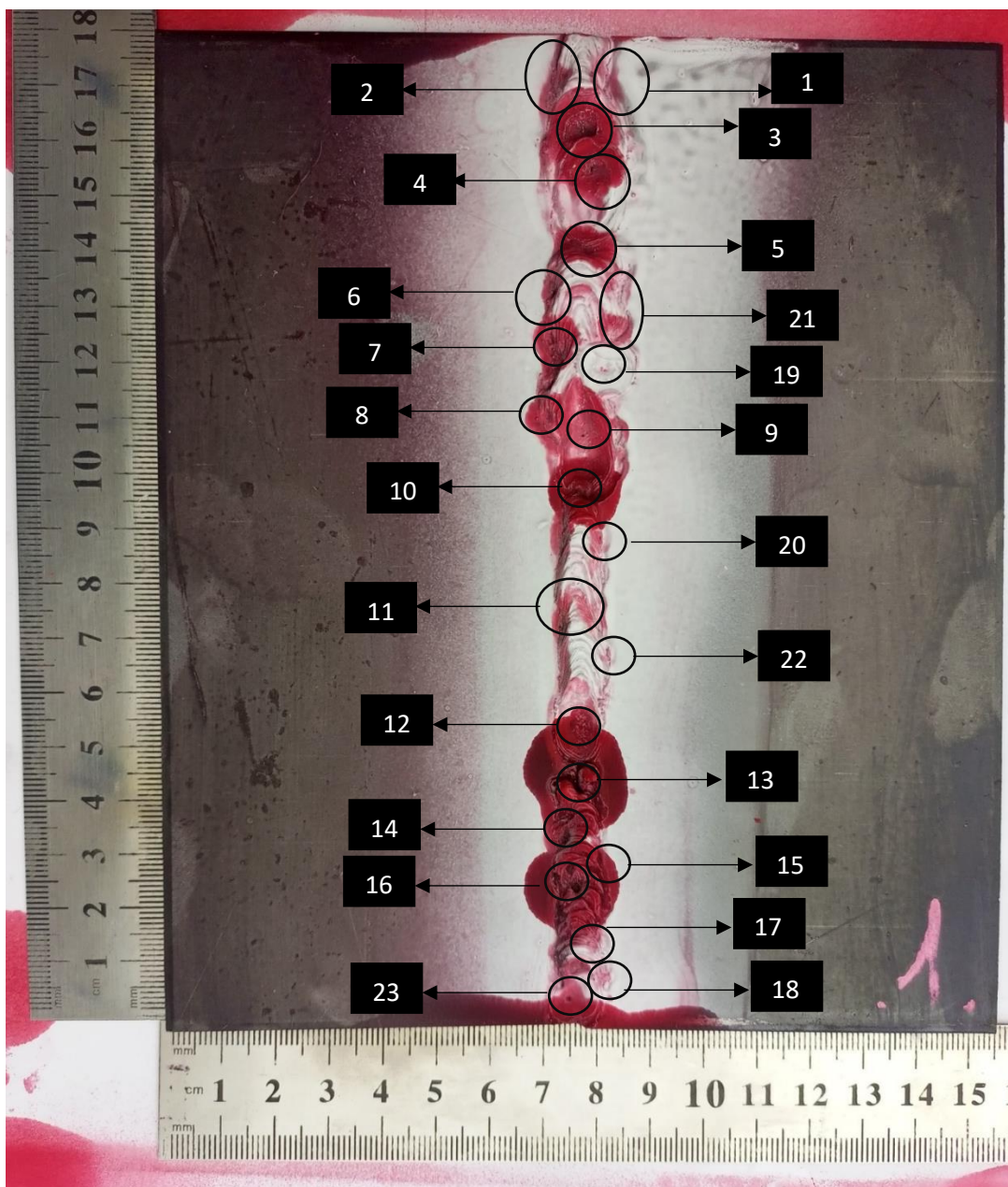
**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
 <p data-bbox="755 997 787 1039">8</p>	 <p data-bbox="1144 997 1177 1039">8</p>
Remoción exceso de penetrante	Revelado
 <p data-bbox="755 1438 787 1480">8</p>	 <p data-bbox="1144 1438 1177 1480">8</p>



Etapa de visualización de discontinuidades



## Resultados obtenidos

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	82	168	7	NA	9	3
2	Mordedura	72	168	8	NA	11	3
3	Poros	75	170	NA	6	14	10
4	Poros	79	155	NA	1	11	9
5	Poros	79	142	NA	3	11	7
6	Mordedura	73	133	4	NA	9	3
7	Mordedura	71	122	6	NA	15	8
8	Mordedura	70	110	7	NA	12	6
9	Poros	75	107	NA	1	16	10
10	Poros	76	96	NA	4	13	12
11	Mordedura	75	76	4	NA	7	3
12	Poros	76	57	NA	1	4	4
13	Falta de continuidad	76	47	4	NA	21	19
14	Poros	75	37	NA	1	12	11
15	Mordedura	82	32	3	NA	8	3
16	Poros	77	24	NA	1	19	18
17	Mordedura	82	16	4	NA	6	3
18	Poros	75	05	NA	<1	8	4
19	Poros	84	116	NA	<1	1	1
20	Poros	79	89	NA	<1	3	2
21	Mordedura	82	129	12	NA	13	6
22	Mordedura	82	66	4	NA	4	2
23	Mordedura	83	8	3	NA	3	2



N° de discontinuidades encontradas (Thinner)	23
% del total (con base en el ensayo de control Cleaner E-59A)	100

Observaciones:
----------------

### Aceptación y rechazo





Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	9	3	9	Relevante	Redondeada		x
2	11	3	9	Relevante	Lineal		x
3	14	10	30	Relevante	Redondeada		x
4	11	9	27	Relevante	Redondeada		x
5	11	7	21	Relevante	Redondeada		x
6	9	3	9	Relevante	Redondeada		x
7	15	8	24	Relevante	Redondeada		x
8	12	6	18	Relevante	Redondeada		x
9	16	10	30	Relevante	Redondeada		x
10	13	12	36	Relevante	Redondeada		x
11	7	3	9	Relevante	Redondeada		x
12	4	4	12	Relevante	Redondeada		x
13	21	19	57	Relevante	Redondeada		x
14	12	11	33	Relevante	Redondeada		x
15	8	3	9	Relevante	Redondeada		x
16	19	18	54	Relevante	Redondeada		x
17	6	3	9	Relevante	Redondeada		x
18	8	4	12	Relevante	Redondeada		x
19	1	1	3	No Relevante	-	-	-
20	3	2	6	Relevante	Redondeada		x
21	13	6	18	Relevante	Redondeada		x
22	4	2	6	Relevante	Redondeada	x	
23	3	2	6	Relevante	Redondeada	x	
Total						2	20

**3.1.1.10. Ensayo de tintas penetrantes visibles 10, agente limpiador/removedor: Thinner**

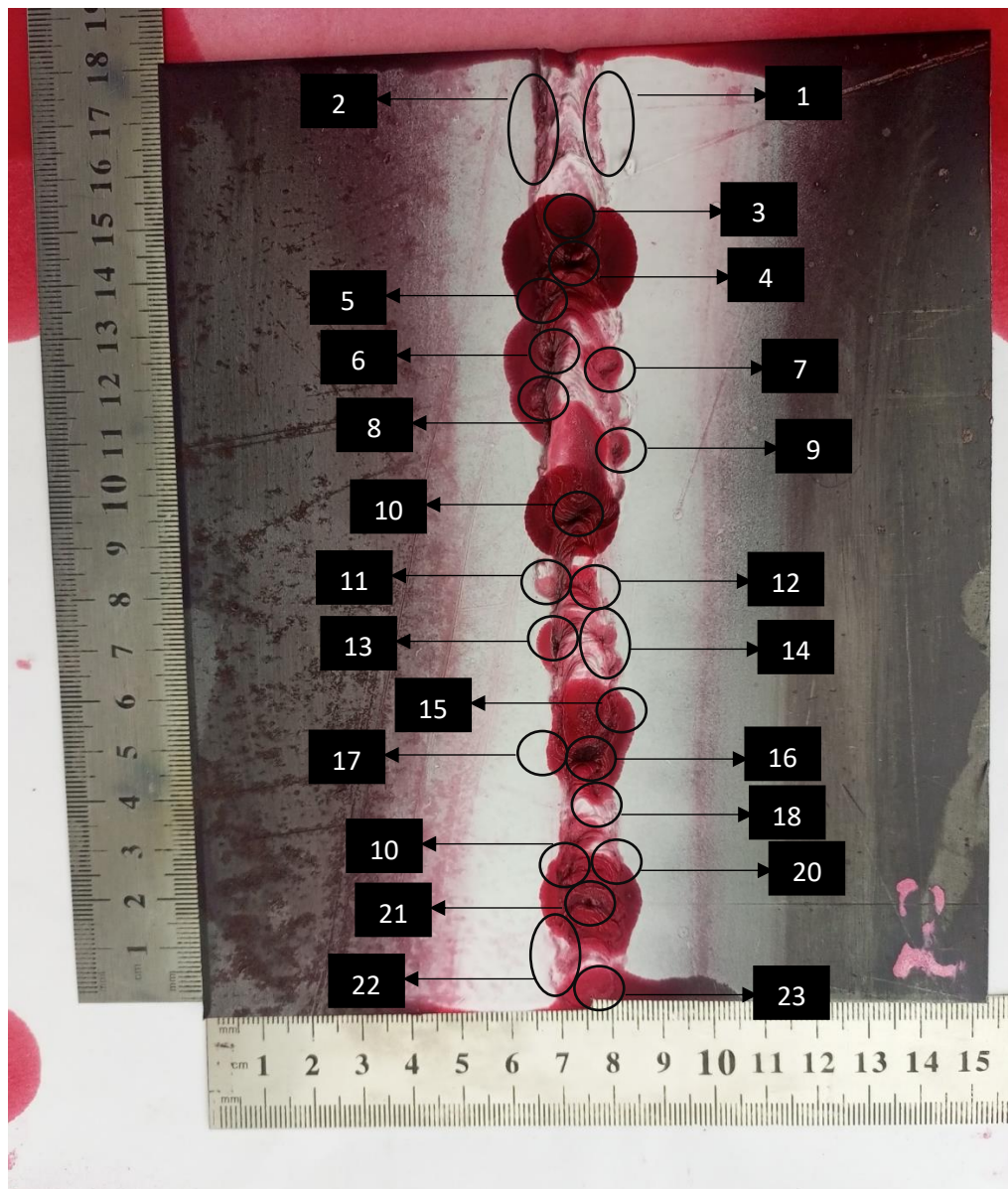
	Universidad Técnica de Ambato			
	Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
	Carrera de Mecánica			
	Informe de Tintas Penetrantes Visibles			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-TH-02
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	11/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Esesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	19 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	10	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Thinner	Penetrante VP-30	Thinner	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Atomizador	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de ¾ de minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.				

**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
	
Remoción exceso de penetrante	Revelado
	

Etapa de visualización de discontinuidades



### Resultados obtenidos

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	82	163	17	NA	17	3
2	Mordedura	69	163	18	NA	18	4
3	Poros	76	154	NA	<1	10	10
4	Poros	76	143	NA	4	26	21
5	Mordedura	71	131	6	NA	10	10
6	Mordedura	73	126	4	NA	9	9
7	Mordedura	82	116	4	NA	9	9
8	Mordedura	71	115	6	NA	11	9
9	Mordedura	84	107	4	NA	8	6
10	Poros	76	96	NA	3	20	19
11	Mordedura	72	82	4	NA	7	6
12	Mordedura	80	82	5	NA	8	5
13	Mordedura	72	70	6	NA	11	8
14	Mordedura	79	69	4	NA	14	5
15	Mordedura	81	59	6	NA	12	7
16	Poros	76	51	NA	4	21	17
17	Mordedura	71	43	6	NA	12	5
18	Mordedura	83	42	4	NA	12	8
19	Mordedura	71	22	5	NA	12	8
20	Mordedura	82	20	4	NA	9	4
21	Poros	76	16	NA	2	21	20
22	Mordedura	71	12	6	NA	6	4
23	Poros	77	04	NA	1	13	12

N° de discontinuidades encontradas (Thinner)	23
% del total (con base en el ensayo de control Cleaner E-59A)	100%



Observaciones
---------------

### Aceptación y rechazo

Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	17	3	9	Relevante	Lineal		x
2	18	4	12	Relevante	Lineal		x
3	10	10	30	Relevante	Redondeada		x
4	26	21	63	Relevante	Redondeada		x
5	10	10	30	Relevante	Redondeada		x
6	9	9	27	Relevante	Redondeada		x
7	9	9	27	Relevante	Redondeada		x
8	11	9	27	Relevante	Redondeada		x
9	8	6	18	Relevante	Redondeada		x
10	20	19	57	Relevante	Redondeada		x
11	7	6	18	Relevante	Redondeada		x
12	8	5	15	Relevante	Redondeada		x
13	11	8	24	Relevante	Redondeada		x
14	14	5	15	Relevante	Redondeada		x
15	12	7	21	Relevante	Redondeada		x
16	21	17	51	Relevante	Redondeada		x
17	12	5	15	Relevante	Redondeada		x
18	12	8	24	Relevante	Redondeada		x
19	12	8	24	Relevante	Redondeada		x
20	9	4	12	Relevante	Redondeada		x
21	21	20	60	Relevante	Redondeada		x
22	6	4	12	Relevante	Redondeada		x
23	13	12	36	Relevante	Redondeada		x
						0	23



**3.1.1.11. Ensayo de tintas penetrantes visibles 11, agente limpiador/removedor: Thinner**

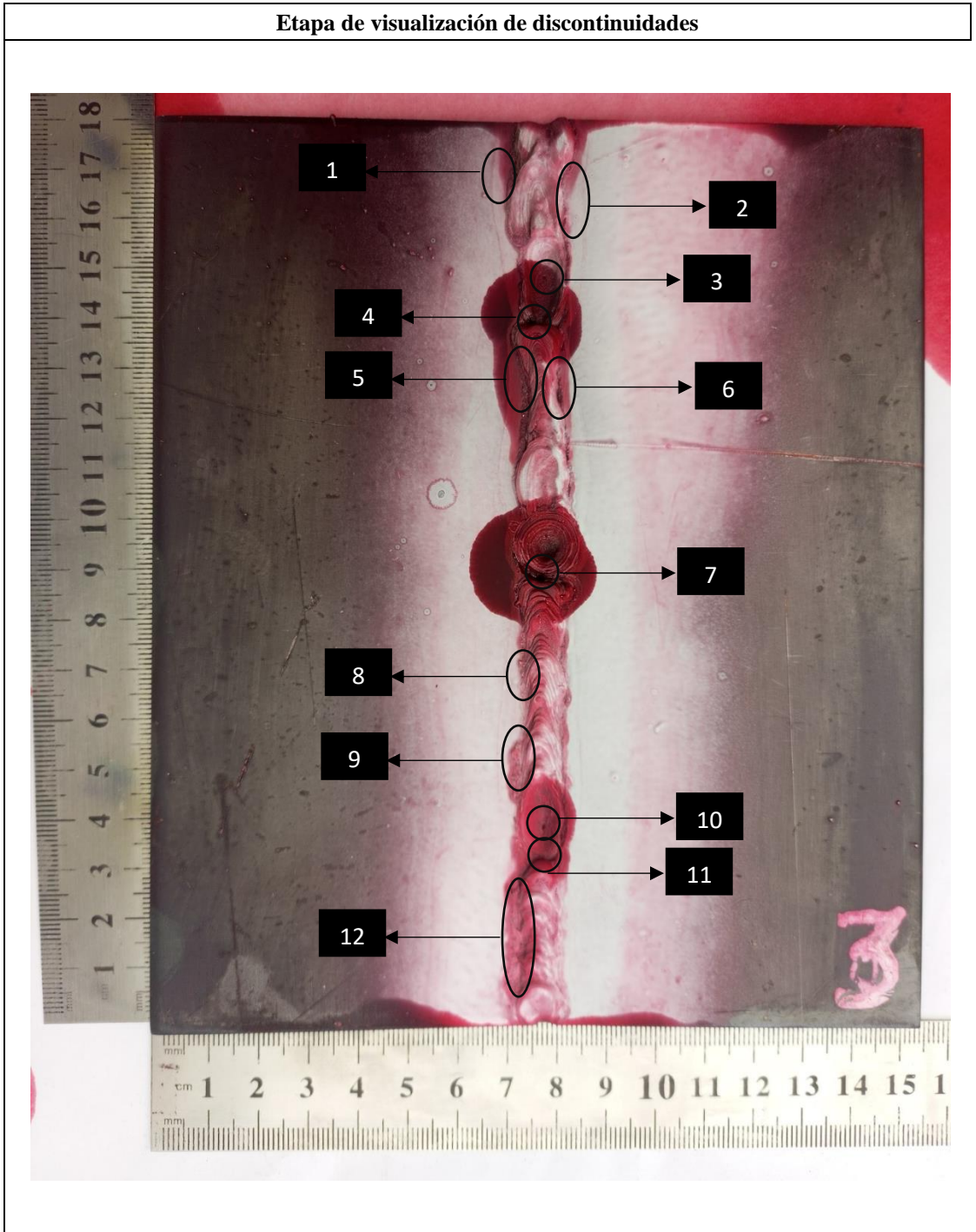
	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-TH-03
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	11/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	18 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	11	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Thinner	Penetrante VP-30	Thinner	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Atomizador	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de ¾ de minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.				

**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
A gloved hand is shown cleaning the metal surface with a white cloth. The weld joint is visible in the background. A small pink number '3' is in the bottom right corner.	The weld joint is covered in a thick, dark red liquid penetrant. A small pink number '3' is in the bottom right corner.
Remoción exceso de penetrante	Revelado
A gloved hand is shown removing the excess red penetrant from the metal surface with a white cloth. A small pink number '3' is in the bottom right corner.	The weld joint is shown after the penetrant has been removed. Two dark, circular defects are visible on the weld. A small pink number '3' is in the bottom right corner.

Etapa de visualización de discontinuidades



## Resultados obtenidos



N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	68	175	12	NA	14	6
2	Mordedura	79	164	22	NA	29	4
3	Poros	74	149	NA	1	10	9
4	Grieta	73	143	4	NA	19	18
5	Mordedura	69	122	24	NA	26	6
6	Mordedura	79	121	26	NA	28	3
7	Grieta	75	89	6	NA	26	27
8	Mordedura	71	71	16	NA	13	3
9	Mordedura	71	51	12	NA	14	6
10	Grieta	76	40	3	NA	18	12
11	Grieta	76	32	2	NA	16	11
12	Mordedura	71	12	23	NA	27	5

N° de discontinuidades encontradas (Thinner)	12
% del total (con base en el ensayo de control Cleaner E-59A)	100%

## Aceptación y rechazo




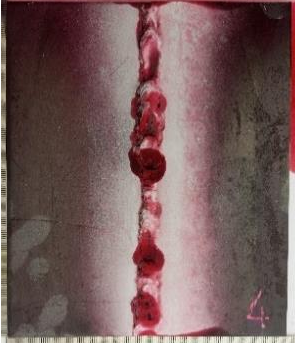
Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	14	6	18	Relevante	Redondeada		x
2	29	4	12	Relevante	Lineal		x
3	10	9	27	Relevante	Redondeada		x
4	19	18	54	Relevante	Redondeada		x
5	26	6	18	Relevante	Lineal		x
6	28	3	9	Relevante	Lineal		x
7	26	27	81	Relevante	Redondeada		x
8	13	3	9	Relevante	Lineal		x
9	14	6	18	Relevante	Redondeada		x
10	18	12	36	Relevante	Redondeada		x
11	16	11	33	Relevante	Redondeada		x
12	27	5	15	Relevante	Lineal		x
Total						0	12

**3.1.1.12. Ensayo de tintas penetrantes visibles 12, agente limpiador/removedor: Thinner**

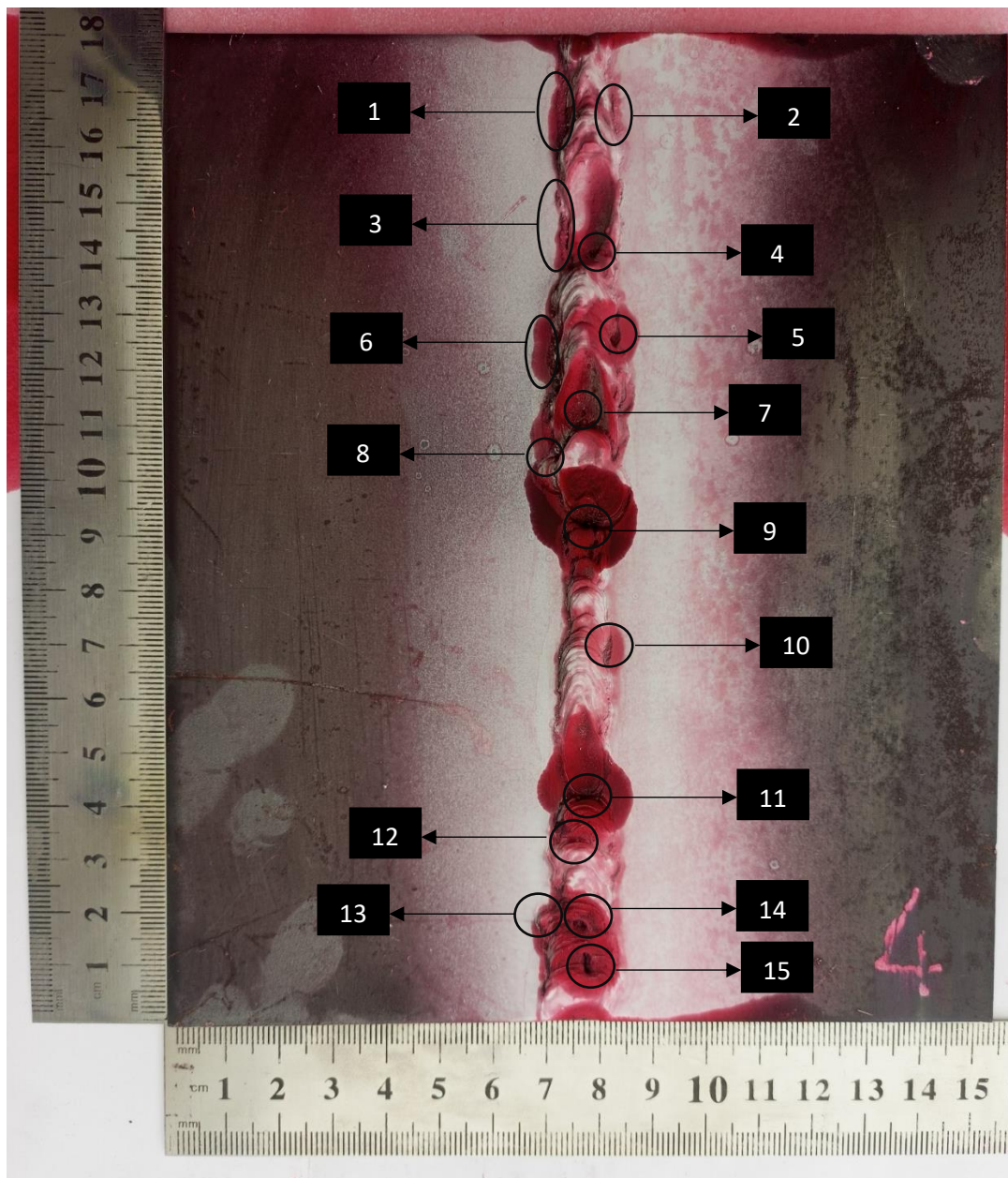
	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-TH-04
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	11/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	18 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	12	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Thinner	Penetrante VP-30	Thinner	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Atomizador	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de ¾ de minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.				

**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
 A close-up photograph of a hand wearing a white nitrile glove, using a white cloth to clean the weld area. The weld is visible in the background. A small pink number '4' is in the bottom right corner.	 A photograph of the weld joint with a thick layer of red penetrant applied. The red color is visible on the surface of the metal and the weld. A small pink number '4' is in the bottom right corner.
Remoción exceso de penetrante	Revelado
 A close-up photograph of a hand wearing a white nitrile glove, using a white cloth to remove the excess red penetrant from the weld area. The weld is visible in the background. A small pink number '4' is in the bottom right corner.	 A photograph of the weld joint with a white developer applied. The developer has reacted with the penetrant, revealing several dark, circular defects along the length of the weld. A small pink number '4' is in the bottom right corner.

**Etapa de visualización de discontinuidades**



### Resultados obtenidos

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	72	166	22	NA	22	4
2	Mordedura	84	165	22	NA	18	2
3	Mordedura	72	143	7	NA	9	3
4	Grieta	77	142	3	NA	9	5
5	Mordedura	82	124	9	NA	10	6
6	Mordedura	71	123	7	NA	13	6
7	Poros	76	112	NA	1	16	11
8	Mordedura	72	110	7	NA	12	4
9	Poros	76	92	NA	3	21	20
10	Mordedura	81	70	7	NA	12	6
11	Poros	77	43	NA	2	18	14
12	Mordedura	74	35	4	NA	9	3
13	Mordedura	72	24	23	NA	22	3
14	Poros	76	17	NA	3	13	12
15	Poros	78	11	NA	4	16	14

N° de discontinuidades encontradas (Thinner)	15
% del total (con base en el ensayo de control Cleaner E-59A)	100%



Observaciones:



### Aceptación y rechazo

Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	22	4	12	Relevante	Lineal		x
2	18	2	6	Relevante	Lineal		x
3	9	3	9	Relevante	Redondeada		x
4	9	5	15	Relevante	Redondeada		x
5	10	6	18	Relevante	Redondeada		x
6	13	6	18	Relevante	Redondeada		x
7	16	11	33	Relevante	Redondeada		x
8	12	4	12	Relevante	Redondeada		x
9	21	20	60	Relevante	Redondeada		x
10	12	6	18	Relevante	Redondeada		x
11	18	14	42	Relevante	Redondeada		x
12	9	3	9	Relevante	Redondeada		x
13	22	3	9	Relevante	Lineal		x
14	13	12	36	Relevante	Redondeada		x
15	16	14	42	Relevante	Redondeada		x
Total						0	15

**3.1.1.13. Ensayo de tintas penetrantes visibles 13, agente limpiador/removedor: Thinner**

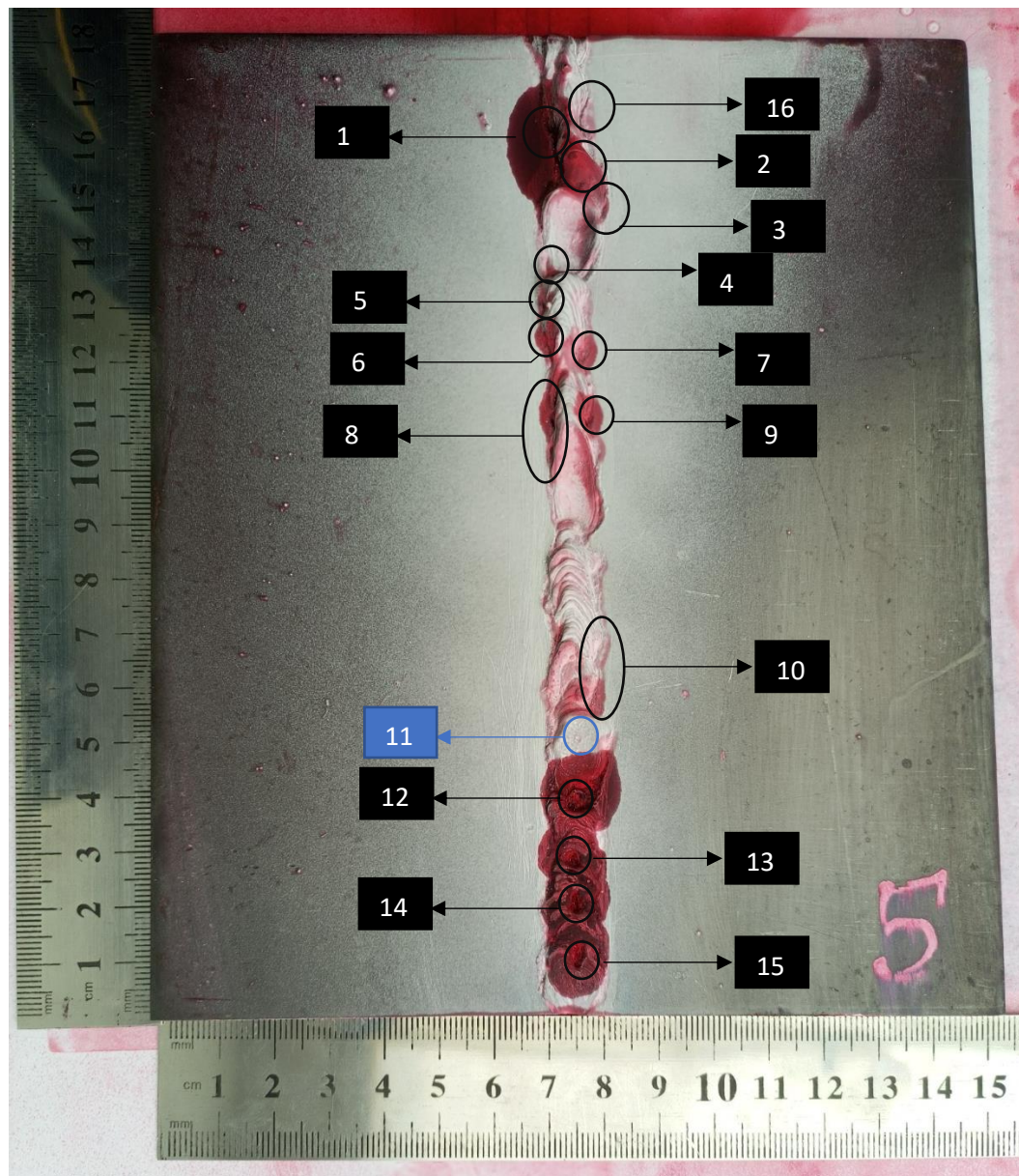
	Universidad Técnica de Ambato			
	Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
	Carrera de Mecánica			
	Informe de Tintas Penetrantes Visibles			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-TH-05
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	11/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	18 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	13	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Thinner	Penetrante VP-30	Thinner	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Atomizador	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de ¾ de minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.				

**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
	
Remoción exceso de penetrante	Revelado
	

Etapa de visualización de discontinuidades



### Resultados obtenidos

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	76	155	14	NA	23	17
2	Poros	76	151	NA	1	12	10
3	Mordedura	79	145	3	NA	6	3
4	Poros	71	134	NA	1	3	3
5	Mordedura	69	131	5	NA	5	3
6	Mordedura	71	120	6	NA	9	4
7	Mordedura	76	120	6	NA	8	5
8	Mordedura	69	104	12	NA	18	4
9	Mordedura	79	104	16	NA	16	6
10	Mordedura	79	60	14	NA	16	4
11	Poros	74	49	NA	1	-	-
12	Grieta	75	37	NA	3	21	14
13	Poros	74	29	NA	3	16	13
14	Poros	74	18	NA	4	16	12
15	Poros	74	9	NA	4	15	12
16	Mordedura	75	164	11	NA	6	4

N° de discontinuidades encontradas (Thinner)	15
% del total (con base en el ensayo de control Cleaner E-59A)	93.75%

Observaciones:
La discontinuidad #11 (poros) no se revela en este ensayo.

### Aceptación y rechazo

Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	23	17	51	Relevante	Redondeada		x
2	12	10	30	Relevante	Redondeada		x
3	6	3	9	Relevante	Redondeada		x
4	3	3	9	Relevante	Redondeada	x	
5	5	3	9	Relevante	Redondeada	x	
6	9	4	12	Relevante	Redondeada		x
7	8	5	15	Relevante	Redondeada		x
8	18	4	12	Relevante	Lineal		x
9	16	6	18	Relevante	Redondeada		x
10	16	4	12	Relevante	Lineal		x
11	-	-	-	-	-	-	-
12	21	14	42	Relevante	Redondeada		x
13	16	13	39	Relevante	Redondeada		x
14	16	12	36	Relevante	Redondeada		x
15	15	12	36	Relevante	Redondeada		x
16	6	4	12	Relevante	Redondeada		x
Total						2	13

**3.1.1.14. Ensayo de tintas penetrantes visibles 14, agente limpiador/removedor: Thinner**

	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-TH-06
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	11/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	18 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	14	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Thinner	Penetrante VP-30	Thinner	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Atomizador	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de ¾ de minutos a temperatura ambiente y evaporación normal.				

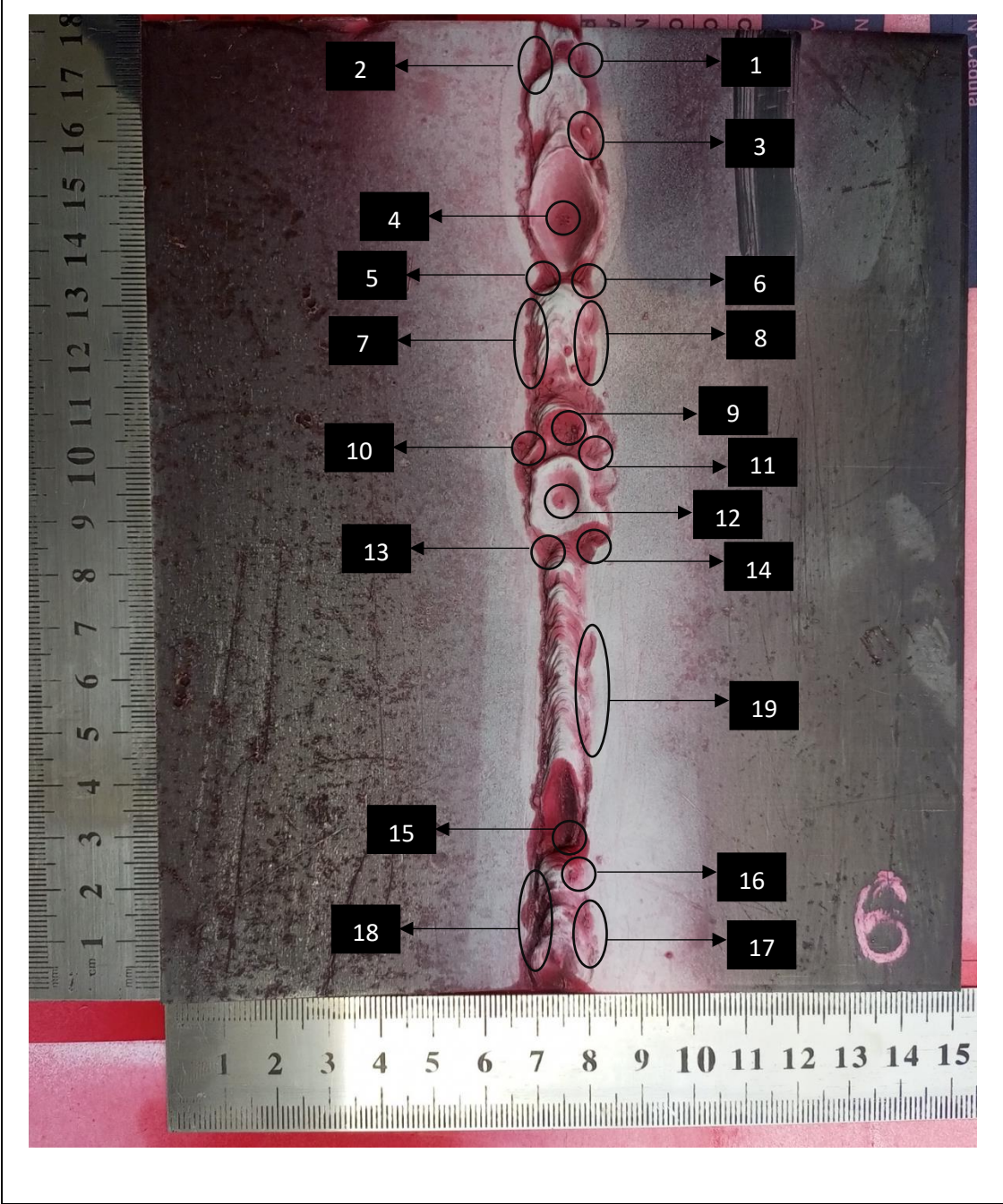
**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
A photograph showing a hand wearing a clear nitrile glove. The hand is applying a red liquid penetrant to the weld joint. The weld is visible through the clear areas of the glove. A small white number '6' is in the bottom right corner.	A photograph of the weld joint completely covered in a thick, dark red penetrant. The background is dark. A small white number '6' is in the bottom right corner.
Remoción exceso de penetrante	Revelado
A photograph showing a hand in a clear nitrile glove using a white paper towel to wipe away the excess red penetrant from the weld joint. A small white number '6' is in the bottom right corner.	A photograph of the weld joint after the excess penetrant has been removed. A white developer has been applied, making the weld joint stand out against the dark background. A small white number '6' is in the bottom right corner.



**Etapas de visualización de discontinuidades**



## Resultados obtenidos

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	83	171	6	NA	7	4
2	Mordedura	74	170	4	NA	12	3
3	Mordedura	85	157	10	NA	14	6
4	Poros	81	144	NA	1	11	11
5	Mordedura	76	133	4	NA	7	6
6	Mordedura	83	133	2	NA	7	5
7	Mordedura	74	117	7	NA	18	3
8	Mordedura	84	116	11	NA	18	4
9	Poros	79	114	NA	1	10	10
10	Mordedura	73	108	7	NA	12	3
11	Mordedura	85	113	4	NA	7	4
12	Poros	79	93	NA	1	4	4
13	Mordedura	74	85	4	NA	8	6
14	Mordedura	84	85	7	NA	9	8
15	Poros	79	28	NA	2	14	12
16	Mordedura	81	22	3	NA	7	4
17	Mordedura	82	17	4	NA	12	3
18	Mordedura	71	16	18	NA	22	4
19	Mordedura	82	64	16	NA	24	4



N° de discontinuidades encontradas (Thinner)	19
% del total (con base en el ensayo de control Cleaner E-59A)	100%

Observaciones:

### Aceptación y rechazo

Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	7	4	12	Relevante	Redondeada		x
2	12	3	9	Relevante	Lineal		x
3	14	6	18	Relevante	Redondeada		x
4	11	11	33	Relevante	Redondeada		x
5	7	6	18	Relevante	Redondeada		x
6	7	5	15	Relevante	Redondeada		x
7	18	3	9	Relevante	Lineal		x
8	18	4	12	Relevante	Lineal		x
9	10	10	30	Relevante	Redondeada		x
10	12	3	9	Relevante	Lineal		x
11	7	4	12	Relevante	Redondeada		x
12	4	4	12	Relevante	Redondeada	x	
13	8	6	18	Relevante	Redondeada		x
14	9	8	24	Relevante	Redondeada		x
15	14	12	36	Relevante	Redondeada		x
16	7	4	12	Relevante	Redondeada		x
17	12	3	9	Relevante	Lineal		x
18	22	4	12	Relevante	Lineal		x
19	24	4	12	Relevante	Lineal		x
Total						1	18

**3.1.1.15. Ensayo de tintas penetrantes visibles 15, agente limpiador/removedor: Thinner**

	Universidad Técnica de Ambato			
	Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
	Carrera de Mecánica			
	Informe de Tintas Penetrantes Visibles			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-TH-07
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	11/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	19 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	15	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Thinner	Penetrante VP-30	Thinner	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Atomizador	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	A	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de ¾ de minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.				

**Procedimiento:**



Prelimpieza



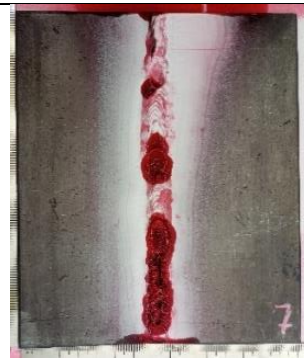
Tiempo de Penetración



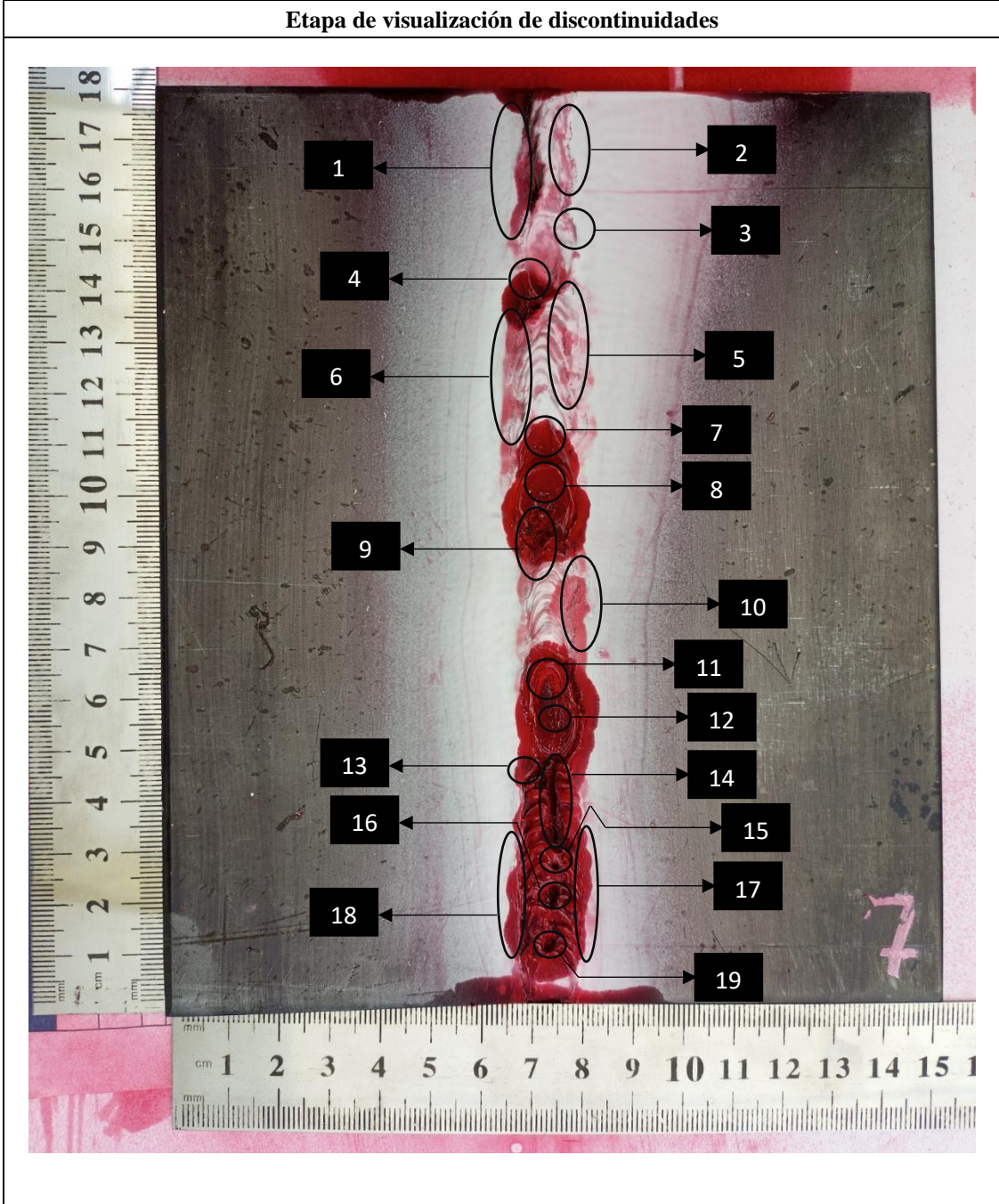
Remoción exceso de penetrante



Revelado



Etapa de visualización de discontinuidades



## Resultados obtenidos

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud mm	Diámetro mm	Longitud indicación mm	Ancho indicación mm
		X	Y				
1	Mordedura	73	155	23	NA	29	3
2	Mordedura	82	164	24	NA	25	4
3	Poros	82	147	NA	< 1	1	1
4	Poros	74	139	NA	2	12	9
5	Mordedura	82	123	19	NA	17	3
6	Mordedura	70	120	18	NA	19	4
7	Poros	75	109	NA	2	12	7
8	Poros	76	99	NA	2	21	18
9	Mordedura	72	89	13	NA	9	6
10	Mordedura	82	75	26	NA	23	4
11	Grieta	76	56	4	NA	14	12
12	Poros	76	49	NA	1	14	14
13	Poros	74	44	NA	1	8	7
14	Falta de continuidad	76	40	17	NA	24	9
15	Poros	77	29	NA	1	14	14
16	Poros	76	23	NA	2	16	15
17	Mordedura	82	19	12	NA	26	4
18	Mordedura	71	18	16	NA	18	3
19	Poros	76	14	NA	3	17	16

N° de discontinuidades encontradas (Thinner)	19
% del total (con base en el ensayo de control Cleaner E-59A)	100%



Observaciones:

### Aceptación y rechazo

Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	29	3	9	Relevante	Lineal		x
2	25	4	12	Relevante	Lineal		x
3	1	1	3	No Relevante	-	-	-
4	12	9	27	Relevante	Redondeada		x
5	17	3	9	Relevante	Lineal		x
6	19	4	12	Relevante	Lineal		x
7	12	7	21	Relevante	Redondeada		x
8	21	18	54	Relevante	Redondeada		x
9	9	6	18	Relevante	Redondeada		x
10	23	4	12	Relevante	Lineal		x
11	14	12	36	Relevante	Redondeada		x
12	14	14	42	Relevante	Redondeada		x
13	8	7	21	Relevante	Redondeada		x
14	24	9	27	Relevante	Redondeada		x
15	14	14	42	Relevante	Redondeada		x
16	16	15	45	Relevante	Redondeada		x
17	26	4	12	Relevante	Lineal		x
18	18	3	9	Relevante	Lineal		x
19	17	16	48	Relevante	Redondeada		x
Total						0	18



**3.1.1.16. Ensayo de tintas penetrantes visibles 16, agente limpiador/removedor: Thinner**

	Universidad Técnica de Ambato			
	Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
	Carrera de Mecánica			
	Informe de Tintas Penetrantes Visibles			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-TH-08
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	11/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	19 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	16	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Thinner	Penetrante VP-30	Thinner	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Atomizador	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de ¾ de minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.				

**Procedimiento:**



Prelimpieza



Tiempo de Penetración



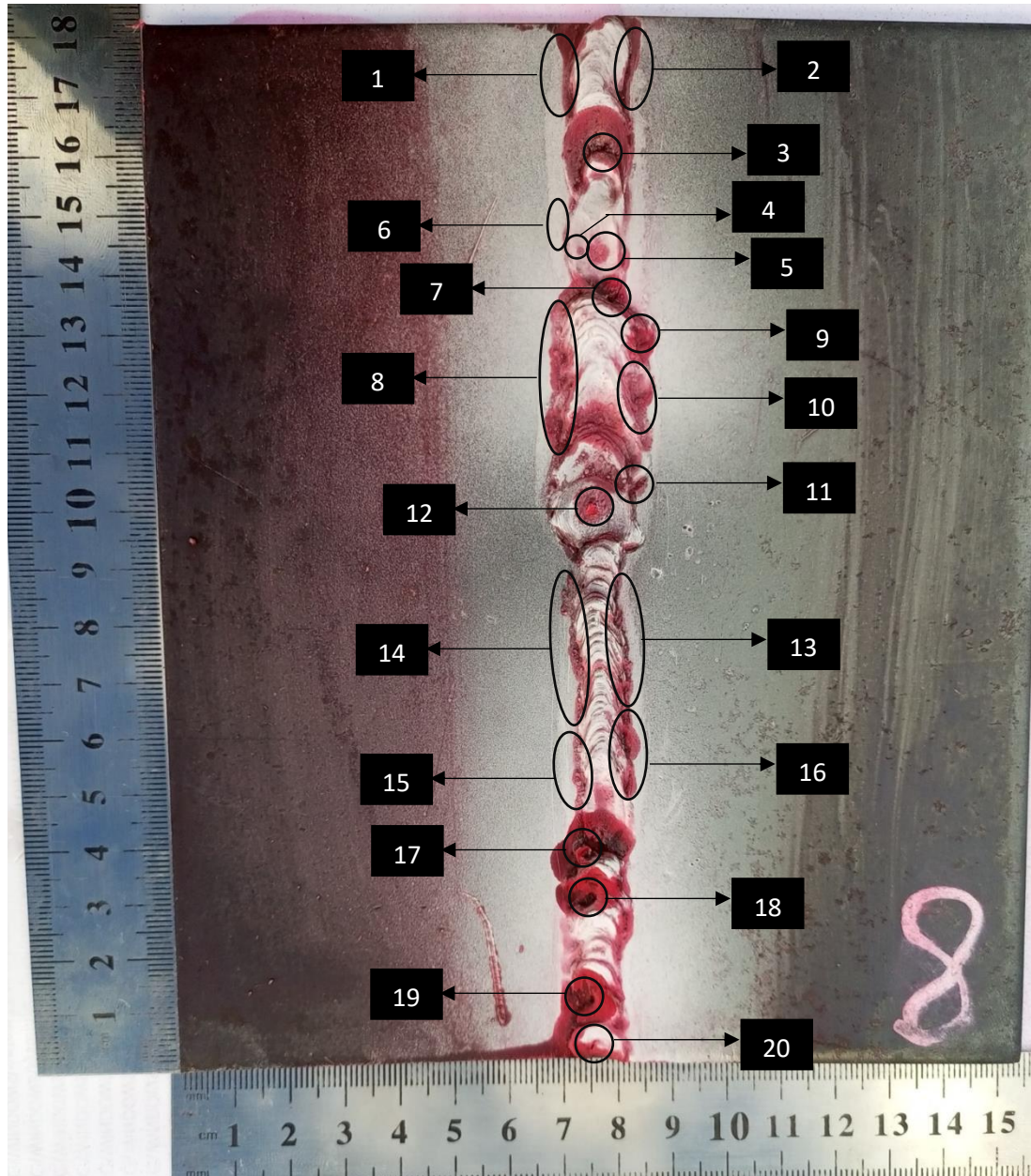
Remoción exceso de penetrante



Revelado



Etapa de visualización de discontinuidades



### Resultados obtenidos

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	72	171	16	NA	17	3
2	Mordedura	83	170	17	NA	16	3
3	Poros	77	159	NA	2	16	13
4	Poros	74	145	NA	<1	1	1
5	Poros	77	144	NA	1	5	4
6	Mordedura	72	143	12	NA	8	1
7	Poros	80	136	NA	2	8	7
8	Mordedura	71	139	34	NA	32	5
9	Mordedura	84	127	3	NA	8	6
10	Mordedura	84	117	7	NA	19	6
11	Mordedura	83	105	4	NA	5	4
12	Grieta	76	101	2	NA	8	8
13	Mordedura	81	79	23	NA	24	3
14	Mordedura	72	71	19	NA	24	3
15	Mordedura	72	50	23	NA	24	2
16	Mordedura	81	49	24	NA	17	4
17	Poros	73	39	NA	1	14	13
18	Poros	74	31	NA	1	11	11
19	Poros	71	12	NA	1	12	11
20	Poros	74	4	NA	1	10	7



N° de discontinuidades encontradas (Thinner)	20
% del total (con base en el ensayo de control Cleaner E-59A)	100%

Observaciones:

### Aceptación y rechazo





Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	17	3	9	Relevante	Lineal		x
2	16	3	9	Relevante	Lineal		x
3	16	13	39	Relevante	Redondeada		x
4	1	1	3	No Relevante	-	-	-
5	5	4	12	Relevante	Redondeada	x	
6	8	1	3	Relevante	Lineal		x
7	8	7	21	Relevante	Redondeada		x
8	32	5	15	Relevante	Lineal		x
9	8	6	18	Relevante	Redondeada		x
10	19	6	18	Relevante	Lineal		x
11	5	4	12	Relevante	Redondeada	x	
12	8	8	24	Relevante	Redondeada		x
13	24	3	9	Relevante	Lineal		x
14	24	3	9	Relevante	Lineal		x
15	24	2	6	Relevante	Lineal		x
16	17	4	12	Relevante	Lineal		x
17	14	13	39	Relevante	Redondeada		x
18	11	11	33	Relevante	Redondeada		x
19	12	11	33	Relevante	Redondeada		x
20	10	7	21	Relevante	Redondeada		x
Total						2	17

**3.1.1.17. Ensayo de tintas penetrantes visibles 17, agente limpiador/removedor: Acetona**

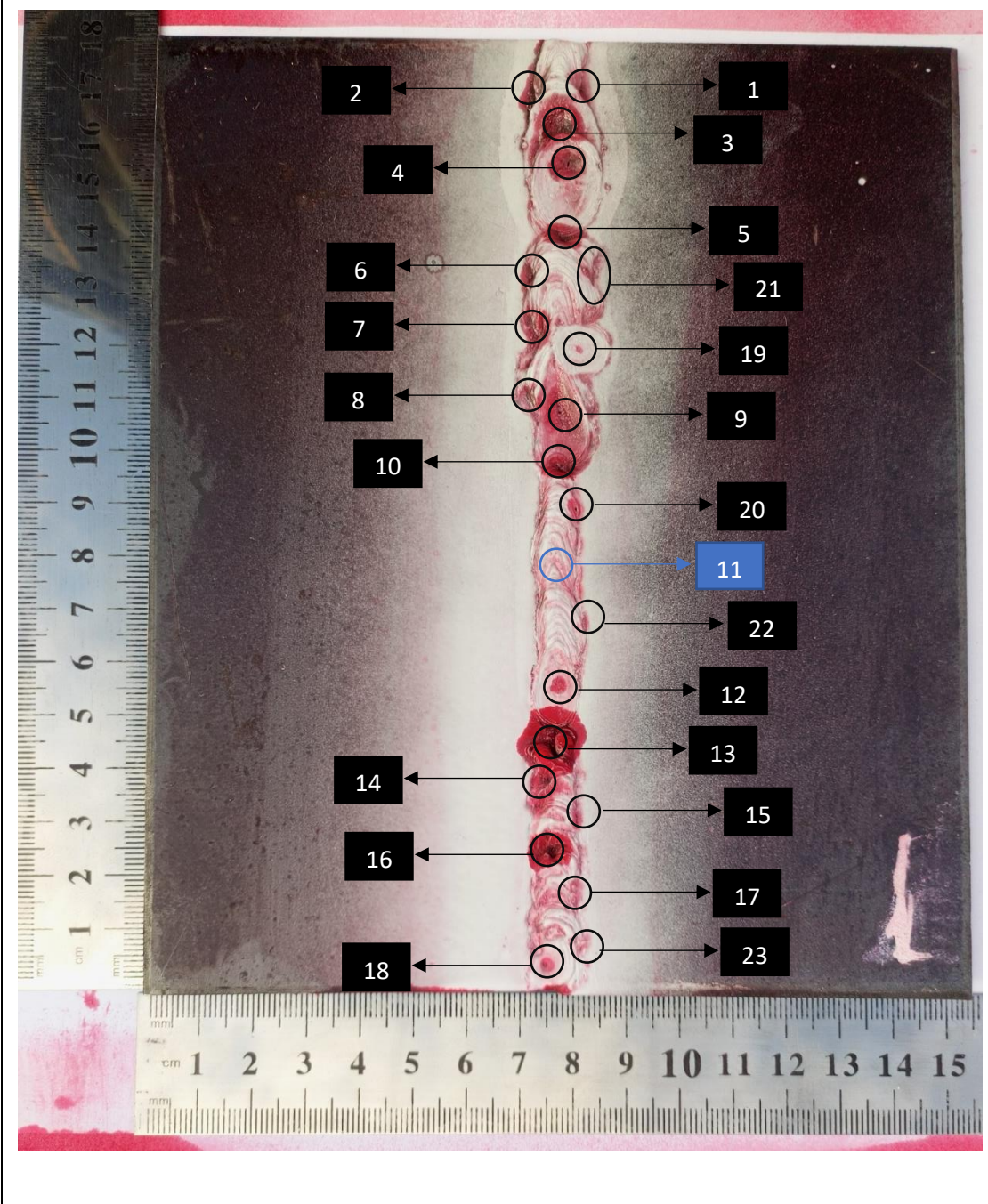
	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-AC-01
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	12/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	18 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	17	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Acetona	Penetrante VP-30	Acetona	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Atomizador	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de 1 minuto y 15 segundos a temperatura ambiente y evaporación normal.				

**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
	
Remoción exceso de penetrante	Revelado
	

Etapa de visualización de discontinuidades





**Resultados obtenidos**

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	82	168	7	NA	8	2
2	Mordedura	72	168	8	NA	14	3
3	Poros	75	170	NA	6	9	8
4	Poros	79	155	NA	1	7	7
5	Poros	79	142	NA	3	8	4
6	Mordedura	73	133	4	NA	6	3
7	Mordedura	71	122	6	NA	8	3
8	Mordedura	70	110	7	NA	8	4
9	Poros	75	107	NA	1	11	9
10	Poros	76	96	4	NA	8	4
11	Mordedura	75	76	4	NA	-	-
12	Poros	76	57	NA	1	3	3
13	Falta de continuidad	76	47	4	NA	12	11
14	Poros	75	37	NA	1	7	5
15	Mordedura	82	32	3	NA	5	2
16	Poros	77	24	NA	1	8	7
17	Mordedura	82	16	4	NA	6	2
18	Poros	75	05	NA	<1	2	2
19	Poros	84	116	NA	<1	1	1
20	Poros	79	89	NA	<1	4	2
21	Mordedura	82	129	12	NA	12	2
22	Mordedura	82	66	4	NA	4	2
23	Mordedura	83	8	3	NA	4	3



N° de discontinuidades encontradas (Acetona)	22
% del total (con base en el ensayo de control Cleaner E-59A)	95.65

Observaciones
La discontinuidad #11 (mordedura) no se revela de manera apropiada en este ensayo.

### Aceptación y rechazo



Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	8	2	6	Relevante	Lineal		X
2	14	3	9	Relevante	Lineal		X
3	9	8	24	Relevante	Redondeada		x
4	7	7	21	Relevante	Redondeada		x
5	8	4	12	Relevante	Redondeada		x
6	6	3	9	Relevante	Redondeada		x
7	8	3	9	Relevante	Redondeada		x
8	8	4	12	Relevante	Redondeada		x
9	11	9	27	Relevante	Redondeada		x
10	8	4	12	Relevante	Redondeada		x
11	-	-	-	-	-	-	-
12	3	3	9	Relevante	Redondeada	x	
13	12	11	33	Relevante	Redondeada		x
14	7	5	15	Relevante	Redondeada		x
15	5	2	6	Relevante	Redondeada	x	
16	8	7	21	Relevante	Redondeada		x
17	6	2	6	Relevante	Redondeada		x
18	2	2	6	Relevante	Redondeada	x	
19	1	1	3	-	-	-	-
20	4	2	6	Relevante	Redondeada	x	
21	12	2	6	Relevante	Lineal		x
22	4	2	6	Relevante	Redondeada	x	
23	4	3	9	Relevante	Redondeada	x	
Total						6	15

**3.1.1.18. Ensayo de tintas penetrantes visibles 18, agente limpiador/removedor: Acetona**

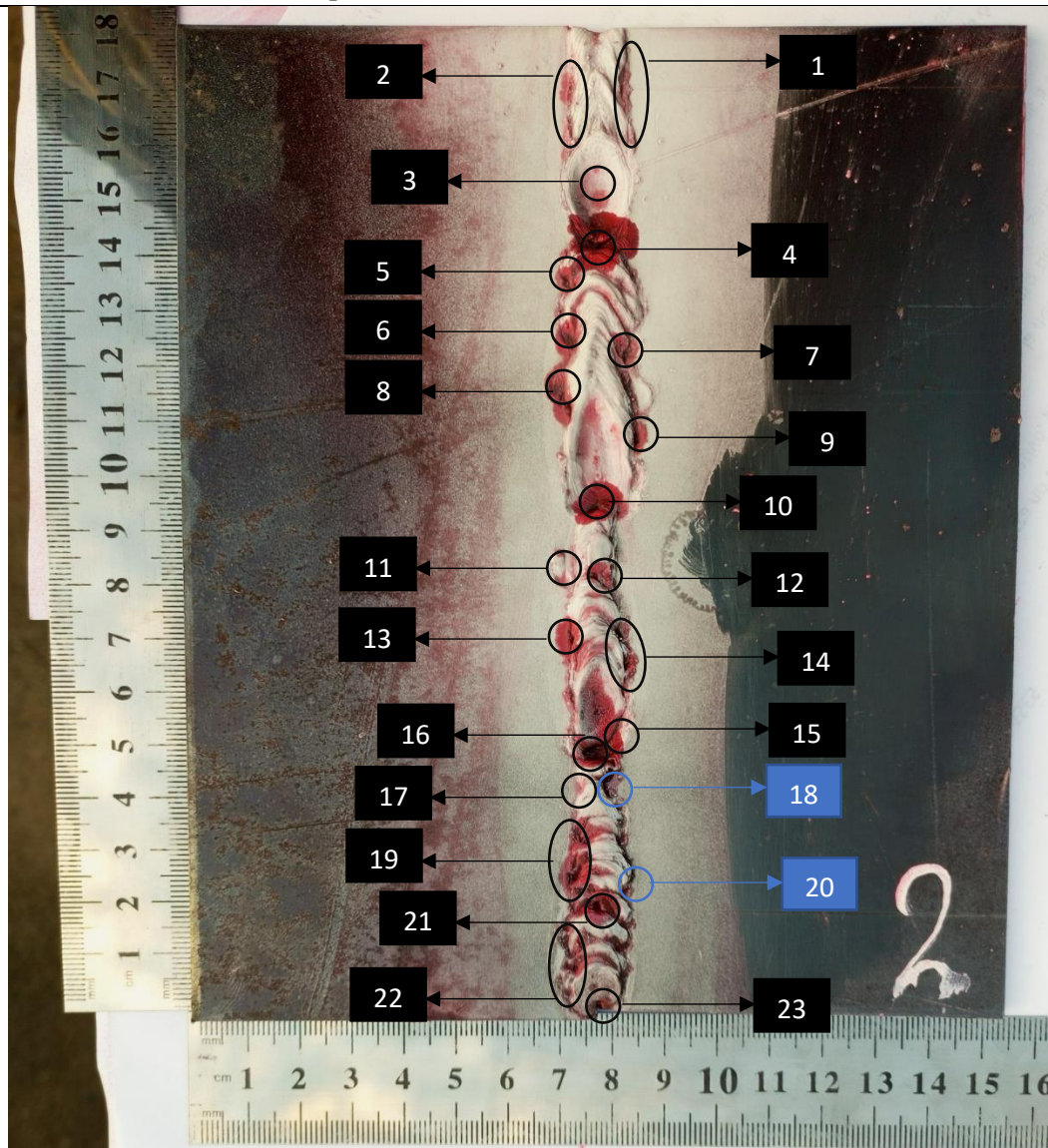
	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-AC-02
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	12/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	18 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	18	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Acetona	Penetrante VP-30	Acetona	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Atomizador	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de 1 minuto y 15 segundos a temperatura ambiente y evaporación normal.				

**Procedimiento:**



<p>Prelimpieza</p> 	<p>Tiempo de Penetración</p> 
<p>Remoción exceso de penetrante</p> 	<p>Revelado</p> 

**Etapas de visualización de discontinuidades**



## Resultados obtenidos

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	82	163	17	NA	16	3
2	Mordedura	69	163	18	NA	11	2
3	Poros	76	154	NA	<1	1	1
4	Poros	76	143	NA	4	12	11
5	Mordedura	71	131	6	NA	5	4
6	Mordedura	73	126	4	NA	8	5
7	Mordedura	82	116	4	NA	8	3
8	Mordedura	71	115	6	NA	12	4
9	Mordedura	84	107	4	NA	7	3
10	Poros	76	96	NA	3	10	7
11	Mordedura	72	82	4	NA	7	3
12	Mordedura	80	82	5	NA	6	3
13	Mordedura	72	70	6	NA	9	6
14	Mordedura	79	69	4	NA	11	2
15	Mordedura	81	59	6	NA	6	3
16	Poros	76	51	NA	4	23	22
17	Mordedura	71	43	6	NA	3	2
18	Mordedura	83	42	4	NA	-	-
19	Mordedura	71	22	5	NA	12	4
20	Mordedura	82	20	4	NA	-	-
21	Poros	76	16	NA	2	7	6
22	Mordedura	71	12	6	NA	10	2
23	Poros	77	04	NA	1	2	2

N° de discontinuidades encontradas (Acetona)	21
% del total (con base en el ensayo de control Cleaner E-59A)	91.30%



### Observaciones:

Las discontinuidades: #18 y #20 (mordeduras) no se revelan de forma apropiada.

### Aceptación y Rechazo

Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	16	3	9	Relevante	Lineal		x
2	11	2	6	Relevante	Lineal		x
3	1	1	3	No Relevante	-	-	-
4	12	11	33	Relevante	Redondeada		x
5	5	4	12	Relevante	Redondeada	x	
6	8	5	15	Relevante	Redondeada		x
7	8	3	9	Relevante	Redondeada		x
8	12	4	12	Relevante	Redondeada		x
9	7	3	9	Relevante	Redondeada		x
10	10	7	21	Relevante	Redondeada		x
11	7	3	9	Relevante	Redondeada		x
12	6	3	9	Relevante	Redondeada		x
13	9	6	18	Relevante	Redondeada		x
14	11	2	6	Relevante	Lineal		x
15	6	3	9	Relevante	Redondeada		x
16	23	22	66	Relevante	Redondeada		x
17	3	2	6	Relevante	Redondeada	x	
18	-	-	-	-	-	-	-
19	12	4	12	Relevante	Redondeada		x
20	-	-	-	-	-	-	-
21	7	6	18	Relevante	Redondeada		x
22	10	2	6	Relevante	Lineal		x
23	2	2	6	Relevante	Redondeada	x	
Total						3	17

**3.1.1.19. Ensayo de tintas penetrantes visibles 19, agente limpiador/removedor: Acetona**

	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-AC-03
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	12/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	18 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	19	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Acetona	Penetrante VP-30	Acetona	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Atomizador	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de 1 minuto y 15 segundos a temperatura ambiente y evaporación normal.				



**Procedimiento:**



Prelimpieza



Remoción exceso de penetrante

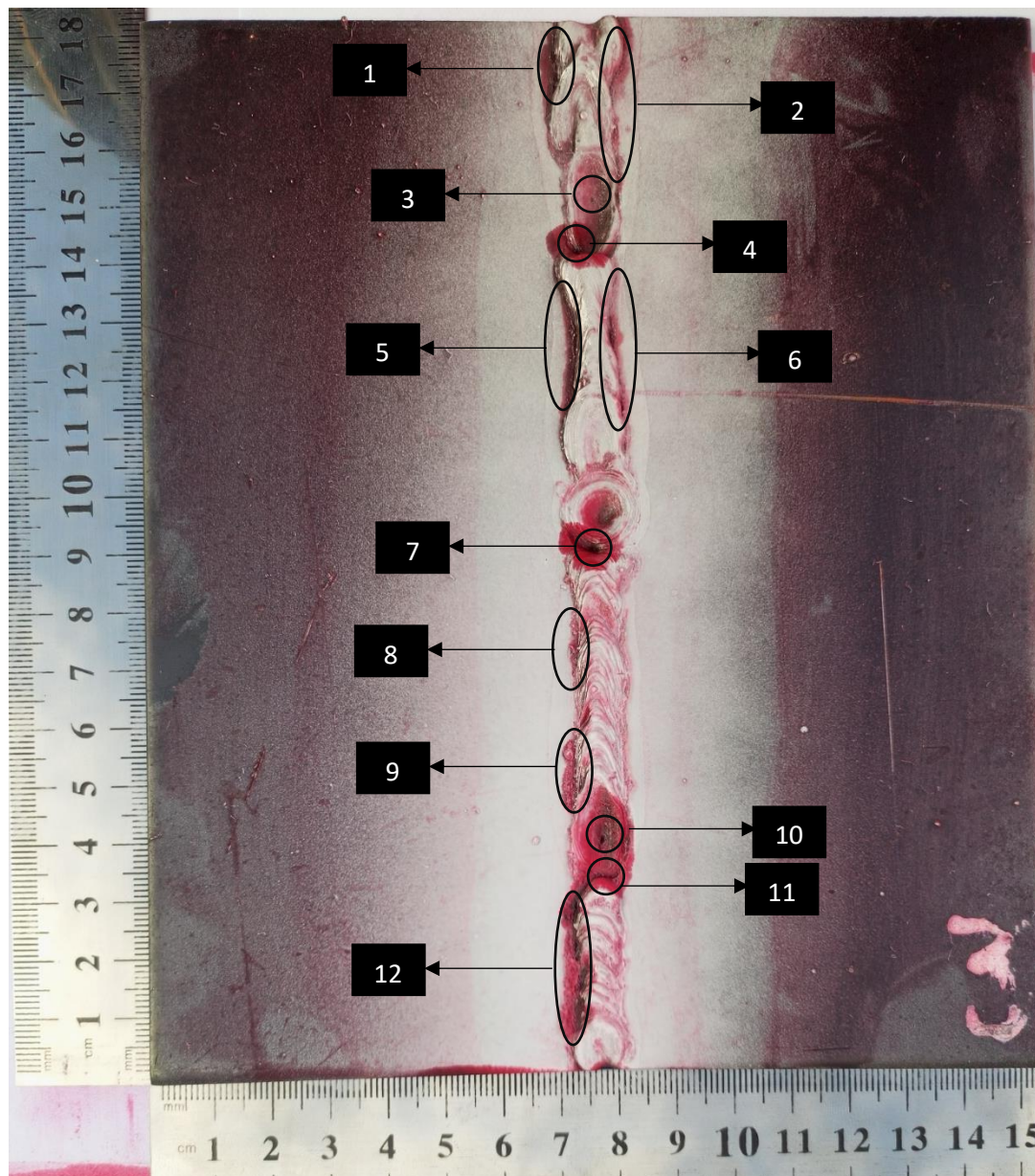
Tiempo de Penetración



Revelado



Etapa de visualización de discontinuidades



## Resultados obtenidos



N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	68	175	12	NA	15	2
2	Mordedura	79	164	22	NA	29	2
3	Poros	74	149	NA	1	9	6
4	Grieta	73	143	4	NA	11	8
5	Mordedura	69	122	24	NA	22	2
6	Mordedura	79	121	26	NA	26	2
7	Grieta	75	89	6	NA	11	7
8	Mordedura	71	71	16	NA	13	2
9	Mordedura	71	51	12	NA	14	3
10	Grieta	76	40	3	NA	28	24
11	Grieta	76	32	2	NA	19	12
12	Mordedura	71	12	23	NA	23	3

N° de discontinuidades encontradas (Acetona)	12
% del total (con base en el ensayo de control Cleaner E-59A)	100%

## Aceptación y rechazo

Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	15	2	6	Relevante	Lineal		x
2	29	2	6	Relevante	Lineal		x
3	9	6	18	Relevante	Redondeada		x
4	11	8	24	Relevante	Redondeada		x
5	22	2	6	Relevante	Lineal		x
6	26	2	6	Relevante	Lineal		x
7	11	7	21	Relevante	Redondeada		x
8	13	2	6	Relevante	Lineal		x
9	14	3	9	Relevante	Lineal		x
10	28	24	72	Relevante	Redondeada		x
11	19	12	36	Relevante	Redondeada		x
12	23	3	9	Relevante	Lineal		x
Total						0	12

**3.1.1.20. Ensayo de tintas penetrantes visibles 20, agente limpiador/removedor: Acetona**

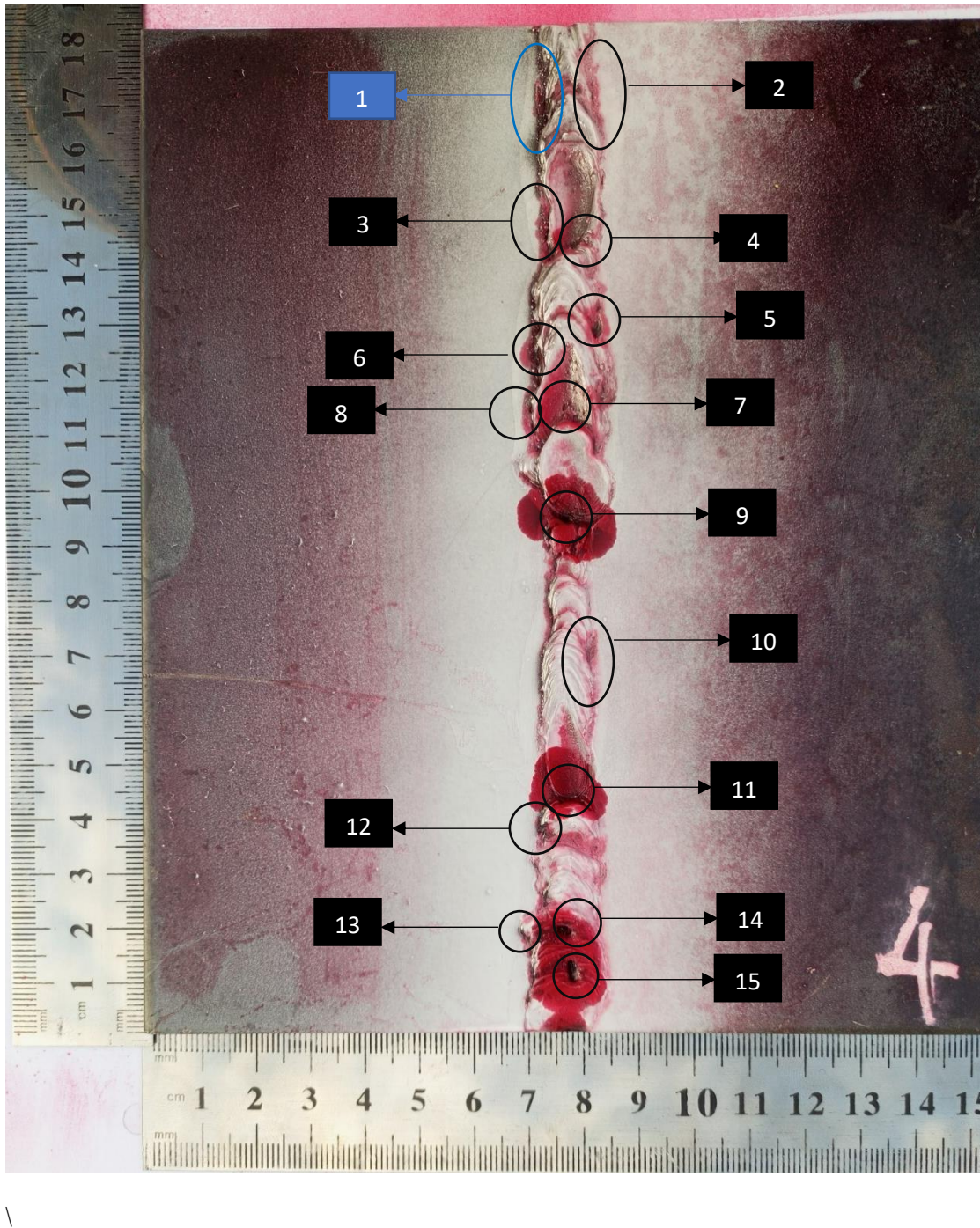
	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-AC-04
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	12/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	19 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	20	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Acetona	Penetrante VP-30	Acetona	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Atomizador	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de 1 minuto y 15 segundos a temperatura ambiente y evaporación normal.				

**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
	
Remoción exceso de penetrante	Revelado
	

**Etapa de visualización de discontinuidades**



## Resultados obtenidos

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	72	166	22	NA	-	-
2	Mordedura	84	165	22	NA	19	3
3	Mordedura	72	143	7	NA	10	3
4	Grieta	77	142	3	NA	8	4
5	Mordedura	82	124	9	NA	8	6
6	Mordedura	71	123	7	NA	8	4
7	Poros	76	112	NA	1	12	9
8	Mordedura	72	110	7	NA	12	2
9	Poros	76	92	NA	3	17	16
10	Mordedura	81	70	7	NA	13	3
11	Poros	77	43	NA	2	14	11
12	Mordedura	74	35	4	NA	6	2
13	Mordedura	72	24	23	NA	17	3
14	Poros	76	17	NA	3	11	9
15	Poros	78	11	NA	4	16	12

N° de discontinuidades encontradas (Acetona)	14
% del total (con base en el ensayo de control Cleaner E-59A)	93.33%



Observaciones:
La discontinuidad #1 (mordedura) no se revela de forma apropiada en este ensayo.

### Aceptación y rechazo

Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	-	-	-	-	-	-	-
2	19	3	9	Relevante	Lineal		x
3	10	3	9	Relevante	Lineal		x
4	8	4	12	Relevante	Redondeada		x
5	8	6	18	Relevante	Redondeada		x
6	8	4	12	Relevante	Redondeada		x
7	12	9	27	Relevante	Redondeada		x
8	12	2	6	Relevante	Lineal		x
9	17	16	48	Relevante	Redondeada		x
10	13	3	9	Relevante	Lineal		x
11	14	11	33	Relevante	Redondeada		x
12	6	2	6	Relevante	Redondeada		x
13	17	3	9	Relevante	Lineal		x
14	11	9	27	Relevante	Redondeada		x
15	16	12	36	Relevante	Redondeada		x
Total						0	14



**3.1.1.21. Ensayo de tintas penetrantes visibles 21, agente limpiador/removedor: Acetona**

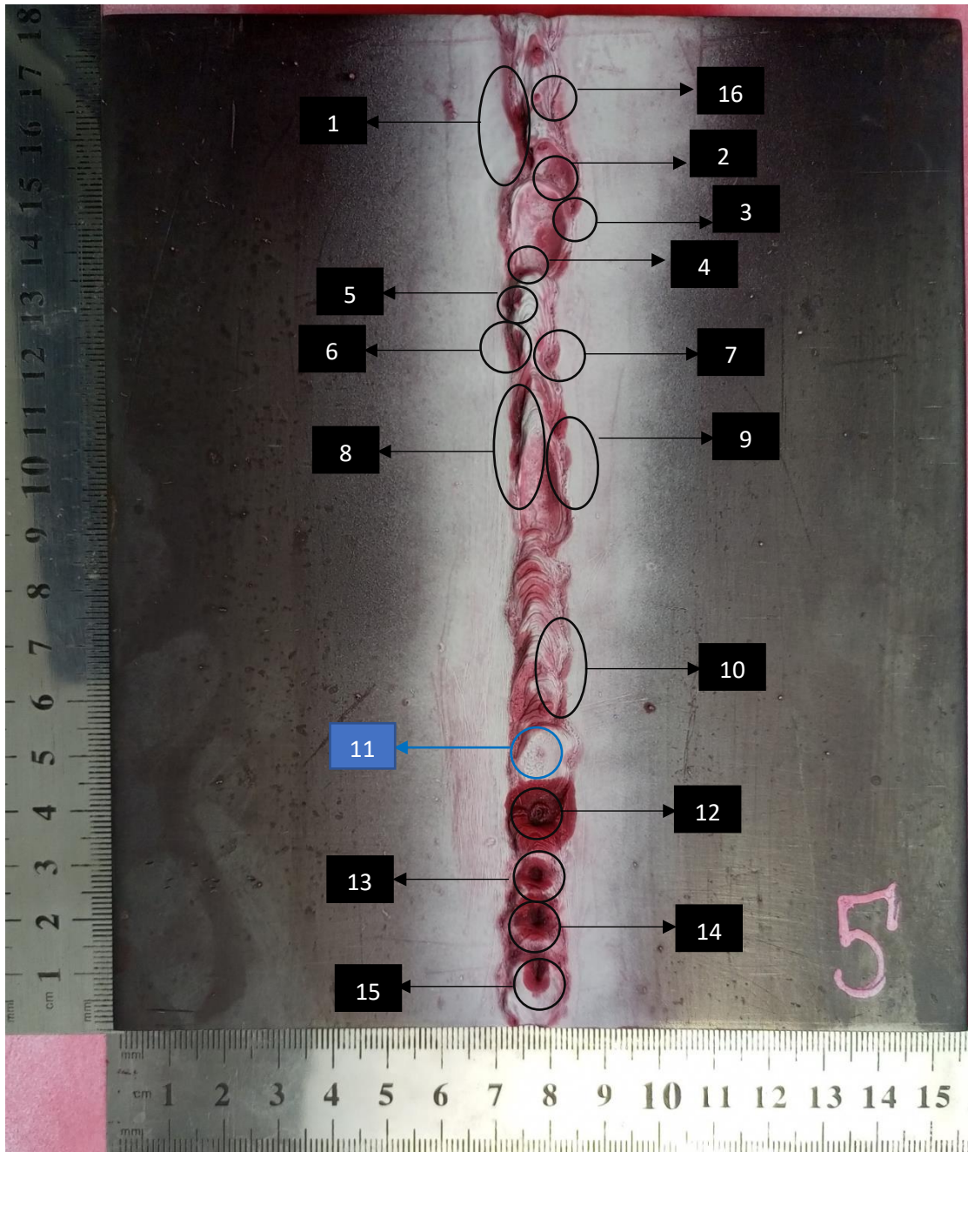
	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-AC-05
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	12/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	19 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	21	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Acetona	Penetrante VP-30	Acetona	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Atomizador	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de 1 minuto y 15 segundos a temperatura ambiente y evaporación normal.				

**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
Remoción exceso de penetrante	Revelado

Etapa de visualización de discontinuidades



## Resultados obtenidos

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	76	155	14	NA	17	3
2	Poros	76	151	NA	1	6	5
3	Mordedura	79	145	3	NA	5	2
4	Poros	71	134	NA	1	4	4
5	Mordedura	69	131	5	NA	4	3
6	Mordedura	71	120	6	NA	8	2
7	Mordedura	76	120	6	NA	7	3
8	Mordedura	69	104	12	NA	16	2
9	Mordedura	79	104	16	NA	14	3
10	Mordedura	79	60	14	NA	12	2
11	Poros	74	49	NA	1	-	-
12	Grieta	75	37	NA	3	10	10
13	Poros	74	29	NA	3	6	5
14	Poros	74	18	NA	4	7	6
15	Poros	74	9	NA	4	6	4
16	Mordedura	75	164	11	NA	10	3



N° de discontinuidades encontradas (Acetona)	15
% del total (con base en el ensayo de control Cleaner E-59A)	93.75%

Observaciones:
La discontinuidad #11 no se revela en este ensayo.

### Aceptación y rechazo

Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	17	3	9	Relevante	Lineal		x
2	6	5	15	Relevante	Redondeada		x
3	5	2	6	Relevante	Redondeada		x
4	4	4	12	Relevante	Redondeada	x	
5	4	3	9	Relevante	Redondeada	x	
6	8	2	6	Relevante	Lineal		x
7	7	3	9	Relevante	Redondeada		x
8	16	2	6	Relevante	Lineal		x
9	14	3	9	Relevante	Lineal		x
10	12	2	6	Relevante	Lineal		x
11	-	-	-	-	-	-	-
12	10	10	30	Relevante	Redondeada		x
13	6	5	15	Relevante	Redondeada		x
14	7	6	18	Relevante	Redondeada		x
15	6	4	12	Relevante	Redondeada		x
16	10	3	9	Relevante	Lineal		x
Total						2	13

**3.1.1.22. Ensayo de tintas penetrantes visibles 22, agente limpiador/removedor: Acetona**

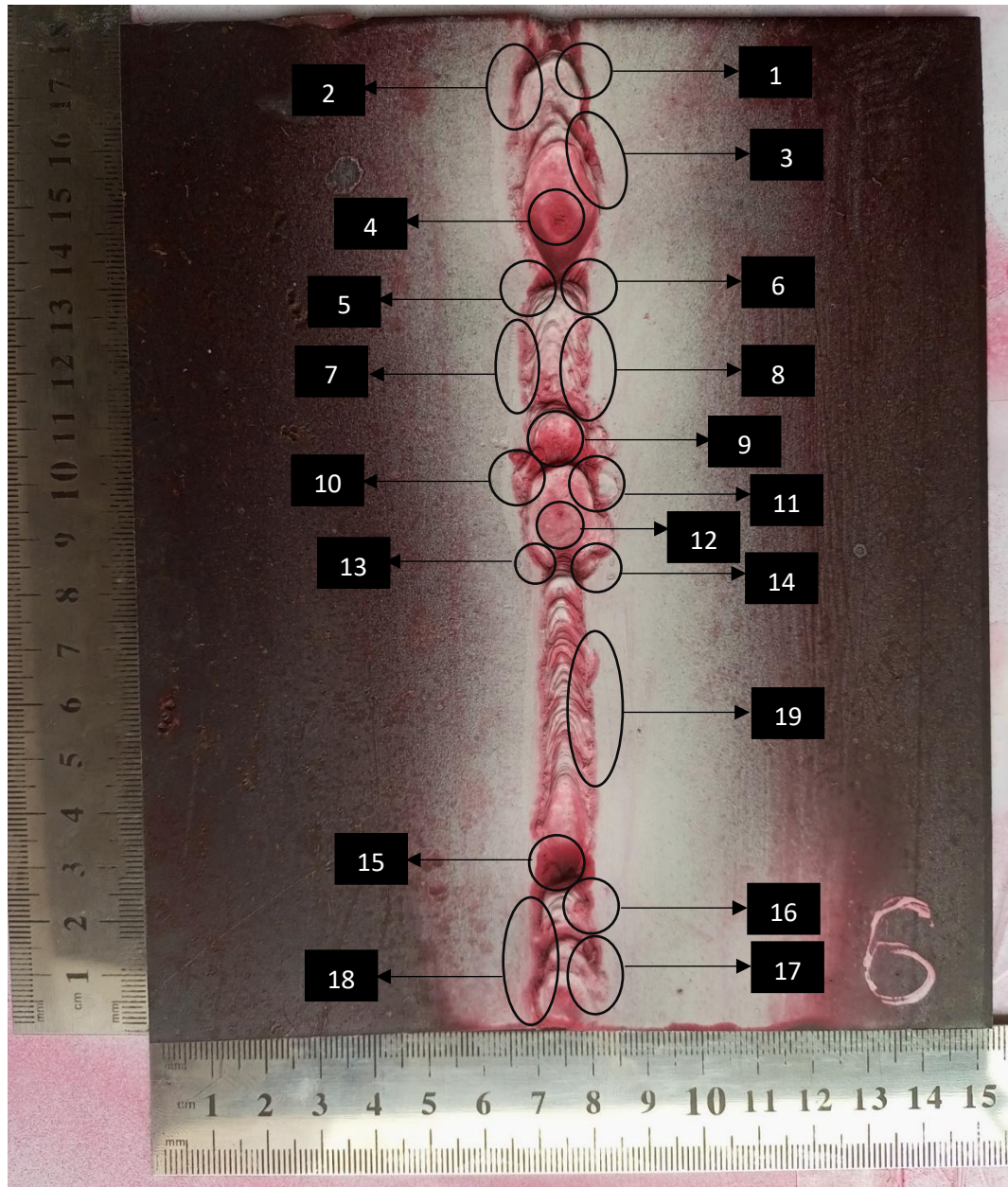
	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-AC-06
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	12/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	19 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	22	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Acetona	Penetrante VP-30	Acetona	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Atomizador	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de 1 minuto y 15 segundos a temperatura ambiente y evaporación normal.				

**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
	
Remoción exceso de penetrante	Revelado
	

Etapa de visualización de discontinuidades





### Resultados obtenidos

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	83	171	6	NA	7	3
2	Mordedura	74	170	4	NA	11	2
3	Mordedura	85	157	10	NA	12	3
4	Poros	81	144	NA	1	7	7
5	Mordedura	76	133	4	NA	4	3
6	Mordedura	83	133	2	NA	4	3
7	Mordedura	74	117	7	NA	14	3
8	Mordedura	84	116	11	NA	15	3
9	Poros	79	114	NA	1	8	7
10	Mordedura	73	108	7	NA	6	3
11	Mordedura	85	113	4	NA	6	3
12	Poros	79	93	NA	1	14	11
13	Mordedura	74	85	4	NA	6	2
14	Mordedura	84	85	7	NA	8	4
15	Poros	79	28	NA	2	9	9
16	Mordedura	81	22	3	NA	3	2
17	Mordedura	82	17	4	NA	10	2
18	Mordedura	71	16	18	NA	18	2
19	Mordedura	82	64	16	NA	23	4



N° de discontinuidades encontradas (Acetona)	19
% del total (con base en el ensayo de control Cleaner E-59A)	100%

Observaciones:

### Aceptación y rechazo


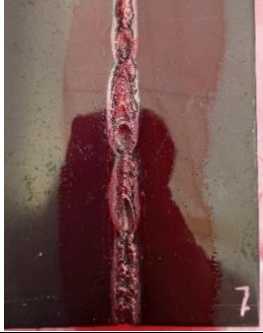


Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	7	3	9	Relevante	Redondeada		x
2	11	2	6	Relevante	Lineal		x
3	12	3	9	Relevante	Lineal		x
4	7	7	21	Relevante	Redondeada		x
5	4	3	9	Relevante	Redondeada	x	
6	4	3	9	Relevante	Redondeada	x	
7	14	3	9	Relevante	Lineal		x
8	15	3	9	Relevante	Lineal		x
9	8	7	21	Relevante	Redondeada		x
10	6	3	9	Relevante	Redondeada		x
11	6	3	9	Relevante	Redondeada		x
12	14	11	33	Relevante	Redondeada		x
13	6	2	6	Relevante	Redondeada		x
14	8	4	12	Relevante	Redondeada		x
15	9	9	27	Relevante	Redondeada		x
16	3	2	6	Relevante	Redondeada	x	
17	10	2	6	Relevante	Lineal		x
18	18	2	6	Relevante	Lineal		x
19	23	4	12	Relevante	Lineal		x
Total						3	16

**3.1.1.23. Ensayo de tintas penetrantes visibles 23, agente limpiador/removedor: Acetona**

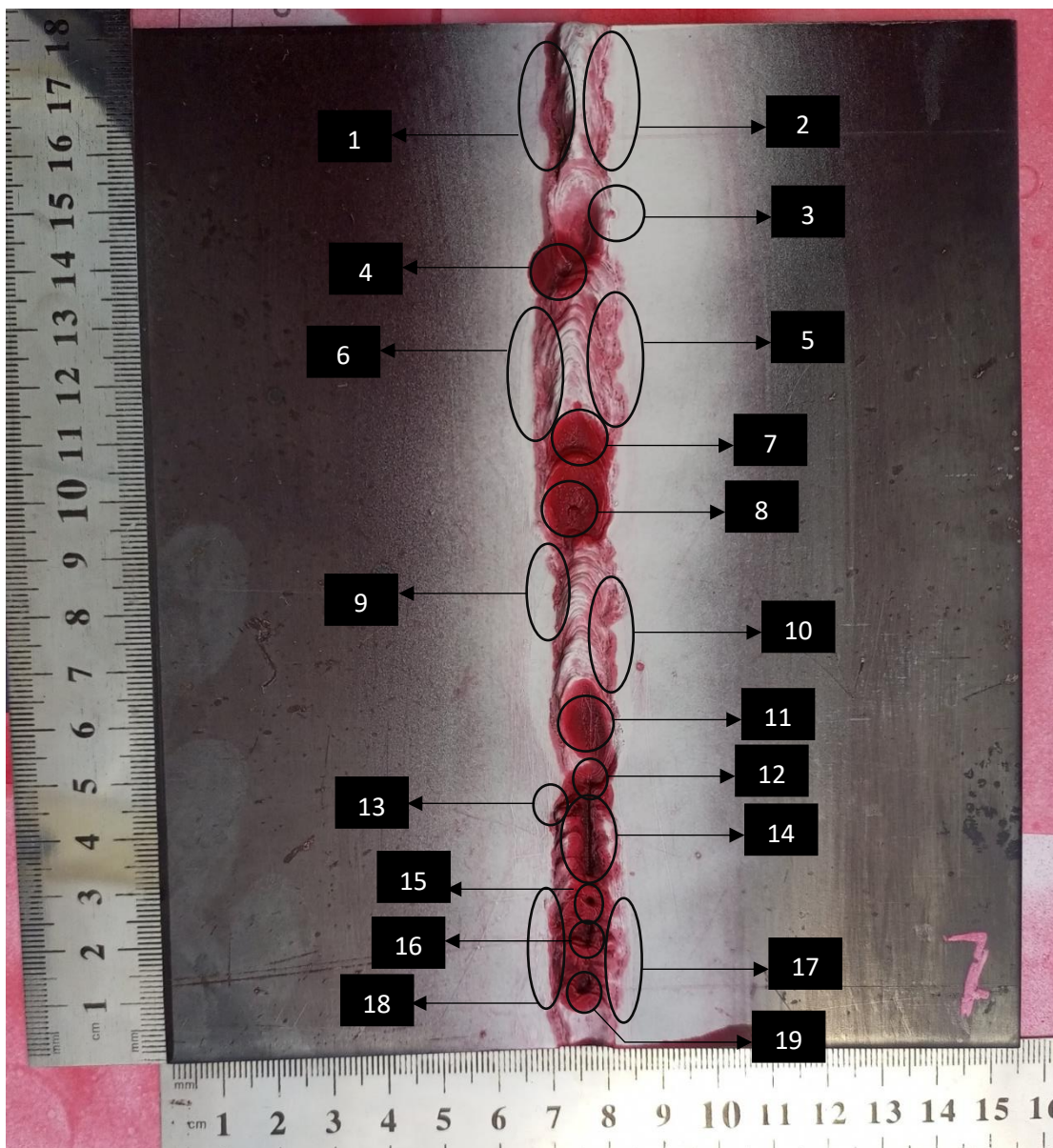
	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-AC-07
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	12/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	19 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	23	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Acetona	Penetrante VP-30	Acetona	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Atomizador	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de 1 minuto y 15 segundos a temperatura ambiente y evaporación normal.				

**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
	
Remoción exceso de penetrante	Revelado
	

Etapa de visualización de discontinuidades



## Resultados obtenidos

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	73	155	23	NA	21	4
2	Mordedura	82	164	24	NA	24	4
3	Poros	82	147	NA	<1	1	1
4	Poros	74	139	NA	2	10	9
5	Mordedura	82	123	19	NA	21	3
6	Mordedura	70	120	18	NA	20	3
7	Poros	75	109	NA	2	9	7
8	Poros	76	99	NA	2	16	12
9	Mordedura	72	89	13	NA	11	2
10	Mordedura	82	75	26	NA	26	2
11	Grieta	76	56	4	NA	12	9
12	Poros	76	49	NA	1	8	8
13	Poros	74	44	NA	1	5	4
14	Falta de continuidad	76	40	17	NA	17	8
15	Poros	77	29	NA	1	7	7
16	Poros	76	23	NA	2	11	7
17	Mordedura	82	19	12	NA	12	2
18	Mordedura	71	18	16	NA	17	2
19	Poros	76	14	NA	3	11	10



N° de discontinuidades encontradas (Acetona)	19
% del total (con base en el ensayo de control Cleaner E-59A)	100%

Observaciones:

### Aceptación y rechazo

Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	21	4	12	Relevante	Lineal		x
2	24	4	12	Relevante	Lineal		x
3	1	1	3	No Relevante	-	-	-
4	10	9	27	Relevante	Redondeada		x
5	21	3	9	Relevante	Lineal		x
6	20	3	9	Relevante	Lineal		x
7	9	7	21	Relevante	Redondeada		x
8	16	12	36	Relevante	Redondeada		x
9	11	2	6	Relevante	Lineal		x
10	26	2	6	Relevante	Lineal		x
11	12	9	27	Relevante	Redondeada		x
12	8	8	24	Relevante	Redondeada		x
13	5	4	12	Relevante	Redondeada		x
14	17	8	24	Relevante	Redondeada		x
15	7	7	21	Relevante	Redondeada		x
16	11	7	21	Relevante	Redondeada		x
17	12	2	6	Relevante	Lineal		x
18	17	2	6	Relevante	Lineal		x
19	11	10	30	Relevante	Redondeada		x
Total						0	18

**3.1.1.24. Ensayo de tintas penetrantes visibles 24, agente limpiador/removedor: Acetona**

	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-AC-08
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	12/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	19 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	24	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Acetona	Penetrante VP-30	Acetona	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Atomizador	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de 1 minuto y 15 segundos a temperatura ambiente y evaporación normal.				

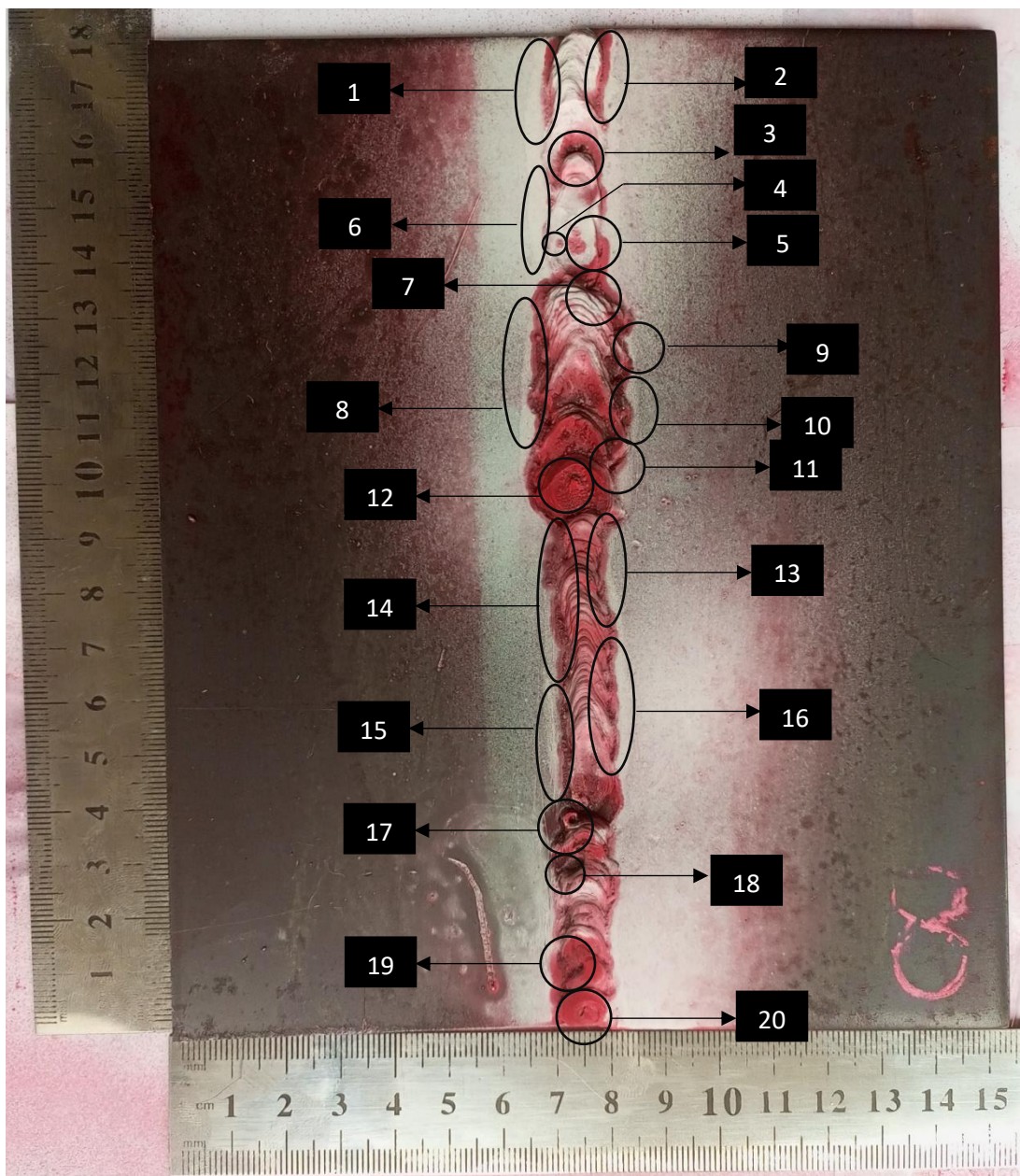


**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
 <p data-bbox="784 1052 813 1089">8</p>	 <p data-bbox="1130 1052 1159 1089">8</p>
Remoción exceso de penetrante	Revelado
 <p data-bbox="784 1499 813 1537">8</p>	 <p data-bbox="1130 1499 1159 1537">8</p>

**Etapa de visualización de discontinuidades**



## Resultados obtenidos

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	72	171	16	NA	16	2
2	Mordedura	83	170	17	NA	15	2
3	Poros	77	159	NA	2	8	5
4	Poros	74	145	NA	<1	1	1
5	Poros	77	144	NA	1	4	3
6	Mordedura	72	143	12	NA	4	1
7	Poros	80	136	NA	2	7	6
8	Mordedura	71	139	34	NA	27	3
9	Mordedura	84	127	3	NA	6	3
10	Mordedura	84	117	7	NA	11	3
11	Mordedura	83	105	4	NA	6	3
12	Grieta	76	101	2	NA	16	16
13	Mordedura	81	79	23	NA	27	3
14	Mordedura	72	71	19	NA	23	4
15	Mordedura	72	50	23	NA	24	2
16	Mordedura	81	49	24	NA	24	3
17	Poros	73	39	NA	1	10	9
18	Poros	74	31	NA	1	10	9
19	Poros	71	12	NA	1	11	10
20	Poros	74	4	NA	1	10	7



N° de discontinuidades encontradas (Acetona)	20
% del total (con base en el ensayo de control Cleaner E-59A)	100%

Observaciones:

### Aceptación y rechazo

Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	16	2	6	Relevante	Lineal		x
2	15	2	6	Relevante	Lineal		x
3	8	5	15	Relevante	Redondeada		x
4	1	1	3	No Relevante	-	-	-
5	4	3	9	Relevante	Redondeada	x	
6	4	1	3	Relevante	Lineal		x
7	7	6	18	Relevante	Redondeada		x
8	27	3	9	Relevante	Lineal		x
9	6	3	9	Relevante	Redondeada		x
10	11	3	9	Relevante	Lineal		x
11	6	3	9	Relevante	Redondeada		x
12	16	16	48	Relevante	Redondeada		x
13	27	3	9	Relevante	Lineal		x
14	23	4	12	Relevante	Lineal		x
15	24	2	6	Relevante	Lineal		x
16	24	3	9	Relevante	Lineal		x
17	10	9	27	Relevante	Redondeada		x
18	10	9	27	Relevante	Redondeada		x
19	11	10	30	Relevante	Redondeada		x
20	10	7	21	Relevante	Redondeada		x
Total						1	18

**3.1.1.25. Ensayo de tintas penetrantes visibles 25, agente limpiador/removedor: Gasolina**

	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-GA-01
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	12/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	19 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	25	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Gasolina	Penetrante VP-30	Gasolina	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Atomizador	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de 1 minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.				

**Procedimiento:**



Prelimpieza



Tiempo de Penetración



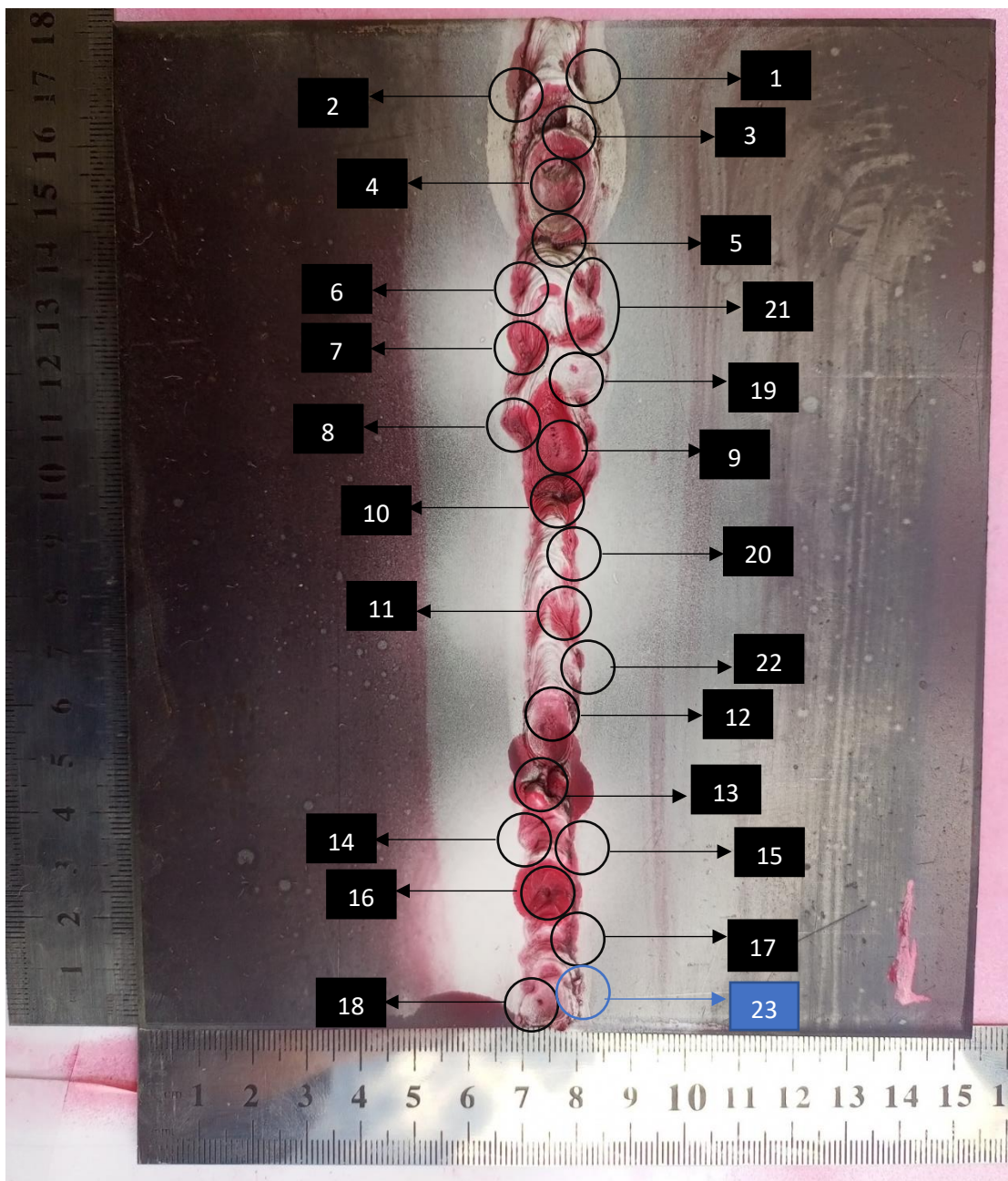
Remoción exceso de penetrante



Revelado



Etapa de visualización de discontinuidades



## Resultados obtenidos

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	82	168	7	NA	9	2
2	Mordedura	72	168	8	NA	19	6
3	Poros	75	170	NA	6	10	9
4	Poros	79	155	NA	1	16	14
5	Poros	79	142	NA	3	9	6
6	Mordedura	73	133	4	NA	8	6
7	Mordedura	71	122	6	NA	12	8
8	Mordedura	70	110	7	NA	8	7
9	Poros	75	107	NA	1	16	11
10	Poros	76	96	NA	4	9	9
11	Mordedura	75	76	4	NA	8	6
12	Poros	76	57	NA	1	10	8
13	Falta de continuidad	76	47	4	NA	18	8
14	Poros	75	37	NA	1	11	6
15	Mordedura	82	32	3	NA	9	3
16	Poros	77	24	NA	1	12	12
17	Mordedura	82	16	4	NA	7	3
18	Poros	75	05	NA	<1	7	7
19	Poros	84	116	NA	<1	1	1
20	Poros	79	89	NA	<1	6	4
21	Mordedura	82	129	12	NA	14	4
22	Mordedura	82	66	4	NA	3	1
23	Mordedura	83	8	3	NA	-	-

N° de discontinuidades encontradas (Gasolina)	22
% del total (con base en el ensayo de control Cleaner E-59A)	95.65%



Observaciones
La discontinuidad #23 (mordedura) no se revela de manera apropiada en este ensayo.



### Aceptación y rechazo





Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	9	2	6	Relevante	Lineal		X
2	19	6	18	Relevante	Lineal		X
3	10	9	27	Relevante	Redondeada		x
4	16	14	42	Relevante	Redondeada		x
5	9	6	18	Relevante	Redondeada		x
6	8	6	18	Relevante	Redondeada		x
7	12	8	24	Relevante	Redondeada		x
8	8	7	21	Relevante	Redondeada		x
9	16	11	33	Relevante	Redondeada		x
10	9	9	27	Relevante	Redondeada		x
11	8	6	18	Relevante	Redondeada		x
12	10	8	24	Relevante	Redondeada		x
13	18	8	24	Relevante	Redondeada		x
14	11	6	18	Relevante	Redondeada		x
15	9	3	9	Relevante	Redondeada		x
16	12	12	36	Relevante	Redondeada		x
17	7	3	9	Relevante	Redondeada		x
18	7	7	21	Relevante	Redondeada		x
19	1	1	3	-	-	-	-
20	6	4	12	Relevante	Redondeada		x
21	14	4	12	Relevante	Lineal		X
22	3	1	3	Relevante	Redondeada		x
23	-	-	-	-	-	-	.
Total						0	21

**3.1.1.26. Ensayo de tintas penetrantes visibles 26, agente limpiador/removedor: Gasolina**

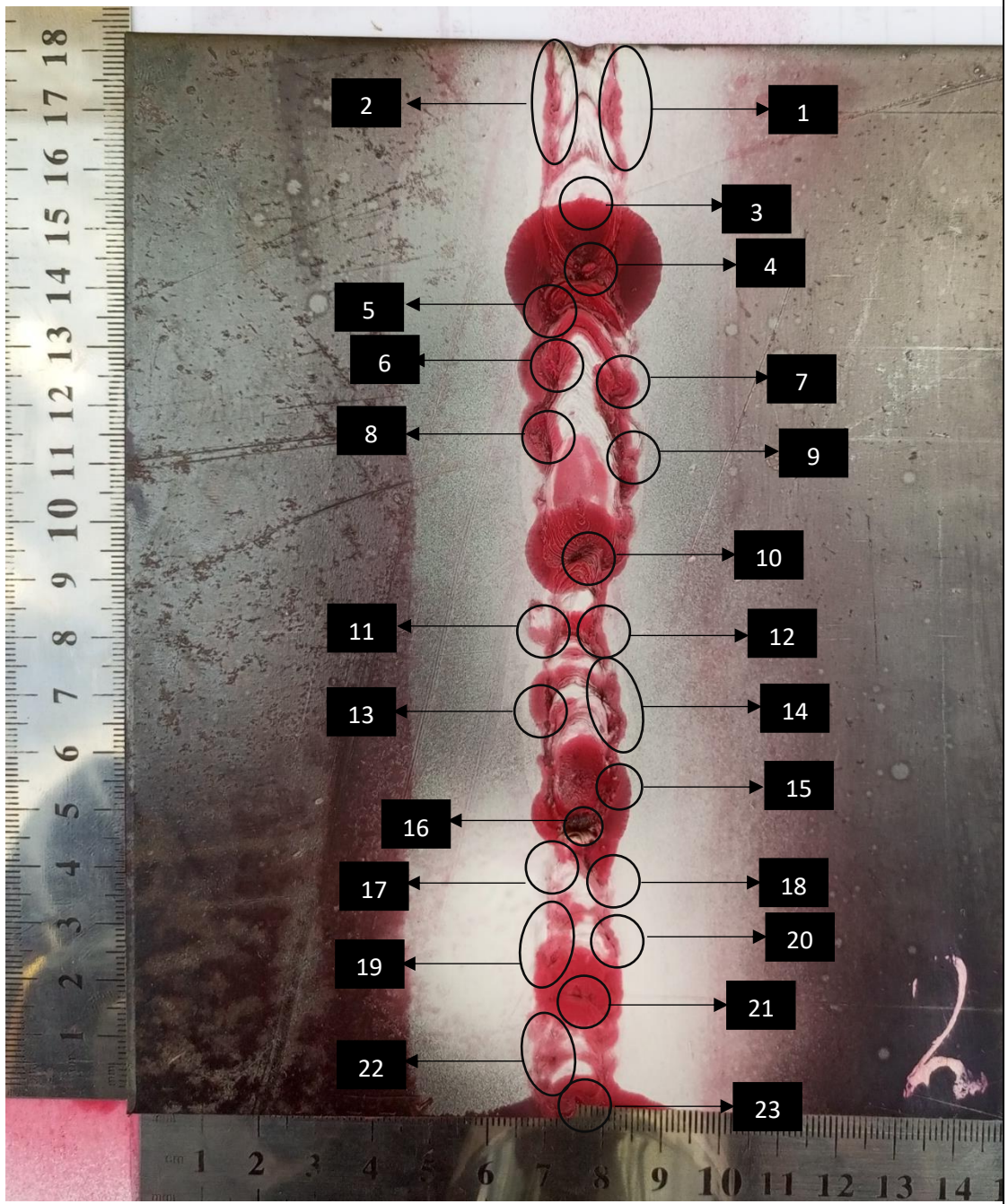
	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-GA-02
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	12/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	19 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	26	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Gasolina	Penetrante VP-30	Gasolina	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Atomizador	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de 1 minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.				

**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
 <p data-bbox="792 1144 831 1207">2</p>	 <p data-bbox="1161 1144 1200 1207">2</p>
Remoción exceso de penetrante	Revelado
 <p data-bbox="792 1591 831 1654">2</p>	 <p data-bbox="1161 1591 1200 1654">2</p>

**Etapa de visualización de discontinuidades**



### Resultados obtenidos

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	82	163	17	NA	21	3
2	Mordedura	69	163	18	NA	23	2
3	Poros	76	154	NA	<1	1	1
4	Poros	76	143	NA	4	23	22
5	Mordedura	71	131	6	NA	11	9
6	Mordedura	73	126	4	NA	7	6
7	Mordedura	82	116	4	NA	7	7
8	Mordedura	71	115	6	NA	11	7
9	Mordedura	84	107	4	NA	8	4
10	Poros	76	96	NA	3	16	15
11	Mordedura	72	82	4	NA	7	3
12	Mordedura	80	82	5	NA	7	4
13	Mordedura	72	70	6	NA	9	4
14	Mordedura	79	69	4	NA	13	4
15	Mordedura	81	59	6	NA	12	4
16	Poros	76	51	NA	4	17	16
17	Mordedura	71	43	6	NA	9	4
18	Mordedura	83	42	4	NA	10	7
19	Mordedura	71	22	5	NA	11	4
20	Mordedura	82	20	4	NA	9	3
21	Poros	76	16	NA	2	16	15
22	Mordedura	71	12	6	NA	12	7
23	Poros	77	04	NA	1	9	8



N° de discontinuidades encontradas (Gasolina)	23
% del total (con base en el ensayo de control Cleaner E-59A)	100%

Observaciones:
----------------

### Aceptación y Rechazo

Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	21	3	9	Relevante	Lineal		x
2	23	2	6	Relevante	Lineal		x
3	1	1	3	No Relevante	-	-	-
4	23	22	66	Relevante	Redondeada		x
5	11	9	27	Relevante	Redondeada		x
6	7	6	18	Relevante	Redondeada		x
7	7	7	21	Relevante	Redondeada		x
8	11	7	21	Relevante	Redondeada		x
9	8	4	12	Relevante	Redondeada		x
10	16	15	45	Relevante	Redondeada		x
11	7	3	9	Relevante	Redondeada		x
12	7	4	12	Relevante	Redondeada		x
13	9	4	12	Relevante	Redondeada		x
14	13	4	12	Relevante	Lineal		x
15	12	4	12	Relevante	Redondeada		x
16	17	16	48	Relevante	Redondeada		x
17	9	4	12	Relevante	Redondeada		x
18	10	7	21	Relevante	Redondeada		x
19	11	4	12	Relevante	Redondeada		x
20	9	3	9	Relevante	Redondeada		x
21	16	15	45	Relevante	Redondeada		x
22	12	7	21	Relevante	Redondeada		x
23	9	8	24	Relevante	Redondeada		x
Total						0	22

**3.1.1.27. Ensayo de tintas penetrantes visibles 27, agente limpiador/removedor: Gasolina**

	Universidad Técnica de Ambato			
	Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica			
	Carrera de Mecánica			
	Informe de Tintas Penetrantes Visibles			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	
			PT-GA-03	
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	
			12/05/2022	
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Esesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	19 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	27	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Gasolina	Penetrante VP-30	Gasolina	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Atomizador	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de 1 minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.				

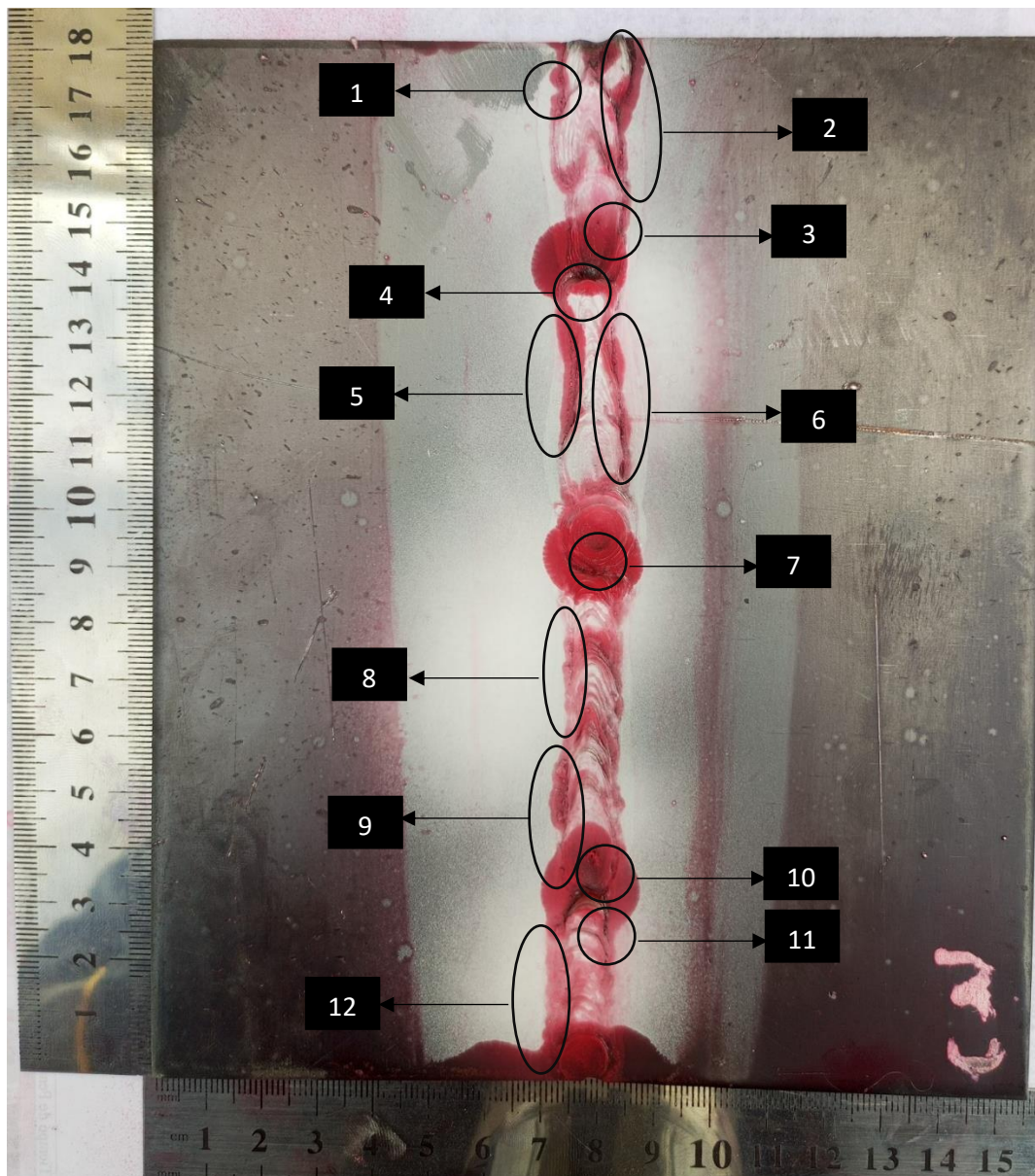
**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
A photograph showing a hand in a white glove cleaning the metal specimen with a white cloth. The specimen is held vertically. A small white number '3' is visible in the bottom right corner of the image.	A photograph showing a hand in a white glove applying a red penetrant to the crack on the metal specimen. The penetrant is being applied with a small brush or applicator. A small white number '3' is visible in the bottom right corner of the image.
Remoción exceso de penetrante	Revelado
A photograph showing the metal specimen with the red penetrant applied. A hand in a white glove is using a white cloth to remove the excess penetrant from the surface. A small white number '3' is visible in the bottom right corner of the image.	A photograph showing the metal specimen after the excess penetrant has been removed. The crack is clearly visible and filled with a dark, textured material. A small white number '3' is visible in the bottom right corner of the image.



**Etapa de visualización de discontinuidades**



## Resultados obtenidos



N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	68	175	12	NA	13	3
2	Mordedura	79	164	22	NA	26	5
3	Poro	74	149	NA	1	12	10
4	Grieta	73	143	4	NA	17	16
5	Mordedura	69	122	24	NA	22	5
6	Mordedura	79	121	26	NA	29	4
7	Grieta	75	89	6	NA	22	17
8	Mordedura	71	71	16	NA	16	2
9	Mordedura	71	51	12	NA	20	5
10	Grieta	76	40	3	NA	16	12
11	Grieta	76	32	2	NA	19	17
12	Mordedura	71	12	23	NA	23	4

N° de discontinuidades encontradas (Gasolina)	12
% del total (con base en el ensayo de control Cleaner E-59A)	100%

## Aceptación y rechazo

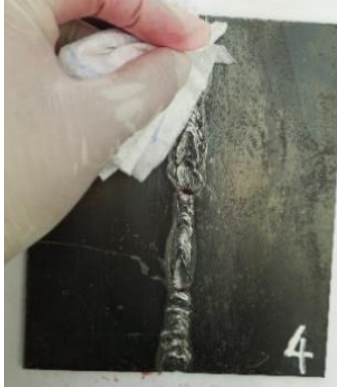


Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	13	3	9	Relevante	Lineal		x
2	26	5	15	Relevante	Lineal		x
3	12	10	30	Relevante	Redondeada		x
4	17	16	48	Relevante	Redondeada		x
5	22	5	15	Relevante	Lineal		x
6	29	4	12	Relevante	Lineal		x
7	22	17	51	Relevante	Redondeada		x
8	16	2	6	Relevante	Lineal		x
9	20	5	15	Relevante	Lineal		x
10	16	12	36	Relevante	Redondeada		x
11	19	17	51	Relevante	Redondeada		x
12	23	4	12	Relevante	Lineal		x
Total						0	12

**3.1.1.28. Ensayo de tintas penetrantes visibles 28, agente limpiador/removedor: Gasolina**

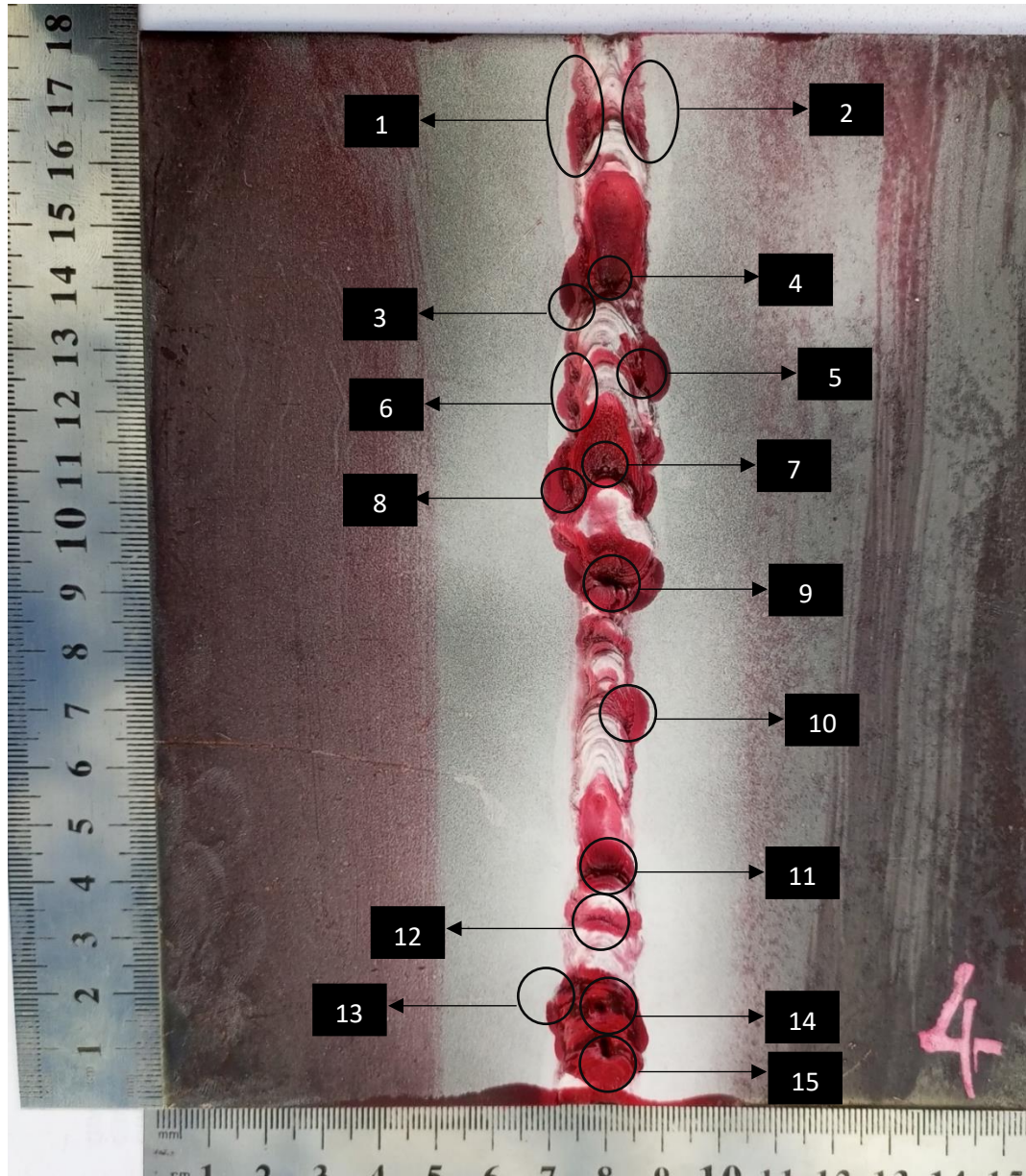
	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-GA-04
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	12/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	19 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	28	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Gasolina	Penetrante VP-30	Gasolina	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Aerosol	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de 1 minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.				

**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
 <p data-bbox="776 1094 813 1150">4</p>	 <p data-bbox="1154 1094 1192 1150">4</p>
Remoción exceso de penetrante	Revelado
 <p data-bbox="776 1535 813 1591">4</p>	 <p data-bbox="1154 1535 1192 1591">4</p>

Etapa de visualización de discontinuidades



## Resultados obtenidos

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	72	166	22	NA	22	4
2	Mordedura	84	165	22	NA	22	4
3	Mordedura	72	143	7	NA	12	6
4	Grieta	77	142	3	NA	11	6
5	Mordedura	82	124	9	NA	12	6
6	Mordedura	71	123	7	NA	13	4
7	Poros	76	112	NA	1	13	9
8	Mordedura	72	110	7	NA	12	6
9	Poros	76	92	NA	3	17	12
10	Mordedura	81	70	7	NA	14	4
11	Poros	77	43	NA	2	19	17
12	Mordedura	74	35	4	NA	14	4
13	Mordedura	72	24	23	NA	19	4
14	Poros	76	17	NA	3	12	10
15	Poros	78	11	NA	4	14	12



N° de discontinuidades encontradas (Gasolina)	15
% del total (con base en el ensayo de control Cleaner E-59A)	100%

Observaciones:

### Aceptación y rechazo

Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	22	4	12	Relevante	Lineal		x
2	22	4	12	Relevante	Lineal		x
3	12	6	18	Relevante	Redondeada		x
4	11	6	18	Relevante	Redondeada		x
5	12	6	18	Relevante	Redondeada		x
6	13	4	12	Relevante	Lineal		x
7	13	9	27	Relevante	Redondeada		x
8	12	6	18	Relevante	Redondeada		x
9	17	12	36	Relevante	Redondeada		x
10	14	4	12	Relevante	Lineal		x
11	19	17	51	Relevante	Redondeada		x
12	14	4	12	Relevante	Lineal		x
13	19	4	12	Relevante	Lineal		x
14	12	10	30	Relevante	Redondeada		x
15	14	12	36	Relevante	Redondeada		x
Total						0	15

**3.1.1.29. Ensayo de tintas penetrantes visibles 29, agente limpiador/removedor: Gasolina**

	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-GA-05
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	11/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	19 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	29	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Gasolina	Penetrante VP-30	Gasolina	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Aerosol	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de 1 minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.				



**Procedimiento:**



Prelimpieza



Tiempo de Penetración



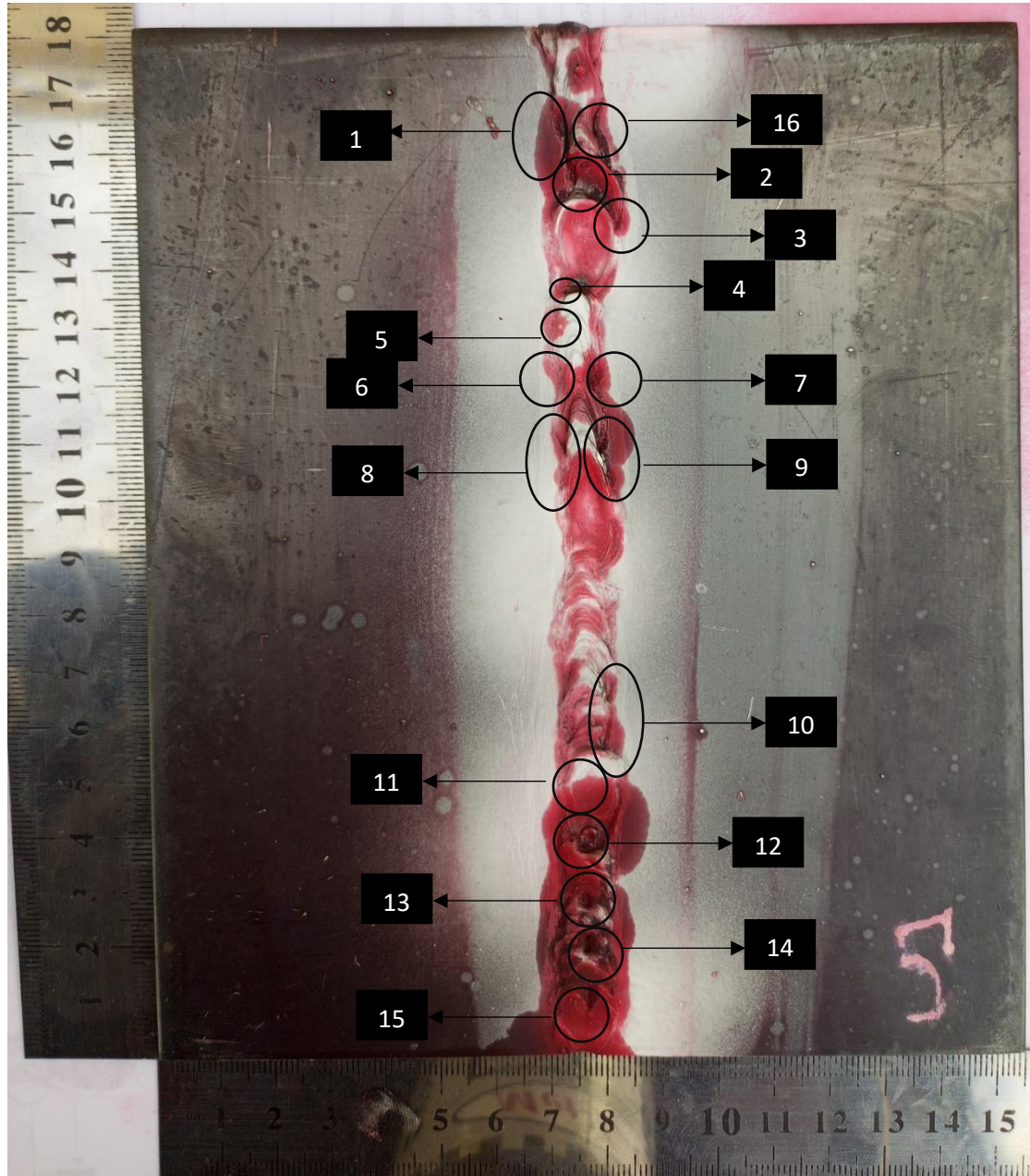
Remoción exceso de penetrante



Revelado



Etapa de visualización de discontinuidades



### Resultados obtenidos

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	76	155	14	NA	23	9
2	Poros	76	151	NA	1	14	9
3	Mordedura	79	145	3	NA	7	3
4	Poros	71	134	NA	1	4	3
5	Mordedura	69	131	5	NA	7	4
6	Mordedura	71	120	6	NA	11	4
7	Mordedura	76	120	6	NA	10	6
8	Mordedura	69	104	12	NA	18	3
9	Mordedura	79	104	16	NA	18	7
10	Mordedura	79	60	14	NA	16	8
11	Poros	74	49	NA	1	6	6
12	Grieta	75	37	NA	3	18	17
13	Poros	74	29	NA	3	16	15
14	Poros	74	18	NA	4	17	16
15	Poros	74	9	NA	4	17	16
16	Mordedura	75	164	11	NA	26	4



N° de discontinuidades encontradas (Gasolina)	16
% del total (con base en el ensayo de control Cleaner E-59A)	100%

Observaciones:

### Aceptación y rechazo

Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	23	9	27	Relevante	Redondeada		x
2	14	9	27	Relevante	Redondeada		x
3	7	3	9	Relevante	Redondeada		x
4	4	3	9	Relevante	Redondeada	x	
5	7	4	12	Relevante	Redondeada		x
6	11	4	12	Relevante	Redondeada		x
7	10	6	18	Relevante	Redondeada		x
8	18	3	9	Relevante	Lineal		x
9	18	7	21	Relevante	Redondeada		x
10	16	8	24	Relevante	Redondeada		x
11	6	6	18	Relevante	Redondeada		x
12	18	17	51	Relevante	Redondeada		x
13	16	15	45	Relevante	Redondeada		x
14	17	16	48	Relevante	Redondeada		x
15	17	16	48	Relevante	Redondeada		x
16	26	4	12	Relevante	Lineal		x
Total						1	15

**3.1.1.30. Ensayo de tintas penetrantes visibles 30, agente limpiador/removedor: Gasolina**

	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-GA-06
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	11/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	19 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	30	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Gasolina	Penetrante VP-30	Gasolina	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Atomizador	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de 1 minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.				

**Procedimiento:**



Prelimpieza



Tiempo de Penetración



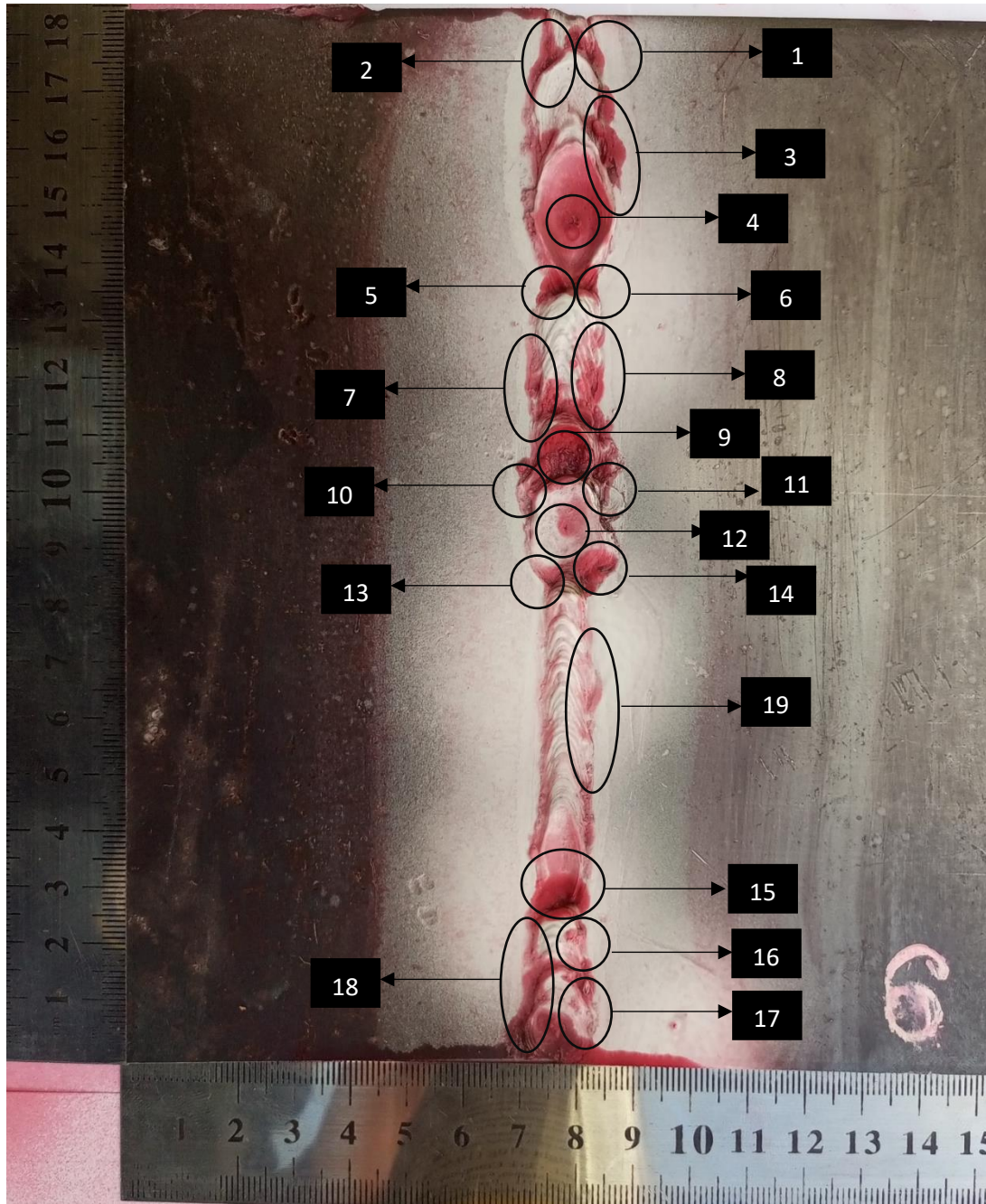
Remoción exceso de penetrante



Revelado



Etapa de visualización de discontinuidades



### Resultados obtenidos

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	83	171	6	NA	9	5
2	Mordedura	74	170	4	NA	12	4
3	Mordedura	85	157	10	NA	19	5
4	Poros	81	144	NA	1	13	12
5	Mordedura	76	133	4	NA	7	6
6	Mordedura	83	133	2	NA	7	4
7	Mordedura	74	117	7	NA	16	3
8	Mordedura	84	116	11	NA	17	4
9	Poros	79	114	NA	1	11	9
10	Mordedura	73	108	7	NA	7	3
11	Mordedura	85	113	4	NA	7	3
12	Poros	79	93	NA	1	6	6
13	Mordedura	74	85	4	NA	3	2
14	Mordedura	84	85	7	NA	8	6
15	Poros	79	28	NA	2	11	10
16	Mordedura	81	22	3	NA	7	3
17	Mordedura	82	17	4	NA	7	3
18	Mordedura	71	16	18	NA	21	4
19	Mordedura	82	64	16	NA	24	3

N° de discontinuidades encontradas (Gasolina)	19
% del total (con base en el ensayo de control Cleaner E-59A)	100%



Observaciones:



### Aceptación y rechazo

Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	9	5	15	Relevante	Redondeada		x
2	12	4	12	Relevante	Redondeada		x
3	19	5	15	Relevante	Lineal		x
4	13	12	36	Relevante	Redondeada		x
5	7	6	18	Relevante	Redondeada		x
6	7	4	12	Relevante	Redondeada		x
7	16	3	9	Relevante	Lineal		x
8	17	4	12	Relevante	Lineal		x
9	11	9	27	Relevante	Redondeada		x
10	7	3	9	Relevante	Redondeada		x
11	7	3	9	Relevante	Redondeada		x
12	6	6	18	Relevante	Redondeada		x
13	3	2	6	Relevante	Redondeada	x	
14	8	6	18	Relevante	Redondeada		x
15	11	10	30	Relevante	Redondeada		x
16	7	3	9	Relevante	Redondeada		x
17	7	3	9	Relevante	Redondeada		x
18	21	4	12	Relevante	Lineal		x
19	24	3	9	Relevante	Lineal		x
Total						1	18

**3.1.1.31. Ensayo de tintas penetrantes visibles 31, agente limpiador/removedor: Gasolina**

	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-GA-07
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	12/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	19 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	31	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Gasolina	Penetrante VP-30	Gasolina	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Atomizador	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de 1 minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.				

**Procedimiento:**



Prelimpieza



Tiempo de Penetración



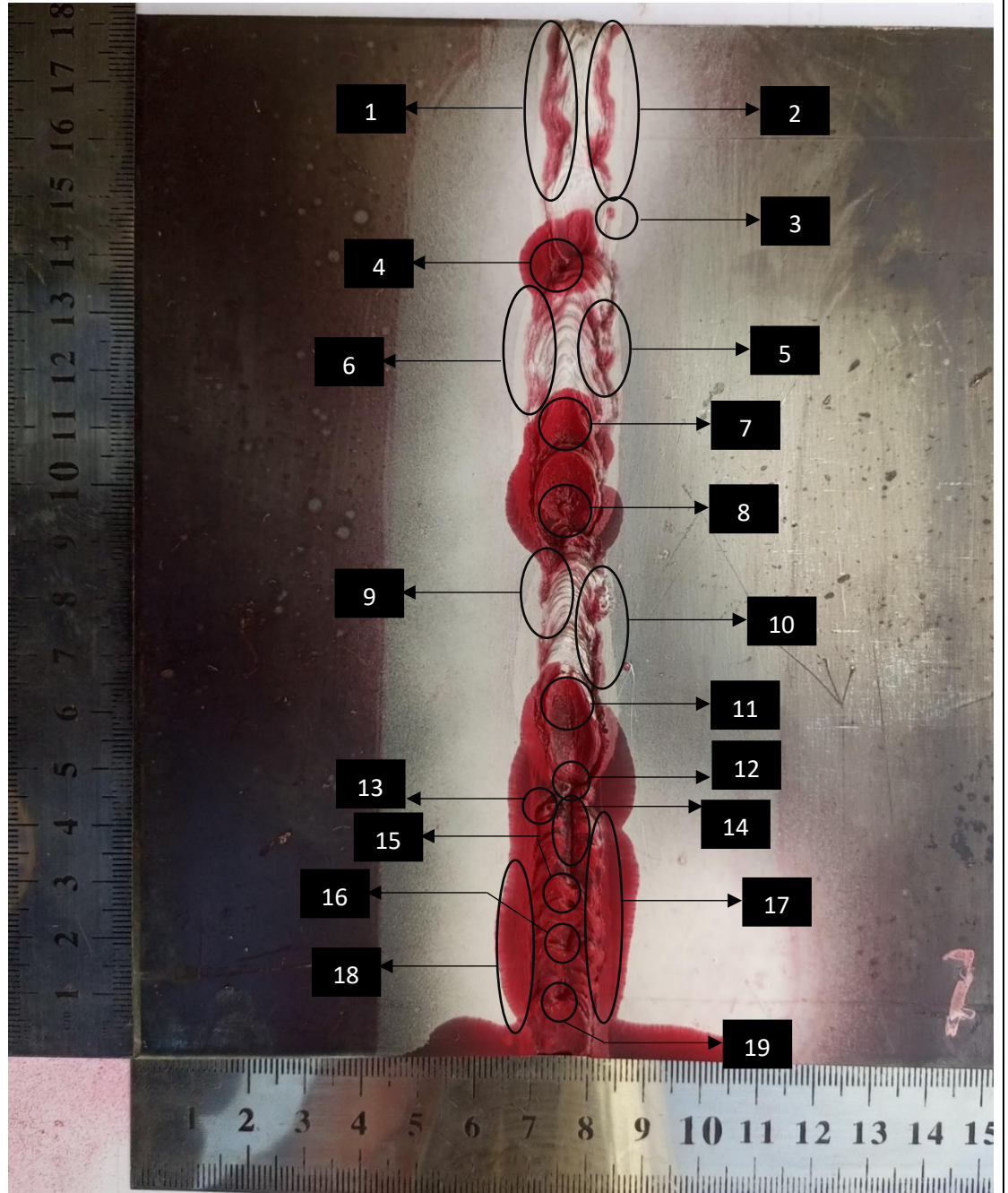
Remoción exceso de penetrante



Revelado



Etapa de visualización de discontinuidades



## Resultados obtenidos

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	73	155	23	NA	26	4
2	Mordedura	82	164	24	NA	27	3
3	Poros	82	147	NA	<1	1	1
4	Poros	74	139	NA	2	14	13
5	Mordedura	82	123	19	NA	16	2
6	Mordedura	70	120	18	NA	16	2
7	Poros	75	109	NA	2	16	9
8	Poros	76	99	NA	2	22	18
9	Mordedura	72	89	13	NA	13	2
10	Mordedura	82	75	26	NA	26	2
11	Grieta	76	56	4	NA	23	14
12	Poros	76	49	NA	1	9	9
13	Poros	74	44	NA	1	6	6
14	Falta de continuidad	76	40	17	NA	24	21
15	Poros	77	29	NA	1	17	13
16	Poros	76	23	NA	2	16	12
17	Mordedura	82	19	12	NA	23	7
18	Mordedura	71	18	16	NA	27	7
19	Poros	76	14	NA	3	20	18



N° de discontinuidades encontradas (Gasolina)	19
% del total (con base en el ensayo de control Cleaner E-59A)	100%

Observaciones:

### Aceptación y rechazo

Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	26	4	12	Relevante	Lineal		x
2	27	3	9	Relevante	Lineal		x
3	1	1	3	No Relevante	-	-	-
4	14	13	39	Relevante	Redondeada		x
5	16	2	6	Relevante	Lineal		x
6	16	2	6	Relevante	Lineal		x
7	16	9	27	Relevante	Redondeada		x
8	22	18	54	Relevante	Redondeada		x
9	13	2	6	Relevante	Lineal		x
10	26	2	6	Relevante	Lineal		x
11	23	14	42	Relevante	Redondeada		x
12	9	9	27	Relevante	Redondeada		x
13	6	6	18	Relevante	Redondeada		x
14	24	21	63	Relevante	Redondeada		x
15	17	13	39	Relevante	Redondeada		x
16	16	12	36	Relevante	Redondeada		x
17	23	7	21	Relevante	Lineal		x
18	27	7	21	Relevante	Lineal		x
19	20	18	54	Relevante	Redondeada		x
Total						0	18

**3.1.1.32. Ensayo de tintas penetrantes visibles 32, agente limpiador/removedor: Gasolina**

	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Visibles</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PT-GA-08
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	12/05/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	4 mm.	<b>Proceso de soldadura:</b>	SMAW	
<b>Material base (MB):</b>	Acero ASTM A36.	<b>Material de aporte</b>	E6010	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1220	<b>Técnica</b>	Visible	
<b>Temperatura</b>	19 °C	<b>Limpieza</b>	Sí.	
<b>Iluminación</b>	Normal (luz del día)	<b>Posición de Soldadura</b>	1G	
<b>Ensayo N°:</b>	32	<b>Norma</b>	ASME VIII DIV.1 APÉNDICE 8	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Gasolina	Penetrante VP-30	Gasolina	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Atomizador	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	15 minutos	3 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de 1 minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.				

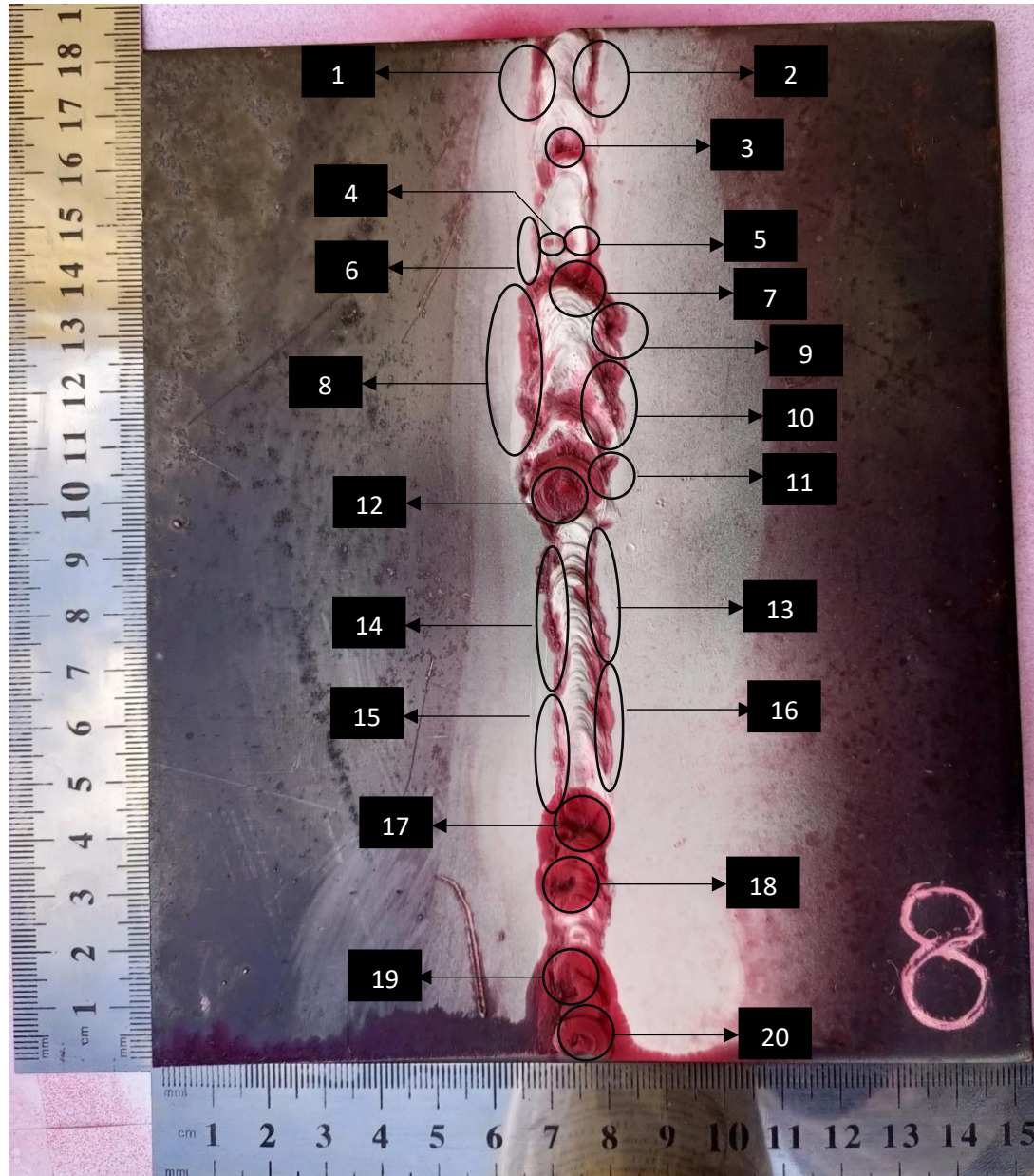
**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
 <p data-bbox="787 1113 828 1165">8</p>	 <p data-bbox="1136 1102 1177 1155">6</p>
Remoción exceso de penetrante	Revelado
 <p data-bbox="787 1585 828 1638">8</p>	 <p data-bbox="1144 1575 1185 1627">6</p>



Etapa de visualización de discontinuidades



### Resultados obtenidos

N°	Discontinuidad	Coordenadas mm		Longitud	Diámetro	Longitud indicación	Ancho indicación
		X	Y	mm	mm	mm	mm
1	Mordedura	72	171	16	NA	14	2
2	Mordedura	83	170	17	NA	13	2
3	Poros	77	159	NA	2	7	6
4	Poros	74	145	NA	<1	1	1
5	Poros	77	144	NA	1	3	2
6	Mordedura	72	143	12	NA	8	1
7	Poros	80	136	NA	2	9	6
8	Mordedura	71	139	34	NA	28	4
9	Mordedura	84	127	3	NA	8	6
10	Mordedura	84	117	7	NA	13	5
11	Mordedura	83	105	4	NA	6	3
12	Grieta	76	101	2	NA	16	16
13	Mordedura	81	79	23	NA	27	3
14	Mordedura	72	71	19	NA	23	2
15	Mordedura	72	50	23	NA	24	1
16	Mordedura	81	49	24	NA	24	4
17	Poros	73	39	NA	1	14	13
18	Poros	74	31	NA	1	13	12
19	Poros	71	12	NA	1	16	14
20	Poros	74	4	NA	1	14	14



N° de discontinuidades encontradas (Gasolina)	20
% del total (con base en el ensayo de control Cleaner E-59A)	100%

Observaciones:

### Aceptación y rechazo





Número de discontinuidad	Longitud	Ancho	3A	Categoría	Tipo	Acepta	Rechaza
1	14	2	6	Relevante	Lineal		x
2	13	2	6	Relevante	Lineal		x
3	7	6	18	Relevante	Redondeada		x
4	1	1	3	No Relevante	-	-	-
5	3	2	6	Relevante	Redondeada	x	
6	8	1	3	Relevante	Lineal		x
7	9	6	18	Relevante	Redondeada		x
8	28	4	12	Relevante	Lineal		x
9	8	6	18	Relevante	Redondeada		x
10	13	5	15	Relevante	Redondeada		x
11	6	3	9	Relevante	Redondeada		x
12	16	16	48	Relevante	Redondeada		x
13	27	3	9	Relevante	Lineal		x
14	23	2	6	Relevante	Lineal		x
15	24	1	3	Relevante	Lineal		x
16	24	4	12	Relevante	Lineal		x
17	14	13	39	Relevante	Redondeada		x
18	13	12	36	Relevante	Redondeada		x
19	16	14	42	Relevante	Redondeada		x
20	14	14	42	Relevante	Redondeada		x
Total						1	18

**3.1.1.33. Ensayo de tintas penetrantes fluorescentes 01, agente limpiador removedor: Cleaner E-59A**

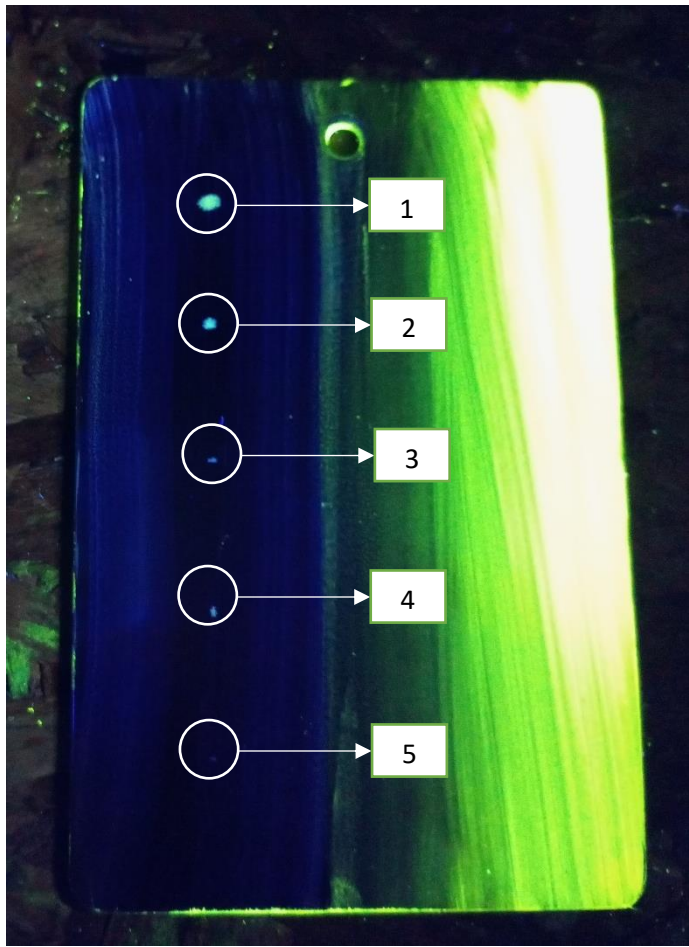
	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Fluorescentes</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PTF-CL-01
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	06/06/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	NA	<b>Proceso de soldadura:</b>	NA	
<b>Material base (MB):</b>	TEST PANEL POLISHED	<b>Material de aporte</b>	NA	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1219	<b>Técnica</b>	NA	
<b>Temperatura</b>	19 °C	<b>Limpieza</b>	NA	
<b>Iluminación</b>	Lámpara luz negra	<b>Posición de Soldadura</b>	NA	
<b>Ensayo N°:</b>	33	<b>Norma</b>	NA	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Cleaner E-59A	Penetrante FP-923	Cleaner E-59A	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Aerosol	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	10 minutos	8 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	Met-L-Chek	Met-L-Chek	Met-L-Chek	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de ½ minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.				

**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
	
Remoción exceso de penetrante	Revelado
	



**Etapa de visualización de discontinuidades**



**Resultados obtenidos**





Observaciones:
Se visualizan 5/5 discontinuidades

**3.1.1.34. Ensayo de tintas penetrantes fluorescentes 02, agente limpiador removedor: Thinner**

	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Fluorescentes</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PTF-TH-01
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	06/06/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	NA	<b>Proceso de soldadura:</b>	NA	
<b>Material base (MB):</b>	TEST PANEL POLISHED	<b>Material de aporte</b>	NA	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1219	<b>Técnica</b>	NA	
<b>Temperatura</b>	18 °C	<b>Limpieza</b>	NA	
<b>Iluminación</b>	Lámpara luz negra	<b>Posición de Soldadura</b>	NA	
<b>Ensayo N°:</b>	34	<b>Norma</b>	NA	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Thinner	Penetrante FP-923	Thinner	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Atomizador	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	10 minutos	8 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de ¾ de minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.				

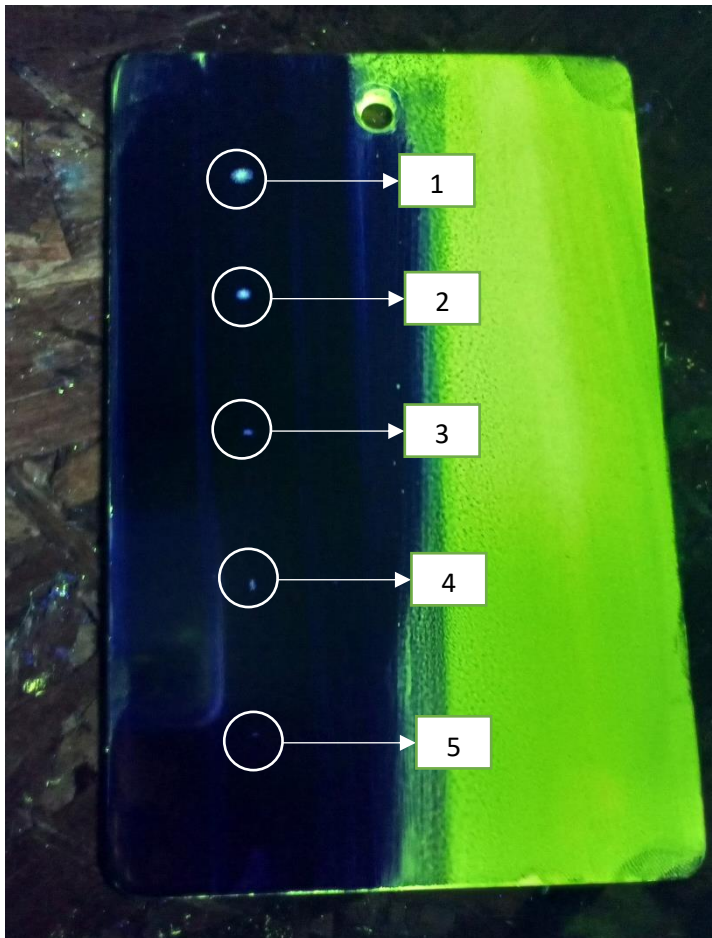
**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
	
Remoción exceso de penetrante	Revelado
	





**Etapa de visualización de discontinuidades**



**Resultados obtenidos**




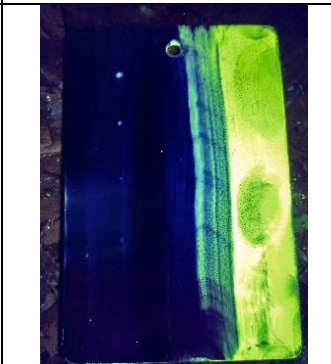
Observaciones:
Se visualizan 5/5 discontinuidades

**3.1.1.35. Ensayo de tintas penetrantes fluorescentes 03, agente limpiador removedor: Acetona**

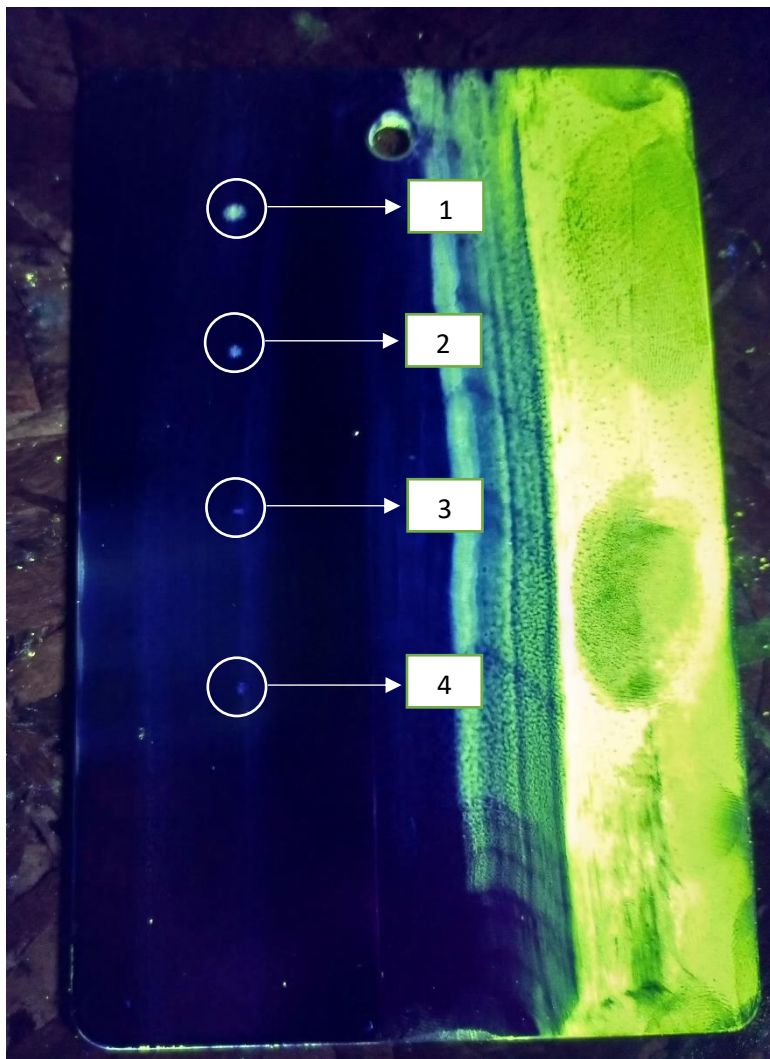
	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Fluorescentes</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PTF-AC-01
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	06/06/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	NA	<b>Proceso de soldadura:</b>	NA	
<b>Material base (MB):</b>	TEST PANEL POLISHED	<b>Material de aporte</b>	NA	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1219	<b>Técnica</b>	NA	
<b>Temperatura</b>	18 °C	<b>Limpieza</b>	NA	
<b>Iluminación</b>	Lámpara luz negra	<b>Posición de Soldadura</b>	NA	
<b>Ensayo N°:</b>	34	<b>Norma</b>	NA	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Acetona	Penetrante FP-923	Acetona	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Atomizador	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	10 minutos	8 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de 1 minuto y 15 segundos a temperatura ambiente y evaporación normal.				

**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
	
Remoción exceso de penetrante	Revelado
	



**Etapa de visualización de discontinuidades**



**Resultados obtenidos**





Observaciones:
Se visualizan 4/5 discontinuidades

**3.1.1.36. Ensayo de tintas penetrantes fluorescentes 04, agente limpiador removedor: Gasolina**

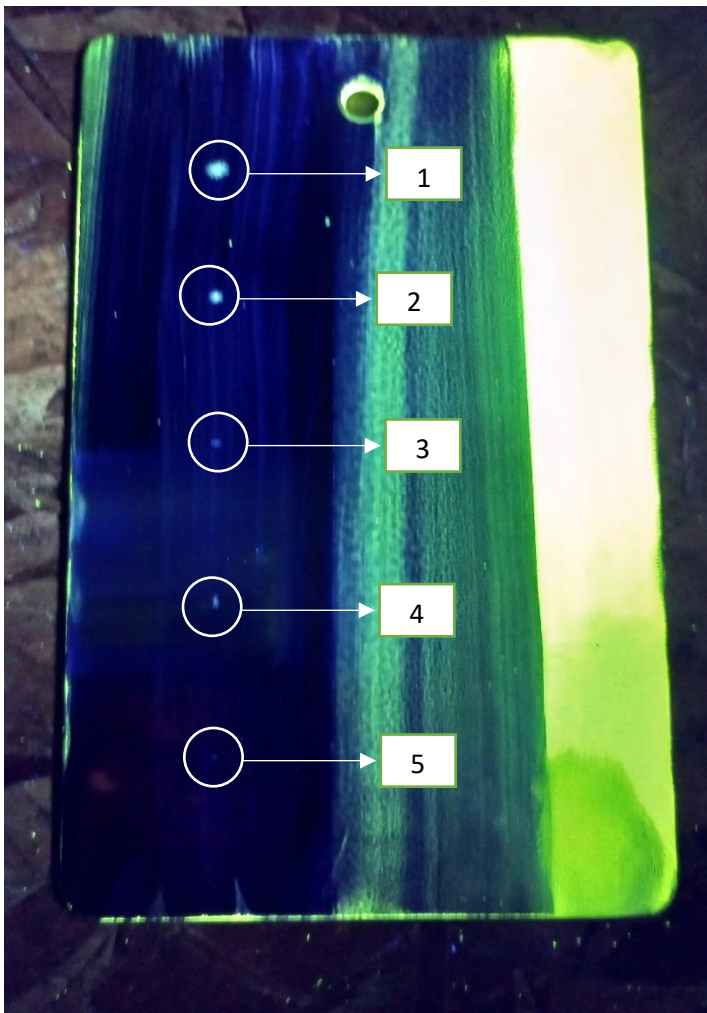
	<b>Universidad Técnica de Ambato</b>			
	<b>Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica</b>			
	<b>Carrera de Mecánica</b>			
	<b>Informe de Tintas Penetrantes Fluorescentes</b>			
<b>Datos informativos</b>			<b>Código</b>	PTF-GA-01
<b>Responsable:</b>	Christian Arcos Aguilar.		<b>Fecha:</b>	06/06/2022
<b>Solicitante:</b>	UTA-FICM	<b>Inspección:</b>	Ing. Jorge López Velástegui .	
<b>Espesor:</b>	NA	<b>Proceso de soldadura:</b>	NA	
<b>Material base (MB):</b>	TEST PANEL POLISHED	<b>Material de aporte</b>	NA	
<b>Procedimiento:</b>	ASTM E1219	<b>Técnica</b>	NA	
<b>Temperatura</b>	18 °C	<b>Limpieza</b>	NA	
<b>Iluminación</b>	Lámpara luz negra	<b>Posición de Soldadura</b>	NA	
<b>Ensayo N°:</b>	34	<b>Norma</b>	NA	
<b>Etapas del Procedimiento</b>				
<b>Descripción</b>	<b><u>Limpieza Inicial</u></b>	<b><u>Penetrante</u></b>	<b><u>Remoción del exceso de Penetrante</u></b>	<b><u>Revelado</u></b>
<b>Nombre:</b>	Gasolina	Penetrante FP-923	Gasolina	Revelador D-70
<b>Modelo de aplicación:</b>	Atomizador	Aerosol	Paño humedecido con agente limpiador/removedor.	Aerosol
<b>Tiempo:</b>	5 minutos	10 minutos	8 minutos	10 minutos
<b>Marca:</b>	NA	Met-L-Chek	NA	Met-L-Chek
<b>Secado:</b>	Evaporación normal a temperatura ambiente.			
<b>Observaciones:</b> El tiempo de secado luego de la remoción del penetrante con el agente limpiador/removedor fue de 1 minuto a temperatura ambiente y evaporación normal.				

**Procedimiento:**



Prelimpieza	Tiempo de Penetración
	
Remoción exceso de penetrante	Revelado
	

**Etapa de visualización de discontinuidades**



**Resultados obtenidos**

Observaciones:
Se visualizan 5/5 discontinuidades

### 3.1.2. Análisis de resultados

#### 3.1.2.1. Evaluación del número de discontinuidades

Posterior a la adquisición de datos de cada ensayo se recolecta la información y se presenta el número de discontinuidades localizadas en la tabla 28.

Tabla 28. Número de discontinuidades localizadas respecto al agente limpiador/removedor empleado en el ensayo de tintas penetrantes visibles

N° Probeta	Cleaner E-59A (Ensayo de Control)		Thinner		Acetona		Gasolina	
	Número de discontinuidades localizadas	Total (%)	Número de discontinuidades localizadas	Porcentaje con base en el total del ensayo de control (%)	Número de discontinuidades localizadas	Porcentaje con base en el total del ensayo de control (%)	Número de discontinuidades localizadas	Porcentaje con base en el total del ensayo de control (%)
1	23	100	23	100	22	95.65	22	95.65
2	23	100	23	100	21	91.30	23	100
3	12	100	12	100	12	100	12	100
4	15	100	15	100	14	93.33	15	100
5	16	100	15	93.75	15	93.75	16	100
6	19	100	19	100	19	100	19	100
7	19	100	19	100	19	100	19	100
8	20	100	20	100	20	100	20	100

En la tabla 28, se evidencia que emplear Acetona como agente limpiador/removedor genera una variación en la detectabilidad de discontinuidades en 4 de los 8 ensayos efectuados. Por otro lado, tanto el empleo de Thinner y Gasolina como agente limpiador/removedor, genera una variación en detectabilidad de discontinuidades en 1 de los 8 ensayos efectuados.

En contexto con el número de discontinuidades que no se muestran, es válido mencionar que, debido al uso de acetona estas están en un rango de 1 y 2 en cada probeta; es decir, en una probeta en la cual se terminó variación (probetas 1, 2, 4 y 5) cómo máximo no se muestran 2 discontinuidades. Por el contrario, este rango se reduce a una unidad por



probeta en el caso del Thinner y Gasolina; es decir, no se muestra una discontinuidad en la probeta 5 y 1, respectivamente.

### 3.1.2.2. Evaluación del número de indicaciones relevantes

Se emplean los criterios de aceptación y rechazo según ASME VIII Div. 1 Apéndice 8 con la finalidad de evaluar variación en las indicaciones. Para este fin se elabora la tabla 29, en la cual se distinguen indicaciones relevantes y no relevantes; considerando como relevantes aquellas con una dimensión mayor a 1.5 milímetros.

Tabla 29. Número de indicaciones relevantes según criterios de aceptación y rechazo de ASME VIII Div 1. Apéndice 8 en el ensayo de tintas penetrantes visibles.

N° Probeta	Cleaner E-59A (Ensayo de Control)		Thinner		Acetona		Gasolina	
	Número de discontinuidades localizadas	Indicaciones Relevantes	Número de discontinuidades localizadas	Indicaciones Relevantes	Número de discontinuidades localizadas	Indicaciones Relevantes	Número de discontinuidades localizadas	Indicaciones Relevantes
1	23	22	23	22	22	21	22	21
2	23	23	23	23	21	20	23	22
3	12	12	12	12	12	12	12	12
4	15	15	15	15	14	14	15	15
5	16	16	16	15	15	15	16	16
6	19	19	19	19	19	19	19	19
7	19	18	19	18	19	18	19	18
8	20	19	20	19	20	19	20	19

Observación: Las casillas resaltadas hacen referencia a la tabla 28, en la cual el porcentaje de discontinuidades con base en el total (ensayo de control) no es el 100%; es decir, el número de discontinuidades localizadas disminuyó por el uso del agente limpiador/removedor.

En contexto con el número de indicaciones relevantes, es válido mencionar que debido al uso de acetona como agente limpiador/removedor estas disminuyen en un rango de 1 a 3 discontinuidades en cada probeta; es decir, en una probeta en la cual se terminó variación (probetas 1, 2, 4 y 5) como máximo 3 discontinuidades pasan a considerarse como “no relevantes” como se muestra en la figura 25. Por otro lado, este rango se reduce a una unidad por probeta, en el caso del Thinner y Gasolina; es decir, solo una discontinuidad

pasa de ser considerada “relevante” a “no relevante”, en las probetas 5 y 1, respectivamente.

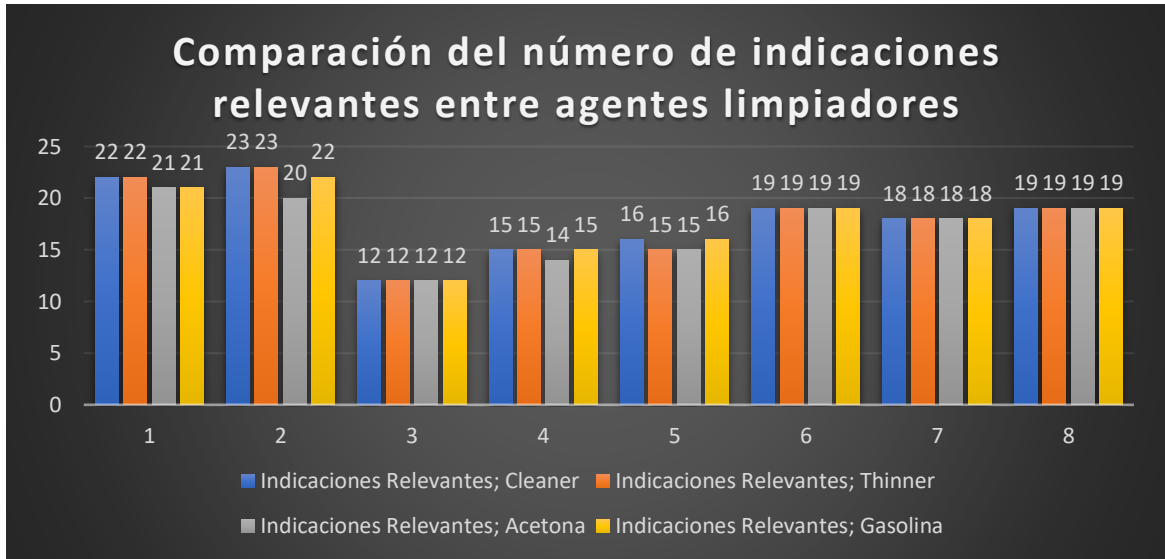


Fig. 25 Comparación del número de indicaciones relevantes entre agentes limpiadores/removedores. En el eje de las abscisas el número de la probeta y en el eje de las ordenadas el número de discontinuidades.

### 3.1.2.3. Evaluación del tipo de indicación: lineal o redondeada

Continuando con los criterios de evaluación según ASME VIII Div. 1 Apéndice 8, las discontinuidades se catalogan como lineales cuando su longitud es mayor a tres veces su ancho, por contraparte, una indicación es redondeada si su longitud es igual o inferior a tres veces el ancho. Con base en este planteamiento se elabora la tabla 30 en la cual se recoge la información de los 32 ensayos.

Tabla 30. Resumen del número de indicaciones lineales y redondeadas con base en ASME VIII Div 1. Apéndice 8

N° Probeta	Cleaner E-59A (Ensayo de Control)			Thinner				Acetona				Gasolina				
	Discontinuidades relevantes localizadas			Número de discontinuidades localizadas	Discontinuidades relevantes localizadas			Número de discontinuidades localizadas	Discontinuidades relevantes localizadas			Número de discontinuidades localizadas	Discontinuidades relevantes localizadas			Número de discontinuidades localizadas
	L	R	Σ		L	R	Σ		L	R	Σ		L	R	Σ	
1	2	20	22	23	1	21	22	23	3	18	21	22	3	18	21	22
2	3	20	23	23	2	21	23	23	4	16	20	21	3	19	22	23
3	6	6	12	12	5	7	12	12	7	5	12	12	7	5	12	12
4	4	11	15	15	3	12	15	15	5	9	14	14	6	9	15	15
5	3	13	16	16	2	13	15	16	6	9	15	15	2	14	16	16
6	4	15	19	19	7	12	19	19	7	12	19	19	5	14	19	19
7	8	10	18	19	7	11	18	19	8	10	18	19	8	10	18	19
8	8	11	19	20	9	10	19	20	9	10	19	20	8	11	19	20
Σ	38	106	-	-	36	107	-	-	49	89	-	-	42	100	-	-

Observación: Las casillas resaltadas hacen referencia a la Tabla 28 en la cual el porcentaje de discontinuidades con base en el total (ensayo de control) no es el 100%; es decir, el número de discontinuidades localizadas disminuyó por el uso del agente limpiador/removedor.

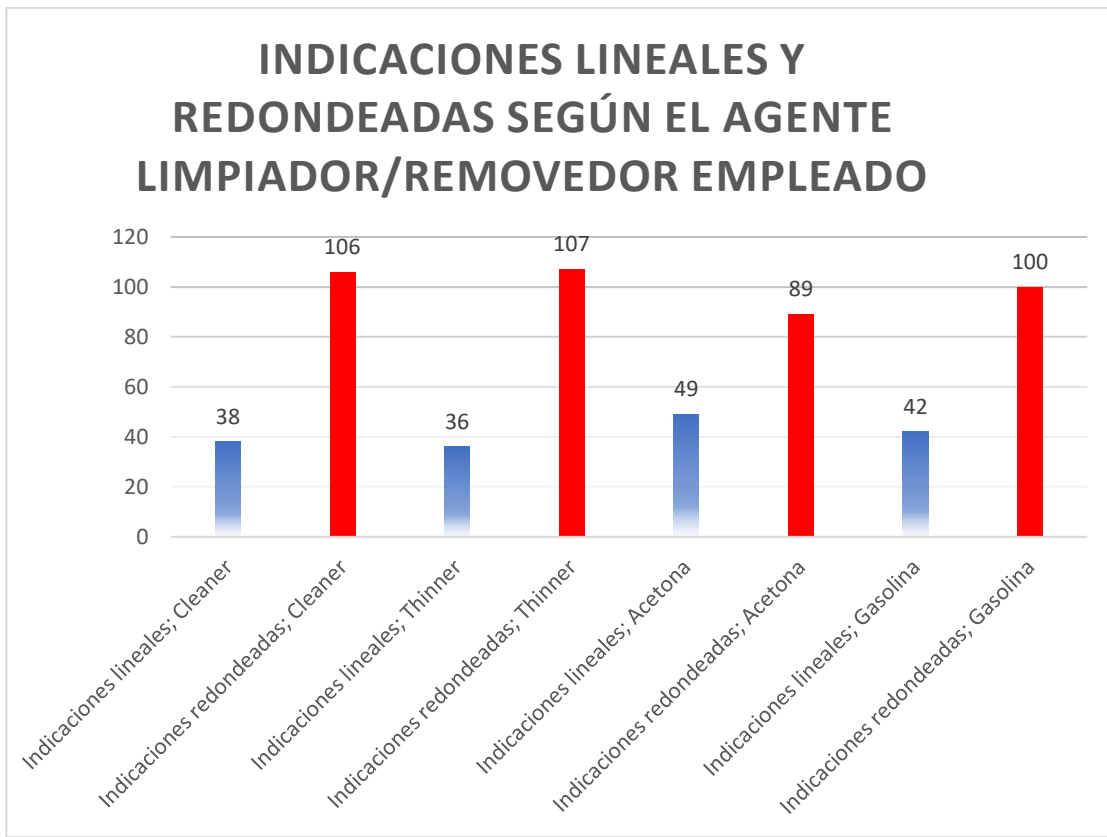


Fig. 26 Número de indicaciones lineales y redondeadas según el agente limpiador empleado con base en el criterio de ASME VIII Div 1. Apéndice 8

En la figura 26 se puede apreciar el total de indicaciones lineales y redondeadas en las probetas. En cuanto a indicaciones lineales, el Thinner genera una variación de 1.4% del total de discontinuidades, la Gasolina una variación del 2.82% del total de discontinuidades y la acetona, siendo el agente que genera mayor variación, el 9.42% del total.

#### 3.1.2.4. Evaluación de aceptación y rechazo

En ASME VIII Div. 1 Apéndice 8, se detallan los criterios para aceptación y rechazo, los cuales estipulan que “la superficie de interés a inspeccionar debe estar libre de: indicaciones lineales relevantes, indicaciones redondeadas mayores a cinco milímetros y cuatro o más indicaciones relevantes redondeadas en una línea separadas por 1.5 milímetros de borde a borde”. Con base en estos criterios se realiza la Tabla 31, con la finalidad de presentar la información de todos los ensayos.

Tabla 31. Resumen de datos de la aplicación de criterios de aceptación y rechazo con base en ASME VIII Div 1. Apéndice 8

N° Probeta	Cleaner E-59A (Ensayo de Control)			Thinner				Acetona				Gasolina				
	Discontinuidades relevantes localizadas			Número de discontinuidades localizadas	Discontinuidades relevantes localizadas			Número de discontinuidades localizadas	Discontinuidades relevantes localizadas			Número de discontinuidades Localizadas	Discontinuidades relevantes localizadas			Número de discontinuidades Localizadas
	Acepta	Rechaza	Total		Acepta	Rechaza	Total		Acepta	Rechaza	Total		Acepta	Rechaza	Total	
1	2	20	22	23	2	20	22	23	6	15	21	22	0	21	21	22
2	0	23	23	23	0	23	23	23	3	17	20	21	0	22	22	23
3	0	12	12	12	0	12	12	12	0	12	12	12	0	12	12	12
4	0	15	15	15	0	15	15	15	0	14	14	14	0	15	15	15
5	2	14	16	16	2	13	15	15	2	13	15	15	1	15	16	16
6	1	18	19	19	1	18	19	19	3	16	19	19	1	18	19	19
7	0	18	18	19	0	18	18	19	0	18	18	19	0	18	18	19
8	0	19	19	20	2	17	19	20	1	18	19	20	1	18	19	20

Observación: Las casillas resaltadas hacen referencia a la Tabla 28, en la cual el porcentaje de discontinuidades con base en el total (ensayo de control) no es el 100%; es decir, el número de discontinuidades localizadas disminuyó por el uso del agente limpiador/removedor.

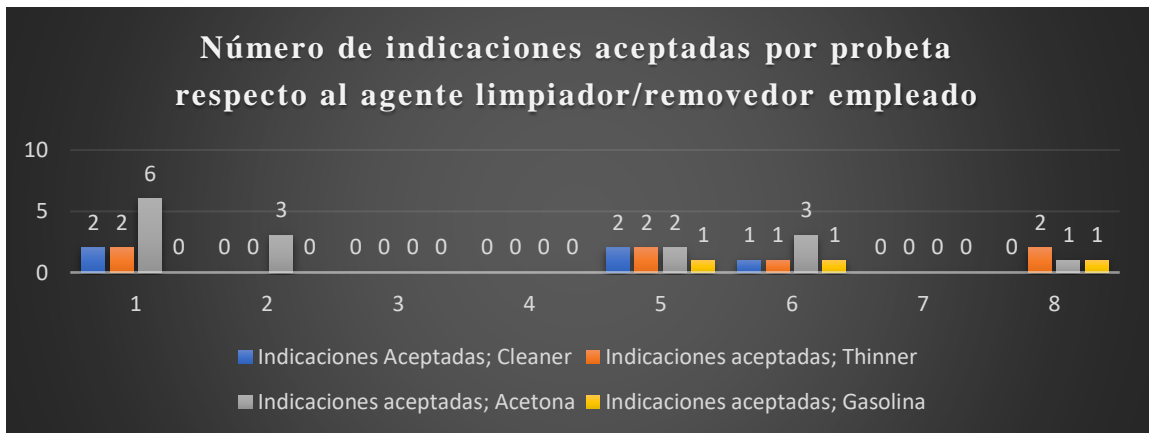


Fig. 27 Número de indicaciones aceptadas en cada probeta respecto al agente limpiador/removedor empleado. En el eje de abscisas el número de la probeta y en el eje de las ordenadas el número de indicaciones aceptadas.

El empleo de Acetona como agente limpiador/removedor genera una variación en las dimensiones de las indicaciones, hace que estas se muestren con dimensiones de menor tamaño a las que tendrían si se empleara Cleaner E-59A. La variación de estas dimensiones genera que en las probetas 1, 2 y 6 existan, en un rango de 1 a 4, más indicaciones aceptadas de las que existen empleando el agente limpiador/removedor convencional, como se evidencia en la Figura 27. Por otro lado, el empleo de Thinner y Gasolina no genera una variación mayor a una unidad en cuanto al número de indicaciones aceptadas.

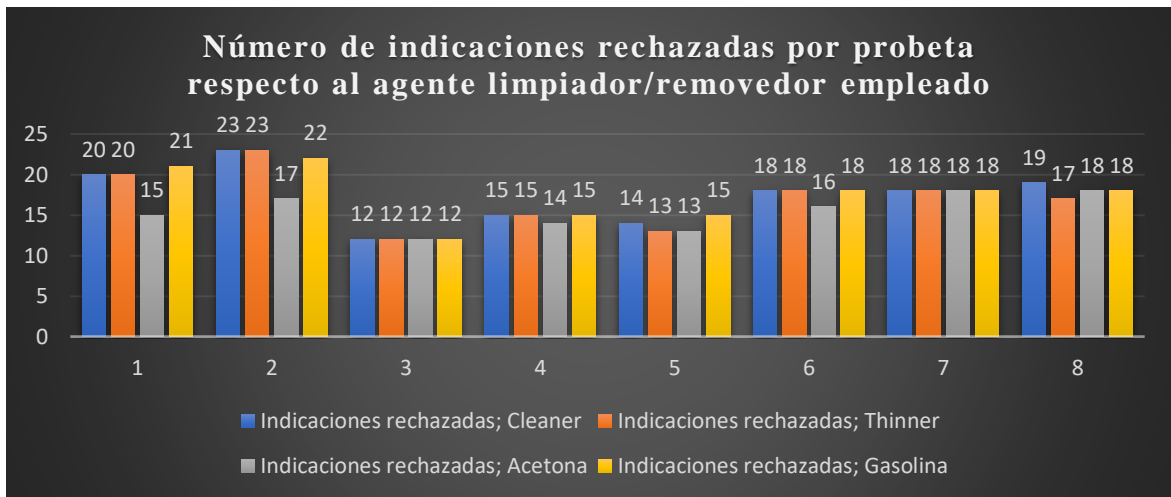


Fig. 28 Número de indicaciones rechazadas en cada probeta respecto al agente limpiador/removedor empleado. En el eje de abscisas el número de la probeta y en el eje de las ordenadas el número de indicaciones rechazadas.

Con respecto al número de indicaciones rechazadas, en la Figura 28 se puede apreciar como disminuye el número de estas con la aplicación del agente limpiador/removedor Acetona en las probetas 1, 2 y 6 debido a su variación en las dimensiones. Por otro lado, el empleo de Thinner y Gasolina no genera una variación mayor a una unidad en cuanto al número de indicaciones rechazadas.

### 3.1.2.5. Experimentación del agente limpiador/removedor en tintas penetrantes fluorescentes en probeta TEST PANEL

Con la finalidad de relacionar los resultados obtenidos en la ejecución de los ensayos de tintas penetrantes visibles en las probetas se ejecutan 4 ensayos con tintas penetrantes fluorescentes en los cuales se aplican los mismos agentes propuestos para la limpieza/remoción. Estos ensayos se ejecutan en la probeta TEST PANEL (Five Star) la cual contiene cinco indicaciones a lo largo de su superficie y es empleado para evaluar la calidad y correcta funcionalidad de los elementos que intervienen en una inspección por tintas penetrantes. Los resultados se muestran en la Tabla 32.

Tabla 32. Resultado de ensayos en Test Panel con agentes limpiadores/removedores propuestos

TAM PANEL	Cleaner E-59A (Ensayo de Control)		Thinner		Acetona		Gasolina	
	Indicaciones reveladas	Porcentaje	Indicaciones reveladas	Porcentaje	Indicaciones reveladas	Porcentaje	Indicaciones reveladas	Porcentaje
	5	100	5	100	4	80	5	100

Observaciones:  
En la probeta Test Panel existen 5 indicaciones, 5 indicaciones reveladas significa un porcentaje de 100% efectividad en cuanto a la técnica empleada.

En la Figura 29 se puede apreciar que en este experimento la detectabilidad de las indicaciones existentes en Test Panel no se afectó para el agente limpiador/removedor Thinner y Gasolina; sin embargo, la detectabilidad experimentó variación con el empleo de Acetona: no se reveló una de las cinco indicaciones.

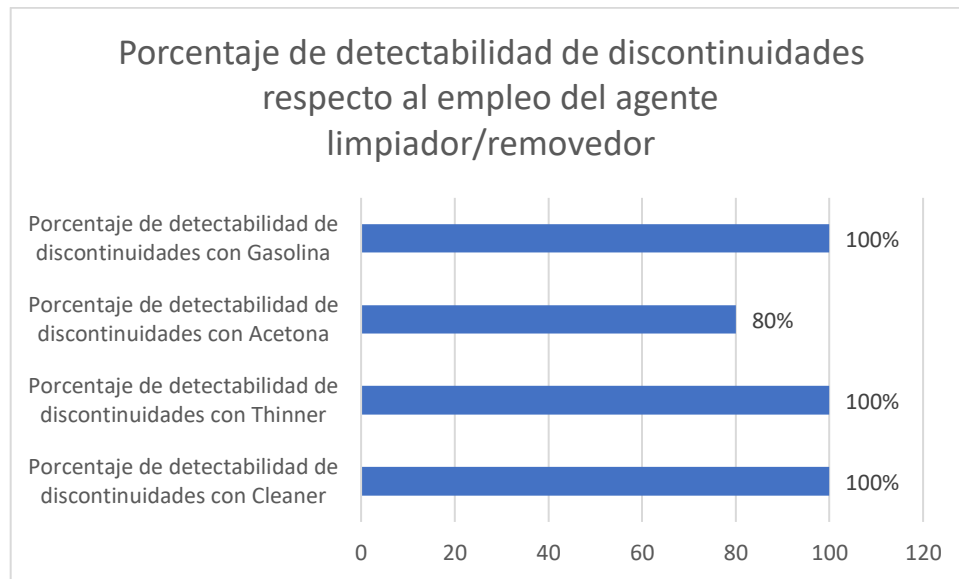


Fig. 29 Porcentaje de detectabilidad de discontinuidades según el agente limpiador/removedor empleado.

Con base en la Tabla 28 y Tabla 32, la aplicación de Acetona como agente limpiador/removedor genera una variación en la detectabilidad de discontinuidades.

### 3.2.Verificación de la hipótesis

Para efectuar la verificación de la hipótesis se empleará un análisis de varianza ANOVA que permite corroborar si las medias de las variables de respuestas de dos o más poblaciones son iguales. Conjuntamente se empleará el método Dunnett que permite seleccionar un grupo de control (ensayos efectuados con agente limpiador Cleaner E69A).

#### Hipótesis

¿La detectabilidad de discontinuidades en el ensayo de tintas penetrantes tipo II se ve afectada por la variación del agente limpiador o removedor?

#### Variable independiente:

Variación del agente limpiador/removedor.

#### Variable dependiente:

La detectabilidad de discontinuidades.

#### Hipótesis Nula $H_0$



La detectabilidad de discontinuidades en el ensayo de tintas penetrantes tipo II no se ve afectada por la variación del agente limpiador o removedor

**Hipótesis Alternativa  $H_a$**

La detectabilidad de discontinuidades en el ensayo de tintas penetrantes tipo II se ve afectada por la variación del agente limpiador o removedor

**Determinación del nivel de significancia**

El nivel de significancia es del 5% ya que el nivel de confianza determinado es de 95%.

$$\alpha=0.05$$

Se emplea el uso de un software de análisis estadístico, Minitab, en la Tabla 33 se evidencia el ingreso de la información.

El ingreso de información corresponde a los valores en porcentaje presentes en la Tabla 28.

*Tabla 33. Información del factor*

<b>Factor</b>	<b>Niveles</b>	<b>Valores</b>
Factor	4	Cleaner E59A Thinner Acetona Gasolina

En el software de análisis estadístico, se emplea el método ANOVA de un factor y una comparación múltiple de Dunnett con confianza del 95% y se obtiene la Tabla 34

*Tabla 34. Análisis de varianza*

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Factor	3	49.76	16.587	3.21	0.038
Error	28	144.60	5.164	-	-
Total	31	194.36	-	-	-

Donde:

GL: Total de grados de libertad

SC Ajust: Suma ajustada de los cuadrados

MC Ajust: Cuadrados medios ajustados

En [44] se menciona que se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ , si **Valor p** <  $\alpha$ .

$$\text{Valor } p = 0.038 \text{ y } \alpha = 0.05$$

$0.038 < 0.05$  Se cumple la condición. Por lo tanto: se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

La detectabilidad de discontinuidades en el ensayo de tintas penetrantes tipo II se ve afectada por la variación del agente limpiador o removedor

Por sí solo el modelo de ANOVA no permite determinar cuál grupo de datos (pertenecientes al agente limpiador/removedor) varía, para este fin se emplea el método de comparaciones múltiples de Dunnett en el cual nuestro grupo de control será el efectuado con agente limpiador/removedor Cleaner E59A. Para el ingreso de datos en el software estadístico se emplea la Tabla 35.

*Tabla 35. Agrupación de información usando el método Dunnett*

<b>Factor</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
Cleaner E59A (control)	8	100.00	A
Gasolina	8	99.46	A
Thinner	8	99.22	A
Acetona	8	96.75	-

Las medias no etiquetadas con la letra A son diferentes de manera significativa de la media del grupo de control.

Donde:

N: número de observaciones

Como se evidencia en la Tabla 35, con respecto a la comparación de medias con el grupo de control el valor significativamente diferente corresponde al empleo de Acetona como agente limpiador/removedor.

A continuación, se presenta la Tabla 36 para evaluar los valores de p y determinar bajo el criterio de aprobación de hipótesis que se menciona en [44].

Tabla 36. Pruebas simultáneas de Dunnett

Diferencia de Niveles	Diferencia de las medias	IC de 95%	Valor T	Valor p ajustado
Thinner-Cleaner	-0.78	(-3.60;2.04)	-0.69	0.832
Acetona-Cleaner	-3.25	(-6.07; -0.42)	-2.86	0.021
Gasolina-Cleaner	-0.54	(-3.37; 2.28)	-0.48	0.933
Nivel de confianza individual = 98.07%				

Donde:

IC de 95%: intervalos de confianza simultáneos.

Valor T: estadístico que mide la relación de diferencia entre las medias y el error estándar de la diferencia.

Valor p ajustado: indica cuales pares dentro de un análisis de comparaciones son diferentes de manera significativa.

En [45] se menciona que “Si el valor de p ajustado es menor que alfa (nivel de significancia, se rechaza la hipótesis nula”.

$$0.832 < 0.05 \text{ No cumple; se acepta}$$

$$0.021 < 0.05 \text{ Cumple; se rechaza.}$$

$$0.933 < 0.05 \text{ No cumple; se acepta}$$

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones

Después de la revisión bibliográfica y con base en la experimentación, es válido mencionar que los defectos superficiales presentes en las juntas soldadas de ranura, posición 1G por proceso SMAW, en acero al carbono ASTM A36 empleadas son: poros originados por excesiva corriente, altas velocidades de desplazamiento y corta longitud del arco; socavaduras o mordeduras producidas por excesiva corriente de soldadura, excesiva velocidad de desplazamiento y larga longitud de arco; grietas debido a altas velocidades de enfriamiento.

Con base en el trabajo experimental efectuado y con la información analizada, se concluye que la detectabilidad de discontinuidades en soldadura, experimenta variación al emplear un agente limpiador/removedor no convencional; sin embargo, dicha variación es significativa únicamente con el empleo de acetona. El uso de thinner y gasolina como agente limpiador/removedor, no ocasiona una variación estadísticamente relevante, en cuanto a la detectabilidad de discontinuidades.

Después del análisis de los datos obtenidos, es importante mencionar que el agente limpiador/removedor que no genera variaciones estadísticamente relevantes, en la detectabilidad de discontinuidades, es la gasolina. El empleo de este agente en la limpieza y remoción del exceso de penetrante no genera cambios significativos en las dimensiones de las indicaciones en la etapa de revelación, por lo tanto, este agente se considera como la primera opción para sustituir el agente limpiador/removedor convencional.

Posterior al análisis de la información recolectada, resulta significativo indicar que el agente limpiador/removedor considerado como segunda opción, para sustituir el agente convencional, es el thinner dado que, si bien el empleo de este agente en la limpieza y remoción del exceso de penetrante no propicia una variación que se considere importante a nivel estadístico, hace que las indicaciones se muestren de menor tamaño al que se poseen cuando se efectúa el ensayo con el agente convencional

Gracias a los datos obtenidos en este trabajo experimental se puede deducir que el agente limpiador/removedor que genera variación, en cuanto a la detectabilidad de discontinuidades, es la acetona. Luego de un análisis de varianza se determinó que los datos obtenidos poseen una variación estadísticamente significativa, con respecto a los datos obtenidos con el agente convencional, ocasionando que: no se muestren todas las discontinuidades presentes en el cordón de soldadura y afectando el tamaño de las indicaciones reveladas, por lo que se concluye que la acetona remueve el penetrante con mayor intensidad que el agente convencional y las propuestas mencionadas.

Debido a las pruebas ejecutadas en la probeta Test Panel, con tintas penetrantes fluorescentes, se logró relacionar esta información con los datos obtenidos de variación del agente limpiador/removedor, efectuadas en probetas, y es adecuado concluir que, la detectabilidad de discontinuidades está ligada a la remoción del exceso de penetrante, por lo que la acetona al eliminar el penetrante de manera más profunda afecta a la revelación de las indicaciones y por lo tanto termina por disminuir el número de discontinuidades reveladas o mostrarlas con dimensiones menores. Esto también repercute en la aplicación de criterios de aceptación y rechazo al existir variación en las dimensiones de la indicación.

Con base en el análisis de los datos, es correcto afirmar que las discontinuidades que no se muestran en los ensayos, en los cuales se empleó como agente limpiador/removedor acetona, el 80% corresponden a socavaduras o mordeduras. Adicionalmente es válido mencionar que los agentes no convencionales son capaces de detectar poros con un milímetro de diámetro.

## **4.2.Recomendaciones**

Para efectuar de manera apropiada la remoción del exceso de penetrante, es adecuado el uso de toallas absorbentes o un material que no genere algún residuo. La remoción del exceso de penetrante debe realizarse con cuidado y procurando no emplear un excesivo uso del agente limpiador/removedor, ya que podría generarse una remoción excesiva de penetrante y las discontinuidades no se revelarían de forma apropiada.

Con la finalidad de generar una remoción de exceso de penetrante adecuada, es importante limpiar la superficie de interés con un material humedecido con agente limpiador/removedor en una sola dirección y procurando realizar cada “pasada” con una toalla absorbente limpia (o material que no genere residuos), con la finalidad de no colocar el penetrante eliminado nuevamente en la superficie de interés.

Con la finalidad de representar los datos de las discontinuidades reveladas en los informes, es aconsejable tomar fotografías colocando un instrumento de medida en el eje de las abscisas y ordenadas, para ubicar las coordenadas de las discontinuidades y valorar sus dimensiones.

La acetona al poseer una buena capacidad para eliminar el penetrante, puede emplearse en la limpieza final, posterior a la inspección, para eliminar los posibles rastros. Esta indicación puede tomarse en consideración al trabajar con tintas fluorescentes ya que en este método la limpieza es más minuciosa.

Para un análisis más controlado, es importante manejar los siguientes elementos de forma estándar para todos los casos: tiempo de penetración, tiempo de secado para el agente limpiador/removedor, tiempo de revelado, forma de efectuar la remoción del exceso de penetrante, cantidad de agente limpiador/removedor para humedecer la toalla absorbente o material que no genere residuos; es decir, replicar las mismas condiciones en todos los ensayos.

Enumerar de manera clara los ensayos con códigos, así como las respectivas probetas, con la finalidad de establecer un orden y hacer el análisis de la información de manera efectiva.

## CAPÍTULO V

### MATERIALES DE REFERENCIA

#### 5.1.Referencias bibliográficas

- [1] I. Journal, R. C., and C. Roshan, "Non-destructive testing by liquid penetrant testing and ultrasonic testing -A review," *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology*, vol. 5, no. 2, pp. 694–697, 2019.
- [2] S. K. Dwivedi, M. Vishwakarma, and P. A. Soni, "Advances and Researches on Non Destructive Testing: A Review," *Materials Today: Proceedings*, vol. 5, no. 2, pp. 3690–3698, 2018, doi: 10.1016/J.MATPR.2017.11.620.
- [3] J. R. Deepak, V. K. Bupesh Raja, D. Srikanth, H. Surendran, and M. M. Nickolas, "Non-destructive testing (NDT) techniques for low carbon steel welded joints: A review and experimental study," *Materials Today: Proceedings*, vol. 44, pp. 3732–3737, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.MATPR.2020.11.578.
- [4] K. R. Manikandan, P. Ashwin Sivagurunathan, S. S. Ananthan, A. Arul Marcel Moshi, and S. R. Sundara Bharathi, "Study on the influence of temperature and vibration on indications of liquid penetrant testing of A516 low carbon steel," *Materials Today: Proceedings*, vol. 39, pp. 1559–1564, 2020, doi: 10.1016/J.MATPR.2020.05.572.
- [5] S. Mobin Baba, S. Azgerpasha, and S. Fayaz, "Evaluation of defects in the ss-304l material by using non destructive examination techniques," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 06, no. 01, pp. 978–983, Jan. 2019.
- [6] K. Ashok Reddy, "Non-Destructive Testing, Evaluation Of Stainless Steel Materials," *Materials Today: Proceedings*, vol. 4, no. 8, pp. 7302–7312, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.07.060>.
- [7] Shyamji and S. Prasad, "Non Destructive Method by Penetrant Testing," *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology.* , vol. 03, no. 04, pp. 308–310, 2017.
- [8] T. Endramawan and A. Sifa, "Non Destructive Test Dye Penetrant and Ultrasonic on Welding SMAW Butt Joint with Acceptance Criteria ASME Standard," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 306, no. 1, Feb. 2018, doi: 10.1088/1757-899X/306/1/012122.
- [9] R. Echevarría, *Líquidos penetrantes*, 1st ed. EDUCO - Universidad Nacional del Comahue, 2011.
- [10] Asociación española de Ensayos No Destructivos, *Líquidos penetrantes. Nivel II*. Madrid: Fundación Confemetal, 2008.
- [11] NDT Smart, "Curso de Capacitación para Certificación ASNT Nivel I/II en Tintas Penetrantes." Quito, 2019.

- [12] Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales, "E165/E165M Práctica estándar para la examinación por líquidos penetrantes en la industria general," 2012
- [13] INCINEROX, "Contaminación por aerosoles: lo que debes saber - Incinerox." <https://incinerox.com.ec/contaminacion-por-aerosoles-lo-que-debes-saber> (accessed Jan. 05, 2022).
- [14] Metinvest, "Acero ASTM A36: características, propiedades, análogos - Metinvest." <https://metinvestholding.com/es/products/steel-grades/astma36> (accessed Jan. 05, 2022).
- [15] G. Coba, "La construcción trabaja en 3 frentes para reactivarse en 2021," *Primicias*, Jan. 07, 2021.
- [16] R. Prakash, "5. Liquid Penetrant Inspection," in *Non-Destructive Testing Techniques*, New Academic Science, 2012. [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt011NJPE1/non-destructive-testing/oil-chalk-dust-method>
- [17] P. Smith, "6. Nondestructive Examination of Welds," in *Piping Materials Guide - Selection and Applications*, Elsevier, 2005. [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt003USXU8/piping-materials-guide/joints-pro-nondestructive>
- [18] N/A, "3. Production Welding Cost Analysis," in *Design and Planning Manual for Cost-Effective Welding*, American Welding Society (AWS), 1999. [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt0091XHX2/design-planning-manual/production-welding-cost>
- [19] I. Milne, R. O. Ritchie, and B. Karihaloo, "1.18.8.1.3 Dye Penetrant Testing," in *Comprehensive Structural Integrity, Volumes 1-10*, Elsevier, 2003. [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt004RC3K3/comprehensive-structural/dye-penetrant-testing>
- [20] (AWS) American Welding Society, "5. Nondestructive Examination Methods," 2016 [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt011LMTP6/guide-nondestructive/nondestructive-examination>
- [21] R. Halmschaw, "5. Penetrant methods," in *Introduction to the Non-Destructive Testing of Welded Joints (2nd Edition)*, Elsevier, 1996. [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt00TSPIC1/introduction-non-destructive/penetrant-general-principles>
- [22] H. Brauer, M. Ziolkowski, K. Weise, M. Carlstedt, R. Uhlig, and M. Zec, "1. Introduction," in *Motion-Induced Eddy Current Techniques for Non-Destructive Testing and Evaluation*, Institution of Engineering and Technology, 2019. [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt011QO4P7/motion-induced-eddy-current/introduction>



- [23] Myer. Kutz, "24. Nondestructive Inspection ," in *Handbook of Materials Selection*, John Wiley & Sons, 2002. [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt003HUSQ1/handbook-materials-selection/nondestructive-inspection>
- [24] D. Lohwasser and Z. Chen, "7.3.4 Dye Penetrant," *Friction Stir Welding - From Basics to Applications*. Woodhead Publishing, 2010. [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt008WUL63/friction-stir-welding/dye-penetrant>
- [25] L. Mordfin, *Handbook of Reference Data for Nondestructive Testing*. ASTM International, 2002. [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt00B717P5/handbook-reference-data/appendix-s-ultrasonic>
- [26] M. Stewart and T. Lewis Oran, "6. In-Service Inspection by Nondestructive Examination (NDE)," *Pressure Vessels Field Manual - Common Operating Problems and Practical Solutions*. Elsevier, 2013. [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt00BIS162/pressure-vessels-field/in-service-general-considerations>
- [27] N/A, "4.4 Liquid Penetrant Inspection," in *Welding Guide: (EW-385, 2011)*, Hobart Institute of Welding Technology, 2011. [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt008VYG71/welding-guide-ew-385/fluorescent-penetrant>
- [28] Hobart Institute of Welding Technology, "4.4.4 Fluorescent Penetrant," in *Welding Guide (2nd Edition): (EW-385, 2013)*, Hobart Institute of Welding Technology, 2013. [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt00U4VIG1/welding-guide-ew385/fluorescent-penetrant>
- [29] N/A, "3. Principles of Penetrant Testing," in *Nondestructive Testing Methods - Training Workbook: (EW-512-6)*, Hobart Institute of Welding Technology, 2009. [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt008OG8N1/nondestructive-testing-2/apply-visible-dye-penetrant>
- [30] D. H. Phillips, "1. What is Welding Engineering?," in *Welding Engineering - An Introduction*, John Wiley & Sons, 2016. [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt011UNTSH/welding-engineering-an/what-is-welding-engineering>
- [31] K. Weman, "19. The Weldability of Steel," in *Welding Processes Handbook (2nd Edition)*, Woodhead Publishing, 2012. [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt00BT3OW8/welding-processes-handbook/carbon-steels>

- [32] A. O'Brien, "1. Carbon and Low-Alloy Steels," *Welding Handbook, Volume 4 - Materials and Applications, Part 1 (9th Edition)*. American Welding Society (AWS), 2011. [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt0095S3I1/welding-handbook-volume/carbon-low-alloy-steels>
- [33] Hobart Institute of Welding Technology, "1. Welding & Cutting Processes," in *Pocket Welding Guide - A Guide to Better Welding (31st Edition): (EW609)*, Hobart Institute of Welding Technology, 2013. [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt00U5D9J1/pocket-welding-guide/welding-cutting-processes>
- [34] S. E. Hughes, "5. Welding Processes," in *Quick Guide to Welding and Weld Inspection*, Woodhead Publishing, 2009. [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt008WPEF1/quick-guide-welding-weld/welding-processes>
- [35] R. Singh, "Section 2. Welding Metallurgy and Welding Processes," in *Applied Welding Engineering - Processes, Codes and Standards*, Elsevier, 2012. [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt009JOE9H/applied-welding-engineering/section-2-welding-metallurgy>
- [36] L. Jeffus, "30. Testing and Inspecting Welds," in *Welding and Metal Fabrication (1st Edition)*, Cengage Learning, Inc., 2012. [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt00B8ZMA4/welding-metal-fabrication/testing-inspecting-welds>
- [37] Hobart Institute of Welding Technology, "12. Welding Discontinuities and Defects," in *Shielded Metal Arc Welding (3rd Edition): (EW-472, 2013)*, Hobart Institute of Welding Technology, 2013. [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt00U4VLGQ/shielded-metal-arc-welding/undercutting>
- [38] S. R. J. Boresi Arthur P., *Advanced Mechanics of Materials*. John Wiley & Sons, 2003. [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt006KGLN1/advanced-mechanics-materials/average-mechanical-properties>
- [39] A. W. S. (AWS), "8.4.2.1 Austenitic Stainless Steels," *Recommended Practices for Laser Beam Welding, Cutting, and Allied Processes (2nd Edition) - AWS C7.2M:2010*. American Welding Society (AWS), 2010. [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt010QN7Q1/recommended-practices/austenitic-stainless>
- [40] Química.es, "Thinner." <https://www.quimica.es/enciclopedia/Thinner.html> (accessed May 31, 2022).

- [41] S. J. J. B. D. A. Shekhawat Dushyant, *Fuel Cells - Technologies for Fuel Processing*. Elsevier, 2011. [Online]. Available: <https://app.knovel.com/hotlink/khtml/id:kt00BIPZX1/fuel-cells-technologies/gasoline>
- [42] Myer. Kutz, *Mechanical Engineers' Handbook, Volume 4 - Energy and Power*, 4th ed., vol. 4. John Wiley & Sons, 2014.
- [43] D. Anderson, D. Sweeney, and T. Williams, *Estadística para administración y economía*, 10th ed. 2008.
- [44] H. Gutiérrez and R. Salazar, *Análisis y Diseño de Experimentos*, Segunda. México: McGraw-Hill, 2008.
- [45] Minitab LLC, "Comparaciones en parejas de ANOVA de un solo factor - Minitab," 2022. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/21/help-and-how-to/statistical-modeling/anova/how-to/one-way-anova/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/pairwise-comparisons/#se-of-difference> (accessed Jun. 13, 2022).

## 5.2.Anexos

### ANEXO 1

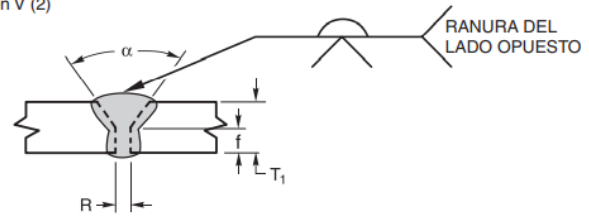
#### Especificaciones para procedimiento de soldadura

ESPECIFICACIONES PARA EL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA												
Nombre de la compañía:		UTA-Mecánica-Tesis			Identificación #		001					
Proceso de soldadura:				SMAW			Fecha:		10/3/2022			
Tipo Manual	X	Semiautomático		-		Autorizado por:		Ing. Jorge López				
Mecanizado:	-	Automático		-								
DISEÑO DE JUNTA EMPLEADO					POSICIÓN							
Tipo:	En "V"				Posición de ranura:		1G	Filete	-			
Sencilla	X	Doble		-		Progresión:		-				
Respaldo	Sí	-	No	X		Ascendente	-	Descendente	X			
Material de respaldo:				-								
Abertura de raíz: 0 a 3 mm		Dimensión de cara de raíz		0 a 3 mm		CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS						
Ángulo de ranura		60°		Radio (J-U)		-		Globular	-	Aerosol	-	
Sanear raíz		Si		No		X						
Método:		-				Corriente:		AC	-	DC	X	
METALES BASE					Polaridad					Electrodo a positivo		
Especificación del material:		ASTM A36			Rango de amperaje:		Ver tabla					
Tipo o Grado:		-			Rango de voltaje:		Ver tabla					
Espesor:		Ranura	4mm	Filete	N/A	Electrodo de Tungsteno (GTAW)		N/A				
Diámetro (tubo)		N/A										
METALES DE APORTE					Técnica							
Especificación AWS:		A5.1			Cordón:		Recto	Oscilado	Ambos			
Clasificación AWS:		E60-10										
PROTECCIÓN												
Fundente:		N/A		Gas:		-		Pases:		Sencillo	Múltiples	Ambos
Electrodo Fundente:		N/A		Composición:		-						
				Tasa de flujo:		-		Tubo de contacto a distancia de trabajo				N/A
				Tamaño copa de gas:		-						
PRECALENTAMIENTO												
Temperatura de precalentamiento:		N/A			Martilleo		N/A					
Mínima		-		Máxima		-		Limpieza entre pases:			N/A	
Temperatura entre pases:		N/A			TRATAMIENTO POSTSOLDADURA							
Mínima		-		Máxima		-		Temperatura:		N/A		
								Tiempo:		-		
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA												
Pases	Proceso	Metal de aporte		Corriente		Voltaje	Velocidad de avance					
		Clase	Diámetro	Tipo y Polaridad	Amperaje							
1	SMAW	E60-10	1/8"	DCEP	75-130	-	Variable					
2	SMAW	E60-11	1/8"	DCEP	75-131	-	Variable					
N	SMAW	E60-10	5/32"	DCEP	90-175	-	Variable					
DETALLE DE LA JUNTA												
Realizado por:		Christian Arcos Azular			Verificado por:		Ing. Jorge López					

## ANEXO 2

### Figura de referencia para elaboración de la junta soldada. AWS D1.1

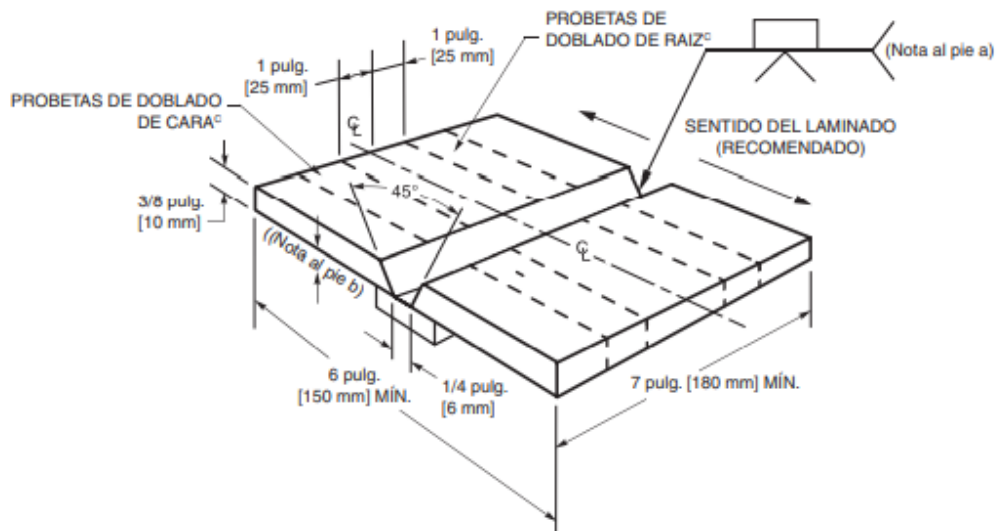
Soldadura simple en ranura en V (2)  
Junta a tope (B)



Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Gas de protección para FCAW	Notas
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	Apertura de la raíz Cara de la raíz Ángulo de la ranura	Tolerancias				
					Según lo detallado (ver 5.4.1.1)	Como ajuste (ver 5.4.1.8)			
SMAW	B-U2	U	—	R = 0 a 3 f = 0 a 3 $\alpha = 60^\circ$	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 Ilimitado +10°, -5°	Todo	—	d, e, j
GMAW FCAW	B-U2-GF	U	—	R = 0 a 3 f = 0 a 3 $\alpha = 60^\circ$	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	+2, -3 Ilimitado +10°, -5°	Todo	No se requiere	a, d, j
SAW	B-L2c-S	Más de 12 hasta 25	—	R = 0 f = 6 máx. $\alpha = 60^\circ$	R = ±0 f = +0, -f $\alpha = +10^\circ, -0^\circ$	+2, -0 ±2 +10°, -5°	F	—	d, j
		Más de 25 hasta 38	—	R = 0 f = 12 máx. $\alpha = 60^\circ$					
		Más de 38 hasta 50	—	R = 0 f = 16 máx. $\alpha = 60^\circ$					

## ANEXO 3

### Figura de referencia para elaboración de probetas. AWS D1.1



## ANEXO 4

Norma ASTM E1220, Prueba de tintas penetrantes visibles empelando proceso de remoción por solvente.



Designation: E1220 – 10

### Standard Practice for Visible Penetrant Testing Using Solvent-Removable Process<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation E1220; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

#### 1. Scope

1.1 This practice<sup>2</sup> covers procedures for visible penetrant examination utilizing the solvent-removable process. It is a nondestructive testing method for detecting discontinuities that are open to the surface such as cracks, seams, laps, cold shuts, laminations, isolated porosity, through leaks, or lack of fusion and is applicable to in-process, final, and maintenance examination. It can be effectively used in the examination of nonporous, metallic materials, both ferrous and nonferrous, and of nonmetallic materials such as glazed or fully densified ceramics and certain nonporous plastics and glass.

1.2 This practice also provides a reference:

1.2.1 By which a visible penetrant examination method using the solvent-removable process recommended or required by individual organizations can be reviewed to ascertain its applicability and completeness.

1.2.2 For use in the preparation of process specifications dealing with the visible, solvent-removable liquid penetrant examination of materials and parts. Agreement by the purchaser and the manufacturer regarding specific techniques is strongly recommended.

1.2.3 For use in the organization of the facilities and personnel concerned with the liquid penetrant examination.

1.3 This practice does not indicate or suggest standards for evaluation of the indications obtained. It should be noted, however, that after indications have been produced, they must be interpreted or classified and then evaluated. For this purpose there must be a separate code, specification, or a specific agreement to define the type, size, location, and direction of indications considered acceptable, and those considered unacceptable.

<sup>1</sup> This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee E07 on Nondestructive Testing and is the direct responsibility of Subcommittee E07.03 on Liquid Penetrant and Magnetic Particle Methods.

Current edition approved Feb. 15, 2010. Published March 2010. Originally approved in 1987. Last previous edition approved in 2005 as E1220 - 05. DOI: 10.1520/E1220-10.

<sup>2</sup> For ASME Boiler and Pressure Vessel Code applications see related Test Method SE-1220 in Section II of that Code.

1.4 All areas of this practice may be open to agreement between the cognizant engineering organization and the supplier, or specific direction from the cognizant engineering organization.

1.5 The values stated in inch-pound units are regarded as standard. SI units given in parentheses are for information only.

1.6 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

#### 2. Referenced Documents

##### 2.1 ASTM Standards:<sup>3</sup>

D129 Test Method for Sulfur in Petroleum Products (General High Pressure Decomposition Device Method)

D516 Test Method for Sulfate Ion in Water

D808 Test Method for Chlorine in New and Used Petroleum Products (High Pressure Decomposition Device Method)

D1552 Test Method for Sulfur in Petroleum Products (High-Temperature Method)

E165 Practice for Liquid Penetrant Examination for General Industry

E433 Reference Photographs for Liquid Penetrant Inspection

E543 Specification for Agencies Performing Nondestructive Testing

E1316 Terminology for Nondestructive Examinations

##### 2.2 ASNT Documents:

SNT-TC-1A Recommended Practice for Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing<sup>4</sup>

ANSI/ASNT-CP-189 Standard for Qualification and Certification of NDT Personnel<sup>4</sup>

<sup>3</sup> For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, [www.astm.org](http://www.astm.org), or contact ASTM Customer Service at [service@astm.org](mailto:service@astm.org). For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

<sup>4</sup> Available from The American Society for Nondestructive Testing (ASNT), P.O. Box 28518, 1711 Arlington Lane, Columbus, OH 43228-0518.

### 2.3 Military Standard:

MIL-STD-410 Nondestructive Testing Personnel Qualification and Certification<sup>5</sup>

### 2.4 AIA Standard:

NAS 410 Certification and Qualification of Nondestructive Test Personnel<sup>6</sup>

2.5 *DoD Contracts*—Unless otherwise specified, the issues of the documents that are DoD adopted are those listed in the issue of the DoDISS (Department of Defense Index of Specifications and Standards) cited in the solicitation.

2.6 *Order of Precedence*—In the event of conflict between the text of this practice and the references cited herein, the text of this practice takes precedence.

## 3. Terminology

3.1 *Definitions*—definitions relating to liquid penetrant examination, which appear in Terminology E1316, shall apply to the terms used in this practice.

## 4. Summary of Practice

4.1 A liquid penetrant is applied evenly over the surface being tested and allowed to enter open discontinuities. After a suitable dwell time, the excess surface penetrant is removed by wiping and the surface is dried. If an aqueous developer is to be employed, the developer is applied prior to the drying step. A developer is then applied, drawing the entrapped penetrant out of the discontinuity, staining the developer. The test surface is then examined visually to determine the presence or absence of indications.

4.2 Processing parameters, such as precleaning, penetration time, etc., are determined by the specific materials used, the nature of the part under examination (that is, size, shape, surface condition, alloy), and type of discontinuities expected.

## 5. Significance and Use

5.1 Liquid penetrant examination methods indicate the presence, location, and, to a limited extent, the nature and magnitude of the detected discontinuities. This practice is intended primarily for portability and for localized areas of examination, utilizing minimal equipment. Surface roughness may be a limiting factor. If so, an alternate process, such as water-wash visible or post-emulsified penetrant should be considered when grinding or machining is not practical.

## 6. Reagents and Materials

6.1 *Visible, Solvent-Removable Liquid Penetrant Testing Materials*, (see Note 1) consist of a family of applicable visible penetrant, solvent remover, as recommended by the manufacturer, and are classified as Type II Visible, Method C—Solvent-Removable. Intermixing of materials from various manufacturers is not recommended. (**Warning**—While ap-

proved penetrant materials will not adversely affect common metallic materials, some plastics or rubber may be swollen or stained by certain penetrants.)

Note 1—Refer to 8.1 for special requirements for sulfur, halogen, and alkali metal content.

6.2 *Visible, Solvent-Removable Penetrants* are designed so that excess surface penetrant can be removed by wiping with dry, clean, lint-free material, and repeating the operation until most of the penetrant has been removed. The remaining traces shall be removed by wiping the surface with clean, lint-free material lightly moistened with the solvent remover. To minimize removal of penetrant from discontinuities, care should be taken to avoid the use of excess solvent. Flushing the surface with solvent to remove the excess penetrant is prohibited. Visible penetrant examination makes use of a penetrant that is visible under normal lighting conditions. The penetrant is usually red in color so that the indications produce a definite contrast with the white background of the developer. Visible penetrant indications must be viewed under adequate white light (see 7.1.8.1).

6.3 *Solvent Removers* function by dissolving the penetrant, making it possible to wipe the surface clean and free of residual penetrant as described in 7.1.5.

6.4 *Developers*—Development of penetrant indications is the process of bringing the penetrant out of open discontinuities through blotting action of the applied developer, thus increasing the visibility of the penetrant indications. Nonaqueous, wet developers and aqueous developers are the most commonly used developers in the visible, solvent-removable penetrant process. Liquid film developers also are used for special applications.

6.4.1 *Nonaqueous, Wet Developers* are normally supplied as suspensions of developer particles in a volatile solvent carrier and are ready for use as supplied. They are applied to the surface by spraying after the excess penetrant has been removed and the surface has dried. Nonaqueous, wet developers form a white coating on the surface of the part when dried and serve as a contrasting background for visible penetrants (see 7.1.7.1(a)). (**Warning**—This type of developer is intended for application by spray only.)

6.4.2 *Aqueous Developers* are normally supplied as dry powder particles to be either suspended or dissolved (soluble) in water. The concentration, use and maintenance shall be in accordance with manufacturer's recommendations (see 7.1.7.1(b)).

6.4.3 *Liquid Film Developers* are solutions or colloidal suspensions of resins/polymer in a suitable carrier. These developers will form a transparent or translucent coating on the surface of the part. Certain types of film developer will fix indications and may be stripped from the surface and retained for record purposes (see 7.1.7.1(c)).

## 7. Procedure

7.1 The following general procedure applies to the solvent-removable, visible penetrant examination method (see Fig. 1).

7.1.1 *Temperature Limits*—The temperature of the penetrant materials and the surface of the part to be processed should be

<sup>5</sup> Available from Standardization Documents Order Desk, Bldg. 4 Section D, 700 Robbins Ave., Philadelphia, PA 19111-5094, Attn: NPODS.

<sup>6</sup> Available from the Aerospace Industries Association of America, Inc., 1250 Eye Street, N.W., Washington, DC 20005.





7.1.3.2 *Drying After Cleaning*—It is essential that the area to be examined be thoroughly dry after cleaning, since any liquid residue will hinder the entrance of the penetrant. Drying may be accomplished by warming the parts in drying ovens, with infrared lamps, forced hot or cold air, or exposure to ambient temperature.

7.1.4 *Penetrant Application*—After the area to be examined has been cleaned, dried, and is within the specified temperature range, apply the penetrant to the surface to be inspected so that the entire part or area under examination is completely covered with penetrant.

7.1.4.1 *Modes of Application*—There are various modes of effective application of penetrant such as immersion, brushing, flooding, or spraying. Small parts are often placed in suitable baskets and dipped into a tank of penetrant. On larger parts, and those with complex geometries, penetrant can be applied effectively by brushing or spraying. Both conventional and electrostatic spray guns are appropriate means of applying liquid penetrants to the part surfaces. Electrostatic spray application can eliminate excess liquid build-up of penetrant on the surface, minimize overspray, and minimize the amount of penetrant entering hollow-cored passages that could serve as penetrant reservoirs causing severe bleedout problems during examination. Aerosol sprays are also very effective and a convenient portable means of application. (**Warning**—Not all penetrant materials are suitable for electrostatic spray applications.) (**Warning**—With spray applications, it is important that there be proper ventilation. This is generally accomplished through the use of a properly designed spray booth or exhaust system, or both.)

7.1.4.2 *Penetrant Dwell Time*—After application, allow excess penetrant to drain from the part (care should be taken to prevent pools of penetrant on the part), while allowing for proper penetrant dwell time (see Table 1). The length of time the penetrant must remain on the part to allow proper penetration should be recommended by the penetrant manufacturer. Table 1, however, provides a guide for selection of penetrant

dwell times for a variety of materials, their form, and types of discontinuity. Unless otherwise specified, the dwell time shall not exceed the maximum recommended by the manufacturer.

Note 4—For some specific applications in structural ceramics (for example, detecting parting lines in slip-cast material), the required penetrant dwell time should be determined experimentally and may be longer than that shown in Table 1 and its notes.

7.1.5 *Removal of Excess Penetrant*—After the required penetration time, remove the excess penetrant insofar as possible, by using wipes of a dry, clean, lint-free material, repeating the operation until most traces of penetrant have been removed. Then lightly moisten a lint-free material with remover solvent and gently wipe the remaining traces to avoid the removing penetrant from discontinuities, taking care to avoid the use of excess solvent. If over-removal is suspected dry (see 7.1.6) and reclean the part, and reapply the penetrant for the prescribed dwell time. Flushing the surface with solvent following the application of the penetrant and prior to developing is prohibited.

7.1.6 *Drying*—Following the removal of excess surface penetrant by solvent wipe-off techniques, the part surface will dry quickly by normal evaporation. Normally, no other drying techniques are necessary, so long as the processing temperature range is within the specified temperature range.

7.1.7 *Developer Application:*

7.1.7.1 *Modes of Application*—There are various modes of effective application of the various types of developers such as immersing, flooding, or spraying. The size, configuration, surface condition, number of parts to be processed, etc., will influence the choice of developer application.

(a) *Nonaqueous, Wet Developers*—Apply to the area being examined by spraying after the excess penetrant has been removed and the area has been dried. Spray areas so as to assure complete coverage with a thin, even film of developer. This type of developer carrier fluid evaporates very rapidly at normal room temperature and does not require the use of a dryer. (**Warning**—The vapors from the evaporating, volatile solvent developer carrier may be hazardous. Proper ventilation should be provided in all cases, but especially when the surface to be examined is inside a closed volume, such as a process drum or a small storage tank.) (**Warning**—Dipping or flooding areas being examined with nonaqueous developers is prohibited, since it can flush (dissolve) the penetrant from within the discontinuities through its solvent action.)

(b) *Aqueous Developers*—Apply by spraying, flowing, or immersing the area being examined prior to drying. Drain excess developer from the area to eliminate tendencies of pooling of the developer, which can mask indications. Then dry the developer using hot air blast, hot air recirculating oven, infrared heater, or by exposure to ambient temperature. The dried developer appears as a translucent or white coating on the part. Prepare and maintain the aqueous developer in accordance with the manufacturer's instructions and apply in such a manner as to assure complete, even coverage. (**Warning**—Atomized spraying of aqueous developers is not recommended, since a spotty film may result.)

TABLE 1 Recommended Minimum Dwell Times

Material	Form	Type of Discontinuity	Dwell Times, (minutes) <sup>a</sup>	
			Penetrant <sup>b</sup>	Developer <sup>c</sup>
Aluminum, magnesium, steel, brass and bronze, titanium and high-temperature alloys	castings and welds	cold shuts, porosity, lack of fusion, cracks (all forms)	5	10
	wrought materials—extrusions, forgings, plate	laps, cracks (all forms)	10	10
Carbide-tipped tools		lack of fusion, porosity, cracks	5	10
Plastic	all forms	cracks	5	10
Glass	all forms	cracks	5	10
Ceramic	all forms	cracks, porosity	5	10

<sup>a</sup> For temperature range from 60° to 125°F (16° to 52°C).  
<sup>b</sup> Maximum penetrant dwell time 60 min in accordance with 7.1.4.2.  
<sup>c</sup> Development time begins as soon as wet developer coating has dried on surface of parts (recommended minimum). Maximum development time in accordance with 7.1.7.2.

(c) *Liquid Film Developers*—Apply by spraying as recommended by the manufacturer. Spray areas so as to ensure complete coverage with a thin, even film of developer.

7.1.7.2 *Developing Time*—The length of time the developer is to remain on the area prior to examination should be not less than 10 min. Developing time begins as soon as the wet (aqueous and nonaqueous) developer coating is dry (that is, the solvent carrier has evaporated to dryness). The maximum permitted developing times are 2 h for aqueous developers and 1 h for nonaqueous developers.

7.1.8 *Examination*—Perform examination of parts after the applicable development time as specified in 7.1.7.2 to allow for proper bleedout of penetrant from discontinuities onto the developer coating. It is good practice to observe the surface while applying the developer as an aid in evaluating indications.

7.1.8.1 *Visible Light Level*—Visible penetrant indications can be examined in either natural or artificial visible light. Adequate illumination is required to ensure no loss of the sensitivity of the examination. A minimum light intensity at the examination site of 100 fc (1000 lux) is recommended.

7.1.8.2 *Housekeeping*—Keep the examination area free of interfering debris. Practice good housekeeping at all times.

7.1.9 *Evaluation*—Unless otherwise agreed upon, it is normal practice to interpret and evaluate the discontinuity indication based on the size of the stain created by the developer's absorption of the penetrant (see Reference Photographs E433).

7.1.10 *Post Cleaning*—Post cleaning is necessary in those cases where residual penetrant or developer could interfere with subsequent processing or with service requirements. It is particularly important where residual penetrant examination materials might combine with other factors in service to produce corrosion. A suitable technique, such as a machine wash, vapor degreasing, solvent soak, or ultrasonic cleaning may be employed (see Test Method E165, Annex on Post Cleaning). In the case of developers, it is recommended that if post cleaning is necessary, it be carried out as promptly as possible after examination so that it does not fix on the part. (**Warning**—Developers should be removed prior to vapor degreasing. Vapor degreasing can bake developer on parts.)

## 8. Special Requirements

### 8.1 Impurities:

8.1.1 When using penetrant materials on austenitic stainless steels, titanium, nickel-base or other high-temperature alloys, the need to restrict impurities such as sulfur, halogens, and alkali metals must be considered. These impurities may cause embrittlement or corrosion, particularly at elevated temperatures. Any such evaluation should also include consideration of the form in which the impurities are present. Some penetrant materials contain significant amounts of these impurities in the form of volatile organic solvents. These normally evaporate quickly and usually do not cause problems. Other materials may contain impurities that are not volatile and may react with the part, particularly in the presence of moisture or elevated temperatures.

8.1.2 Because volatile solvents leave the tested surface quickly without reaction under normal inspection procedures,

penetrant materials are normally subjected to an evaporation procedure to remove the solvents before the materials are analyzed for impurities. The residue from this procedure is then analyzed in accordance with Test Method D129, Test Method D1552, or Test Method D129 decomposition followed by Test Methods D516, Method B (Turbidimetric Method) for sulfur. The residue may also be analyzed in accordance with Test Methods D808 or E165, Annex on Methods for Measuring Total Chlorine Content in Combustible Liquid Penetrant Materials (for halogens other than fluorine) and Test Method E165, Annex on Method for Measuring Total Fluorine Content in Combustible Liquid Penetrant Materials (for fluorine). The Annex on Determination of Anions and Cations by Ion Chromatography in Test Method E165 can be used as an alternate procedure. Alkali metals in the residue are determined by flame photometry or atomic absorption spectrophotometry.

**Note 5**—Some current standards indicate that impurity levels of sulfur and halogens exceeding 1% of any one suspect element may be considered excessive. However, this high a level may be unacceptable in some cases, so the actual maximum acceptable impurity level must be decided between supplier and user on a case by case basis.

8.2 *Elevated Temperature Examination*—Where penetrant examination is performed on parts that must be maintained at elevated temperature during examination, special materials and processing techniques may be required. Such examination requires qualification in accordance with 9.2. Manufacturer's recommendations should be observed.

## 9. Qualification and Requalification

9.1 *Personnel Qualification*—Unless otherwise specified by client/supplier agreement, all examination personnel shall be qualified/certified in accordance with a written procedure conforming to the latest edition of Recommended Practice SNT-TC-1A, ANSI/ASNT-CP-189, NAS-410, or MIL-STD-410.


9.2 *Procedure Qualification*—Qualification of procedure using conditions or times differing from those specified or for new materials may be performed by any of several methods and should be agreed upon by the contracting parties. A test piece containing one or more discontinuities of the smallest relevant size is used. The test piece may contain real or simulated discontinuities, providing it displays the characteristics of the discontinuities encountered in production examinations.

9.3 *Nondestructive Testing Agency Qualification*—If a nondestructive testing agency as described in Practice E543 is used to perform the examination, the agency shall meet the requirements of Practice E543.

9.4 *Requalification* may be required when a change or substitution is made in the type of penetrant materials or in the procedure (see 9.2).

## 10. Keywords

10.1 nondestructive testing; penetrant testing; solvent-removable method; visible liquid

 **E1220 – 10**

*ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2958, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or [service@astm.org](mailto:service@astm.org) (e-mail), or through the ASTM website ([www.astm.org](http://www.astm.org)). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the ASTM website ([www.astm.org](http://www.astm.org)/COPYRIGHT).*

## ANEXO 5

### ASME VIII Div.1 Apéndice 8.

## MANDATORY APPENDIX 8 METHODS FOR LIQUID PENETRANT EXAMINATION (PT)

NOTE: Satisfactory application of this method of examination requires special skills in the techniques involved and in interpreting the results. The requirements specified herein presume application by suitably experienced personnel.

### (15) 8-1 SCOPE

(a) This Appendix describes methods which shall be employed whenever liquid penetrant examination is specified in this Division.

(b) Article 6 of Section V shall be applied for detail requirements in methods and procedures, unless otherwise specified within this Appendix.

(c) Liquid penetrant examination shall be performed in accordance with a written procedure, certified by the Manufacturer to be in accordance with the requirements of T-150 of Section V.

(d) Documentation showing that the required examinations have been performed and that the results are acceptable shall be made available to the Inspector.

### 8-2 CERTIFICATION OF COMPETENCY OF NONDESTRUCTIVE EXAMINATION PERSONNEL

The manufacturer shall certify that each liquid penetrant examiner meets the following requirements.

(a) He has vision, with correction if necessary, to enable him to read a Jaeger Type No. 2 Standard Chart at a distance of not less than 12 in. (300 mm), and is capable of distinguishing and differentiating contrast between colors used. These requirements shall be checked annually.

(b) He is competent in the techniques of the liquid penetrant examination method for which he is certified, including making the examination and interpreting and evaluating the results, except that, where the examination method consists of more than one operation, he may be certified as being qualified only for one or more of these operations.

### 8-3 EVALUATION OF INDICATIONS

An indication of an imperfection may be larger than the imperfection that causes it; however, the size of the indication is the basis for acceptance evaluation. Only indications with major dimensions greater than  $\frac{1}{16}$  in. (1.5 mm) shall be considered relevant.

(a) A linear indication is one having a length greater than three times the width.

(b) A rounded indication is one of circular or elliptical shape with the length equal to or less than three times the width.

(c) Any questionable or doubtful indications shall be reexamined to determine whether or not they are relevant.

### 8-4 ACCEPTANCE STANDARDS

These acceptance standards shall apply unless other more restrictive standards are specified for specific materials or applications within this Division.

All surfaces to be examined shall be free of:

(a) relevant linear indications;

(b) relevant rounded indications greater than  $\frac{3}{16}$  in. (5 mm);

(c) four or more relevant rounded indications in a line separated by  $\frac{1}{16}$  in. (1.5 mm) or less (edge to edge).

### 8-5 REPAIR REQUIREMENTS

Unacceptable imperfections shall be repaired and reexamination made to assure removal or reduction to an acceptable size. Whenever an imperfection is repaired by chipping or grinding and subsequent repair by welding is not required, the excavated area shall be blended into the surrounding surface so as to avoid sharp notches, crevices, or corners. Where welding is required after repair of an imperfection, the area shall be cleaned and welding performed in accordance with a qualified welding procedure.

(a) *Treatment of Indications Believed Nonrelevant.* Any indication which is believed to be nonrelevant shall be regarded as an imperfection unless it is shown by reexamination by the same method or by the use of other nondestructive methods and/or by surface conditioning that no unacceptable imperfection is present.

*(b) Examination of Areas From Which Defects Have Been Removed.* After a defect is thought to have been removed and prior to making weld repairs, the area shall be examined by suitable methods to ensure it has been removed or reduced to an acceptably sized imperfection.

*(c) Reexamination of Repair Areas.* After repairs have been made, the repaired area shall be blended into the surrounding surface so as to avoid sharp notches,

crevices, or corners and reexamined by the liquid penetrant method and by all other methods of examination that were originally required for the affected area, except that, when the depth of repair is less than the radiographic sensitivity required, reradiography may be omitted.