



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AUTOMOTRIZ**

TEMA:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL DE DIAGNÓSTICO EN
BASE DE LÍQUIDOS PENETRANTES EN CULATAS Y BLOQUES DE
CILINDROS”**



AUTOR: ANDERSON FROILAN POMASQUI SINCHI

DIRECTOR: ING. CARLOS NOLASCO MAFLA YÉPEZ

Ibarra-Ecuador

2025



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003699772		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Pomasqui Sinchi Anderson Froilan		
DIRECCIÓN:	Santo Domingo de San Antonio		
EMAIL:	afpomasquis@utn.edu.ec / andersonpomasqui@outlook.com		
TELÉFONO FIJO:	2550504	TELÉFONO MÓVIL:	0993300333

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	IMPLEMENTACIÓN DE UN MANUAL DE DIAGNÓSTICO EN BASE DE LÍQUIDOS PENETRANTES EN CULATAS Y BLOQUES DE CILINDROS
AUTOR (ES):	POMASQUI SINCHI ANDERSON FROILAN
FECHA: DD/MM/AAAA	18/11/2025
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. CARLOS NOLASCO MAFLA YÉPEZ PhD.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 18 días del mes de noviembre de 2025

EL AUTOR:

.....
POMASQUI SINCHI ANDERSON FROILAN



CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

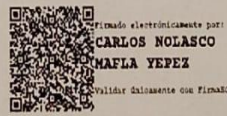
Ibarra, 17 de noviembre del 2025

Ing. Mafla Yépez Carlos Nolasco PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



(f)

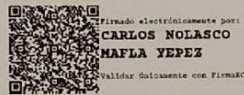
Ing. Mafla Yépez Carlos Nolasco PhD.

C.C.: 0401447826



APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular **“Implementación de un manual de diagnóstico en base de líquidos penetrantes en culatas y bloques de cilindros”** elaborado por Pomasqui Sinchi Anderson Froilan, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:



(f):

Ing. Mafla Yépez Carlos Nolasco PhD.

C.C.: 0401447826



(f):

Ing. Montenegro Simancas Víctor Javier MSc.

C.C.: 1717035149



DEDICATORIA

Dedico este trabajo primeramente a Dios, por darme la vida, fortaleza y sabiduría para seguir adelante a pesar de los desafíos que se presentan en la vida. A mis padres Ramiro Pomasqui y Cecilia Sinchi, por su amor incondicional, su sacrificio día a día a pesar de cualquier obstáculo siempre tuve el apoyo constante y por creer en mí, incluso en los momentos más difíciles. Gracias por ser mi motor y ejemplo de vida en este camino de formación lleno de felicidades y tristezas. También dedico esta tesis a mi hermana Erika Pomasqui, por su compañía, su ayuda, comprensión y por siempre creer en mis capacidades. A mi bebé Yeidelyn Pomasqui, por ser mi inspiración y motivo principal para seguir esforzándome día a día, eres y siempre serás mi angelito que Dios me mando para poder salir adelante, tu sonrisa me recuerda que todo sacrificio vale la pena. A mi esposa Selina Guiz, por su amor, su paciencia y apoyo incondicional durante este proceso, siendo mi compañera en cada reto y gracias por estar en todo momento. A mi abuelito José Miguel, por su ejemplo de esfuerzo y trabajo, perseverancia, su cariño y sus enseñanzas que me acompañan siempre, gracias por acompañarme en todo momento de mi vida y a todas las personas que confiaron en mí, que me aconsejaron a continuar cuando el camino se volvía difícil, cada palabra de ánimo y cada gesto de apoyo forman parte de este logro. A todos aquellos docentes que, con paciencia y compromiso, sembraron en mí la pasión por la ingeniería automotriz. Este logro es reflejo del esfuerzo, sacrificio y constancia de años de formación, y representa no solo una meta alcanzada, sino el inicio de un compromiso profesional con la sociedad y con el conocimiento.

Con gratitud y cariño, dedico este trabajo a todos ustedes.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a todos mis santitos por brindarme salud, fortaleza y sabiduría necesarias para superar cada reto que se presentó a lo largo de este proceso académico.

Agradezco profundamente a mis padres, Ramiro Pomasqui y Cecilia Sinchi, por su amor, su sacrificio y esfuerzo que han realizado a lo largo de mi vida, mil gracias por brindarme la oportunidad de estudiar y haber creído en mí y por ayudarme a convertirme en el profesional que hoy soy. A mi hermana Erika Pomasqui por ayudarme en los momentos cuando más necesita de igual forma a mi acompañante de vida y madre de mi hija Selina Guiz gracias por todo su apoyo brindado hacia mi persona. A mis tíos Javier Pomasqui, Luis Anrrango, David Anrrango quienes con sus consejos contribuyeron significativamente a que hoy pueda culminar esta etapa tan importante de mi vida. A mis amigos, por su apoyo incondicional, y a todos quienes, de manera directa o indirecta, aportaron con su tiempo, conocimientos o palabras de aliento para la culminación de esta etapa.

Expreso mi gratitud al PHD. Carlos Nolasco Mafla Yépez, director de este proyecto, al Ing. Víctor Montenegro, por su guía, apoyo y valiosas observaciones técnicas que permitieron el desarrollo de esta investigación.

Mi más sincero reconocimiento a la Universidad Técnica del Norte, en especial a la carrera de Ingeniería Automotriz, por proporcionar los conocimientos y herramientas necesarias para mi formación profesional.



RESUMEN

La presente investigación surge ante la necesidad de contar con métodos eficientes para detectar fisuras superficiales en componentes críticos del motor, como culatas y bloques de cilindros, los cuales suelen deteriorarse por efectos térmicos, esfuerzos mecánicos y fallas en el sistema de refrigeración, provocando pérdida de potencia y altos costos de reparación. El objetivo general fue desarrollar un manual de diagnóstico utilizando el método de líquidos penetrantes para identificar fisuras superficiales en dichos componentes, la metodología aplicada consistió en ensayos no destructivos con líquidos penetrantes, siguiendo normas técnicas como ASME SECCIÓN VIII DIVISIÓN 1 APÉNDICE 8 y ASTM E1417, sobre culatas y bloques de diferentes modelos y años, el procedimiento contempló limpieza, aplicación del penetrante, remoción del exceso, uso del revelador y evaluación visual de indicaciones. Los resultados evidenciaron fisuras en diversas ubicaciones, especialmente en áreas sometidas a altas temperaturas o esfuerzos, como los asientos de válvulas y bases planas. La mayoría de las fisuras detectadas superaban los límites establecidos por las normativas técnicas, por lo que fueron clasificadas como no aptas para reparación, mientras que otras, al estar dentro de los márgenes permisibles, fueron consideradas viables para mantenimiento correctivo. Se concluye que el uso de líquidos penetrantes permite una evaluación precisa, económica y no invasiva, siendo una alternativa viable para talleres y profesionales que requieran verificar la integridad estructural de componentes sin recurrir a técnicas destructivas o reemplazos innecesarios.

Palabras clave: líquidos penetrantes, fisuras, culatas, bloques de cilindro, ensayo no destructivo, diagnóstico automotriz.



ABSTRACT

This research arises from the need to implement efficient methods to detect surface cracks in critical engine components, such as cylinder heads and engine blocks, which tend to deteriorate due to thermal effects, mechanical stresses, and failures in the cooling system, leading to power loss and high repair costs, the main objective was to develop a diagnostic manual using the liquid penetrant testing method to identify superficial cracks in these components, the applied methodology was based on non-destructive testing with liquid penetrants, following technical standards such as ASME Section VIII, División 1, Appendix 8 and ASTM E1417, applied to heads and blocks of different models and years, the procedure included cleaning, application of the penetrant, excess removal, developer application, and visual evaluation of indications, the results revealed cracks in several locations, especially in areas exposed to high temperatures or mechanical stresses, such as valve seats and flat surfaces, most of the detected cracks exceeded the limits established by technical standards and were classified as irreparable, while others, within permissible margins, were considered suitable for corrective maintenance, it is concluded that the use of liquid penetrants enables precise, cost-effective, and non-invasive assessment, making it a viable alternative for workshops and professionals requiring structural integrity checks of components without resorting to destructive techniques or unnecessary replacements.

Keywords: liquid penetrants, cracks, cylinder heads, engine blocks, non-destructive testing, automotive diagnostics.



LISTA DE SIGLAS

LCF: Fatiga de bajo número de ciclos

HCF: Fatiga de alto número de ciclos

TMF: Fatiga Termo mecánica

DTMF: Daño por fatiga Termo mecánica

ASTM: Americana para pruebas y materiales.

ASTM E165: Práctica estándar para ensayos por líquidos penetrantes

ASTM E1417: Sociedad estadounidense de pruebas y materiales. Práctica estándar para ensayos por líquidos penetrantes (fluorescentes o colorantes visibles)

IRAM: Instituto Argentino de Normalización y certificación

CNEA: Comisión Nacional de Energía Atómica.

IRAM CNEA Y 500 1001: Requisitos para ensayos por líquidos penetrantes

ASME: Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.

IRAM CNEA Y 500 1004: Guía para la aplicación de líquidos penetrantes fluorescentes

IRAM ISO 12706: Terminología sobre líquidos penetrantes

ASME B31.1: Código de tuberías de potencia (alta presión y temperatura)

G- alsmom: Aleación de aluminio fundido con silicio y manganeso

Sut: Límite último de tracción, resistencia máxima a la tracción

M/m: Indicar una variante mecánica o metalúrgica: mecánicamente mejorada o material modificado.

Al: Aluminio

Si: Silicio



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Mg: Magnesio

CAD: Diseño asistido por computadora

END: Ensayo no destructivo

AWS: Sociedad Americana de Soldadura

API: Instituto Americano del Petróleo

ASNT: Sociedad Americana para Ensayos No Destructivos.

IRAM: Instituto Argentino de Normalización Y Certificación

ISO: Organización Internacional de Normalización

UV: Luz ultravioleta

hPa: hectopascal

DIN: Instituto Alemán de Normalización



ÍNDICE DE CONTENIDOS

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	1
CONSTANCIAS	2
DEDICATORIA	5
AGRADECIMIENTO	6
RESUMEN	7
CAPÍTULO I	17
INTRODUCCIÓN	17
1.1 Problema de investigación.	17
1.2. Objetivos	18
1.2.1 Objetivo general	18
1.2.2 Objetivos específicos	18
1.3 Formulación del problema de investigación.	18
1.4 Justificación	19
CAPÍTULO II	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1 Antecedentes	20
2.2 Bases teóricas	24
2.2.1 La Culata del motor: definición y función	24
2.2.2 El Bloque del motor: definición y función	28
2.2.3 Tratamientos de la culata y del bloque del motor: técnicas y aplicaciones	31
2.3 Ensayos no destructivos (END)	32
2.3.1 Importancia de los ensayos no destructivos	33
2.3.2 Tipos de ensayos no destructivos	33
2.3.3 Normativa de los ensayos no destructivos END	35
2.4 Técnicas de ensayos no destructivos	37
2.4.1 Líquidos Penetrantes	37
2.4.2 Método de aplicación	37
2.4.3 Ventajas y Limitaciones.....	39
2.5 Clasificación de fisuras en culatas y bloques del motor	40



2.5.1 Causas y características de las fisuras	40
CAPÍTULO III	43
MATERIALES Y MÉTODOS	43
3.1 Materiales.....	43
3.1.1 Líquidos Penetrantes	43
3.1.2 Definición y descripción técnica de las culatas en diferentes motores	47
3.1.3 Definición y descripción técnica de los bloques en diferentes motores	49
3.2 Metodología	51
3.2.1 Uso de los Líquidos Penetrantes	51
3.2.2 Procedimiento de diagnóstico y ensayo de líquidos penetrantes en culatas y bloques del motor.....	54
3.2.3 Tipos y criterios de fisuras de acuerdo con ASME B31.1	57
3.2.4 Criterios de aceptación en ensayos de líquidos penetrantes según ASME Sección VIII División 1	60
CAPITULO IV	62
RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	62
4.1 Objetivo del procedimiento.....	62
4.2 Culatas y bloques del motor evaluados.....	63
4.2.1 Modelos y años de las culatas evaluadas	63
4.2.2 Modelos y años de los bloques evaluados	64
4.3 Limpieza preliminar de los componentes	64
4.3.1 Culatas del motor antes y después de la limpieza preliminar	65
4.3.2 Bloques del motor antes y después de la limpieza preliminar	68
4.4 Ensayo con líquidos penetrantes	72
4.4.1 Aplicación del método de líquidos penetrantes según ASTM y ASME.....	72
4.4.2 Aplicación del líquido limpiador de fisuras.....	72
4.4.3 Aplicación del líquido penetrante	78
4.4.4 Aplicación del líquido revelador.....	83
4.5 ANÁLISIS	88
4.5.1 Análisis de los resultados del diagnóstico por líquidos penetrantes en las culatas del motor	89
4.5.2 Análisis de los resultados del diagnóstico por líquidos penetrantes en los bloques del motor	98
CAPITULO V.....	104



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Conclusiones y recomendaciones	104
5.1 Conclusiones	104
5.2 Recomendaciones	106
BIBLIOGRAFÍA.....	107
ANEXOS.....	114
Anexo 1.....	114
Anexo 2.....	115
Anexo 3.....	115
Anexo 4.....	116
Anexo 5.....	116
Anexo 6.....	117
Anexo 7.....	118
Anexo 8.....	119
Anexo 9.....	120
Anexo 10.....	121
Anexo 11.....	122
Anexo 12.....	123
Anexo 13.....	124



ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Características de aleaciones de Aluminio</i>	26
Tabla 2 Tipos de END	34
<i>Tabla 3 Especificaciones Técnicas del Líquido Limpiador de Fisuras</i>	44
<i>Tabla 4 Especificaciones Técnicas del Líquido Penetrante de Fisuras</i>	45
<i>Tabla 5 Especificaciones Técnicas del Líquido Revelador de Fisuras</i>	47
<i>Tabla 6 Descripción Técnica De Las Culatas Del Motor</i>	48
<i>Tabla 7 Descripción técnica del bloque de Cilindros</i>	49
Tabla 8 Descripción de las culatas evaluadas según su modelo y año.....	63
Tabla 9 Descripción de los bloques evaluados según su modelo y año.....	64
Tabla 10 Aplicación de limpiador en las Culatas del motor	73
Tabla 11 Aplicación de limpiador en los bloques de motor.....	76
Tabla 12 Aplicación del penetrante en las culatas del motor.....	79
Tabla 13 Aplicación del penetrante en los bloques del motor	81
Tabla 14 Aplicación del Revelador en las Culatas del Motor.....	84
Tabla 15 Aplicación del Revelador en los bloques del Motor	86



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Vista de la Culata	24
Figura 2 Visualización de los componentes de la culata	25
Figura 3 Visualización Bloque de Cilindro [12].	29
Figura 4 Aplicación Líquido Penetrante [29].	38
Figura 5 Proceso de penetración líquido [29].	38
Figura 6 Resultado Obtenido [26], [29].	39
Figura 7 Diagrama Presión – Volumen [31].	40
Figura 8 Porcentajes de pérdidas de calor en el motor [43].	41
Figura 9 Limpiador de fisuras	43
Figura 10 Líquido penetrante de fisuras	45
Figura 11 Líquido revelador de fisuras	46
Figura 12 Flujograma de Procedimientos de uso de líquidos penetrantes en culatas y bloques del motor.	51
Figura 13 Proceso Aplicación Líquidos Penetrantes.	54
Figura 14 Visualización Fisura Lineal	57
Figura 15 Visualización Por falta de fusión	58
Figura 16 Visualización Porosidad	58
Figura 17 Visualización de inclusión de escoria	59
Figura 18 Ejemplo de fisura en forma de estrella	60
Figura 19 Culata del Chevrolet Camaro II, antes y después de la limpieza	65
Figura 20 Culata del Ford F - Series, antes y después de la limpieza.	66
Figura 21 Culata del Mazda, antes y después de la limpieza.	66
Figura 22 Culata del Volkswagen Amarok, antes y después de la limpieza.	67
Figura 23 Culata del Briggs Stratton 206, antes y después de la limpieza.	68
Figura 24 Bloque del Ford Escape, antes y después de la limpieza.	68
Figura 25 Bloque del Nissan Datsun 1200, antes de la limpieza.	69
Figura 26 Bloque del Nissan Datsun 1200, después de la limpieza.	69
Figura 27 Bloque del Daihatsu Charade 1000, antes y después de la limpieza.	70
Figura 28 Bloque del Briggs Stratton 206 antes y después de la limpieza.	71
Figura 29 Resultado proyectado de aplicación de Líquidos Penetrantes en el Motor Chevrolet Camaro II	89
Figura 30 Resultado proyectado de la aplicación de Líquidos Penetrantes en el Motor Ford F – Series.	91
Figura 31 Resultado proyectado de la aplicación de Líquidos Penetrantes en el Motor Mazda 6.	92
Figura 32 Resultado proyectado de la aplicación de Líquidos Penetrantes en el Segundo Cilindro del Motor Volkswagen Amarok.	94
Figura 33 Resultado proyectado de la aplicación de Líquidos Penetrantes en el Tercer Cilindro del Motor Volkswagen Amarok	95
Figura 34 Resultado proyectado de la aplicación de Líquidos Penetrantes en el Cuarto Cilindro del Motor Volkswagen	96



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Figura 35 Resultado proyectado de la aplicación de Líquidos Penetrantes en el Motor Briggs Stratton 206.	97
<i>Figura 36 Resultado Proyectado de la aplicación de Líquidos Penetrantes en el Motor Ford Escape. .</i>	<i>98</i>
<i>Figura 37 Resultado Proyectado de la aplicación de Líquidos Penetrantes en el Bloque de Motor Nissan Datsun 1200.</i>	<i>99</i>
<i>Figura 38 Resultado Proyectado de la aplicación de Líquidos Penetrantes en el Bloque de Motor Nissan Datsun 1200.</i>	<i>100</i>
<i>Figura 39 Resultado Proyectado de la aplicación de Líquidos Penetrantes en el Motor Daihatsu Charade 1000.</i>	<i>101</i>
<i>Figura 40 Resultado Proyectado de la aplicación de Líquidos Penetrantes en el Motor Briggs Stratton 206.</i>	<i>102</i>
Figura 41 Especificaciones técnicas del líquido limpiador de fisuras	114
Figura 42 Especificaciones técnicas del líquido penetrante de fisuras	115
Figura 43 Especificaciones técnicas del líquido revelador de fisuras	115
Figura 44 Criterios de aceptación según la normativa ASME B31.1	116
Figura 45 Proceso de inspección con líquidos penetrantes en culatas y bloques de cilindros	116
Figura 46 Limpieza preliminar: culatas del motor.....	117
Figura 47 Limpieza preliminar: bloques del motor.....	118
Figura 48 Aplicación del líquido limpiador de fisuras: culatas del motor	119
Figura 49 Aplicación del líquido limpiador de fisuras: bloques del motor.....	120
Figura 50 Aplicación del líquido penetrante: culatas del motor	121
Figura 51 Aplicación del líquido penetrante: bloques del motor	122
Figura 52 Aplicación del líquido revelador: culatas del motor.....	123
Figura 53 Aplicación del líquido revelador: bloques del motor	124



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Tema

Implementación de un manual de diagnóstico en base de líquidos penetrantes en culatas y bloques de cilindros.

1.1 Problema de investigación.

Los motores actualmente son las fuentes más importantes de movimiento, permitiendo el traslado de personas y sus bienes, por ende, se enfoca este proyecto en dos de los componentes principales del motor: el cabezote o culata y el bloque del motor ya que son los elementos que más sufren averías y por tanto reducen el rendimiento del motor.

En la actualidad existen casos repetitivos en donde el motor pierde potencia por posible calentamiento del motor de manera repentina en donde llega a ocasionar fisuras en partes de un motor, los casos más relevantes son en el cabezote y bloque del motor. En el balance térmico del motor, todos los componentes suelen estar en temperaturas similares mientras el motor está en funcionamiento.

Existen varios casos que no sucede esto, al encender el motor, hay una parte diminuta de fracción de la energía térmica del combustible se convierte en energía mecánica en el interior del motor. Esto puede provocar fisuras en los componentes del motor, debido a que están expuestos a variaciones bruscas de temperatura, antes, durante y después de su funcionamiento.

Los componentes pueden expandirse o reducir, respecto a lo mencionado con anterioridad a cambios de temperatura, lo que generan tensiones internas que pueden producir fisuras internas no visibles a simple vista.



Utilizando líquidos penetrantes lograremos detectar el sitio fisurado con un mantenimiento correctivo, recuperar los componentes sin pérdidas significativas.

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Desarrollar un manual de diagnóstico en base de líquidos penetrantes en culatas y bloques de cilindros para la identificación de fisuras superficiales.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar fallas comunes en culatas y bloques de cilindros que provoque fisuras.
- Documentar procedimientos de detección de fisuras en culatas y bloques utilizando líquidos penetrantes.
- Seleccionar culatas y bloques de cilindros para detección de fisuras.
- Comparación de culatas y bloques.

1.3 Formulación del problema de investigación.

En el presente trabajo de investigación tiene como fin realizar detecciones de fisuras en culatas y bloques de cilindros fisurados con ayuda de líquidos penetrantes.

Analizar las fallas comunes en culatas y bloques de cilindros que provoque fisuras. Detallar el procedimiento de detección de fisuras en culatas y bloques utilizando líquidos penetrantes.

Realizar una comparación de culatas y bloques, se realizarán tres pruebas de detecciones de fisura, las pruebas se realizarán en cinco culatas y cuatro bloques de cilindros de distintos modelos de fabricación.



1.4 Justificación

En esta investigación, se ha detectado varios casos que sufren por el rendimiento del motor de su vehículo, por ende, los elementos que se diagnostica son los que más sufren estos cambios de temperaturas bruscos y por ello llegan a fisurarse culatas y bloques del motor. En la provincia de Imbabura no existen concesionarios, talleres, que puedan verificar fisuras en las culatas o bloques, por lo cual la gran mayoría deben hacer cambios prematuros del elemento, o hay casos que lo rectifican y siguen con la misma falla, el motor pierde su potencia.

Hoy en día en la ciudad de Ibarra existen muchos casos frecuentes de estos problemas, la solución que suelen dar a los clientes es de cambiar el elemento por uno nuevo.

En la presente investigación se analizará, diagnosticará, verificará y se estudiará un método de diagnóstico factible para verificar y detectar de manera segura cual es el estado de la culata o bloque del motor gracias a las tintas penetrantes que ayuda a dar un diagnóstico fácil, seguro y analizar si existe la posibilidad de hacer un mantenimiento correctivo.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Se ha descrito que el uso de las tintas penetrantes se puede dar un dictamen eficiente en la determinación de las fisuras de manera más didáctica posible para facilitar un fácil entendimiento de todos los estudiantes de Ingeniería Automotriz, por otra parte, según los valores obtenidos podemos decir que las culatas y bloques trabajan alrededor de 25°C y 30°C temperatura ambiente, 700°C y 1000°C en la explosión[1].

Con la ayuda del análisis de normas y la utilización de métodos de pruebas no destructivas se logró amplia cantidad de información sobre test en cabezotes. Se desarrollaron y ratificaron estas pruebas no destructivas, por ende, permiten descubrir abertura por fisuras en los cabezotes y bloques. Los estudios superficiales con líquidos penetrantes conceden determinar defectos superficiales en fisuras o soldaduras de aluminio adquiriendo los mejores resultados para la localización de defectos[2].

La restauración de fisuras en bloques de motor de hierro fundido con la ayuda del método de reconstrucción en frío, facilita la formación de una unión metálica en la fisura encontrada en el área de evaluación del bloque del motor. Para proporcionar una mejor explicación de los resultados obtenidos al identificar fisuras, se utilizó el proceso de tintas penetrantes, lo cual posibilitó una detección más precisa y la reparación de las fisuras presentes en el bloque de hierro fundido.

Se crearon esquemas de procesos que se dividieron en tres etapas: la detección de fisuras, reconstrucción en frío y control de calidad, con el objetivo de optimizar el tiempo de



restauración y garantizar la eficiencia en la ejecución del trabajo[3].

Las fisuras y fallas a menudo se detectan en la culata del motor Diesel durante la prueba de fatiga de ciclo alto. Para estudiar la causa y mejorar la resistencia a la fatiga, se realizaron ensayos de tracción, observación metalográfica y análisis de fractura. Además, se aplicó el método de elementos finitos para simular la distribución de presiones y la resistencia al desgaste del cabezote.

Mientras tanto, se analizó la influencia de los factores de carga sobre la resistencia a la fatiga. La estructura fue optimizada mediante el análisis de elementos finitos. Los resultados muestran que las propiedades del material no son la causa principal del fallo de la culata. La falla por fatiga de ciclo alto de la culata se identifica por el motivo de las cargas de trabajo. Entre las causas que afectan la resistencia a la fatiga, la fuerza del gas se determinó como el factor dominante al cambiar la amplitud de la tensión, mientras que la carga térmica fue el factor secundario al cambiar la tensión media[4].

Los bloques de cilindros de aluminio fundido se utilizan con frecuencia en motores de combustión interna de gasolina y diésel debido a su ventaja de peso ligero. Sin embargo, la desventaja de las aleaciones de aluminio es su resistencia a la fatiga y resistencia a la fatiga relativamente bajas, lo que hace que los bloques de aluminio sean propensos a fisurarse por fatiga.

Los bloques de motor deben soportar una combinación de cargas térmicas de fatiga de ciclo bajo (LCF) y cargas dinámicas y de combustión de fatiga de ciclo alto (HCF). Se necesitan métodos computacionales confiables que permitan una evaluación precisa de la fatiga de los bloques de cilindros bajo esta carga combinada.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



En varias publicaciones, el modelo de daño por fatiga termo mecánica (TMF) basado en mecanismos DTMF que describe el crecimiento de fisuras de fatiga cortas se ha ampliado para incluir el efecto tanto de las cargas térmicas LCF como de las cargas HCF superpuestas. Este enfoque se aplica a la evaluación de la fatiga por vida finita de un bloque de cilindros de aluminio[5].

Este proyecto se centra en la investigación del recalentamiento y la desfiguración del cabezote, empleando ensayos con las normas ASTM, el objetivo final de este proyecto es conocer las posibles causas y averías que presentan los motores. A través de los análisis realizados, se concluyó que el recalentamiento en el cabezote se debe a una centralización del 4.15% de carbono, lo que especifica la resistencia del material.

Esta altura de dureza, junto con la falta de un nivel de flexibilidad hace que el componente mecánico sea más delicado y propenso a aberturas, resultando en una deficiente dispersión de calor en el cabezote de cilindros[6].

Las normas que rigen los ensayos no destructivos son ASTM E165, ASTM E1417, IRAM 760, IRAM CNEA Y 500 1001, IRAM CNEA Y 500 1004, IRAM ISO 12706, ASME B31.1.

Estas normas se aplican dependiendo del material y medio ambiente.

El líquido penetrante tiene las propiedades de incorporarse a fisuras y estos no se limitan solo a metales, también pueden estar en materiales cerámicos de vidrio entre otros. Los resultados que se obtuvieron al utilizar los líquidos penetrantes son que luego de aplicar el revelador, los cuales se notan marcas de la tinta penetrante lo cual se debe tomar en cuenta para someter al material a esfuerzos los cuales pueden causar daños al material[7], [8].



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Se proyectó, fabricó e implementó un campo de pruebas para comprobar aberturas en culatas de motores de combustión interna, empleando métodos hidráulicos y neumáticos. Con esto, se busca satisfacer la precisión de detección de defectos en talleres técnicos.

Se fabricaron los componentes necesarios para sellar impenetrablemente el cabezote y se fabricó una estructura que permita manipular el elemento estampado, con el objetivo de simplificar la práctica y hallar los cortes en el cabezote[9].

Las categorías de corte en un motor son diversos y de diferentes características, por lo que nos hemos enfocado únicamente en aquellas asociadas con los cabezotes del motor, asunto para el cual hemos desarrollado este conjunto de demostración práctico. En nuestra nación, la prueba de estanquidad con ayuda de métodos neumáticos e hidráulicos se realiza de manera práctico y desorganizada, lo que ha resaltado la necesidad de proyectar un equipo para perfeccionar y mecanizar de manera empírica y práctica para este propósito.

Esto colabora a favorecer y atender las necesidades de los técnicos automotrices. La imaginación y la inteligencia en el diseño y la elaboración del campo de pruebas nos han permitido abordar una necesidad técnica en el descubrimiento de imperfecciones en las culatas, que son examinadas por técnicos automotrices[9].

Se desarrolló un método para reproducir y evaluar la corrosión por fisuras localizada en uniones de componentes mecánicos, el método de prueba desarrollado fue eficaz para reproducir la corrosión por fisuras localizadas en conjuntos fabricados con cupones de aleación de aluminio y una junta de estructura compuesta unida acercándose a las condiciones reales del caso de estudio automotor pretendido[10].



2.2 Bases teóricas

2.2.1 La Culata del motor: definición y función

La culata *Figura 1* es una pieza fundamental del motor que se conecta al bloque de cilindros mediante una junta, formando una unión impermeable que previene la fuga de gases de compresión y de líquido refrigerante. Está compuesta generalmente de un bloque de metal, ya sea de hierro fundido o aleación de aluminio. La mayor presión en el ciclo del motor se produce al finalizar la combustión e iniciar la expansión, cuando el motor soporta la máxima fuerza. Este esfuerzo y la fatiga de los materiales son las principales causas de posibles fisuras en la culata[11].

Figura 1 Vista de la Culata



Fuente: Universidad Técnica del Norte, Haro Klever & Haro Darwin, visualización de la culata pieza fundamental del motor, 2017.

La función principal de la culata es contener y soportar los componentes que permiten la entrada del combustible a la cámara de combustión y la expulsión de los gases generados por la explosión de la mezcla hacia el tubo de escape. Por esta razón, la culata contiene válvulas que realizan estas tareas. Además, está equipada con dispositivos adicionales encargados de la inyección de combustible. Otros elementos presentes en la culata incluyen las bujías y los termostatos, que cumplen con sus funciones específicas. El correcto funcionamiento de la culata depende de diversos componentes móviles y fijos que deben trabajar en coordinación.



Esta pieza es crucial, ya que por ella entra la mezcla de aire y combustible y se expulsan los gases quemados [12].

2.2.1.2 Componentes principales de la culata del motor

En un motor estándar, los conductos de admisión y escape se fabrican principalmente mediante fundición de hierro o aleaciones de aluminio, lo que puede resultar en superficies irregulares y variaciones de diámetro a lo largo de su longitud. Esto puede afectar el flujo de aire o mezcla combustible entre los cilindros [11].

Figura 2 Visualización de los componentes de la culata



Fuente: Universidad Técnica del Norte, Haro Klever & Haro Darwin visualización de los componentes de la culata 2017.

Las válvulas son fundamentales para controlar el flujo de gases en el motor. La válvula de admisión garantiza un cierre hermético del conducto de entrada para maximizar la potencia, mientras que la válvula de escape maneja gases a altas temperaturas, hasta 800°C, facilitando una expulsión eficiente de los gases de combustión y contribuyendo al rendimiento del motor. Los resortes de válvulas mantienen las válvulas cerradas contra sus asientos, contrarrestando la presión del árbol de levas, que controla el momento preciso de apertura y cierre de las válvulas para asegurar el funcionamiento sincronizado del motor *Figura 2* [13].



2.2.1.3 Materiales de la culata del motor

La culata está diseñada para soportar altas temperaturas y presiones, lo que requiere una alta resistencia mecánica y gran rigidez para aguantar las presiones internas del motor. Los materiales más comúnmente utilizados para fabricar la culata son las aleaciones de aluminio y el hierro fundido, debido a sus excelentes propiedades mecánicas y de durabilidad [11].

Tabla 1 Características de aleaciones de Aluminio

MATERIAL	TIPO	CARACTERISTICAS
Aleaciones de aluminio	G-alsmom/180,240 sut M/m	No maleables, resistentes a la presión, poca dilatación.
Hierro fundido con grafito laminar	250-300 N/mm de sut	Resistente al desgaste, buena conductividad térmica

Fuente: Elaboración propia

Hierro Fundido

Las culatas de hierro fundido *Tabla 1* están compuestas por una aleación de hierro, cromo y níquel. Este material ofrece una excelente resistencia mecánica y térmica, lo que lo hace menos propenso a deformarse bajo altas temperaturas. Sin embargo, su baja conductividad térmica reduce su capacidad para disipar el calor eficientemente [15].

Entre sus características están:

- Mayor peso.
- Menor capacidad de disipación de calor.
- Mayor coeficiente de dilatación.



Aleación de Aluminio

Las culatas de aleación de aluminio como se aprecia en la *Tabla 1*, compuestas por aluminio, silicio y magnesio, son ampliamente utilizadas en la actualidad debido a su bajo peso, buena resistencia y alta conductividad térmica. Estas características permiten una evacuación eficiente del calor y ayudan a alcanzar la temperatura óptima más rápidamente. Además, su diseño robusto está preparado para soportar las elevadas presiones de compresión del motor [11].

Entre sus características están:

- Livianos.
- Mayor capacidad de disipación de calor.
- Menor su coeficiente de dilatación.

2.2.1.4 Análisis de las principales fallas en la culata del motor y sus factores asociados

Debido a las variadas condiciones a las que está expuesta, la culata puede experimentar diversas fallas comunes que afectan tanto su funcionamiento como su durabilidad. El uso de refrigerante de mala calidad o únicamente agua puede causar corrosión en las superficies de aluminio de la culata, lo que dañará su estructura y disminuirá su durabilidad. Al contrario, el uso de refrigerante de alta calidad no solo previene la corrosión, sino que también garantiza una protección eficaz a las superficies metálicas y prolonga la vida útil del motor [11] , [16].

Además de eso, el sobrecalentamiento puede originar deformaciones en la culata y ocasionar daños estructurales al motor. Si el sistema de refrigeración tiene defectos o no se mantiene adecuadamente, la culata puede sobre calentarse, lo que podría dañar su estructura y afectar negativamente el desempeño del motor a largo plazo. También, si los inyectores no están



ajustados correctamente o las mangueras se encuentran sucias, pueden producirse filtraciones de combustible en el cilindro. Esto puede ocasionar corrosión en la cámara de combustión y tener un impacto negativo en la eficiencia del motor [16], [17].

Además, es importante tener en cuenta que el exceso de apriete durante la fase de montaje también implica un riesgo considerable. No seguir las indicaciones de torque del fabricante puede resultar en daños como fisuras o rupturas en partes fundamentales, tales como el cojinete del árbol de levas o la carcasa del inyector, lo cual afectará la estabilidad y resistencia estructural del motor. Finalmente, es importante destacar que los errores cometidos durante la instalación, tales como un sellado inadecuado, pueden resultar en fugas y fallos mecánicos adicionales. Por lo tanto, se enfatiza la necesidad de llevar a cabo una instalación precisa para asegurar el funcionamiento óptimo del sistema a largo plazo [17].

2.2.2 El Bloque del motor: definición y función

El bloque del cilindro *Figura 3* es una parte fundamental del motor, a menudo llamado el "esqueleto" debido a que sostiene todos los componentes y mecanismos esenciales para su funcionamiento. Sus propiedades clave incluyen su solidez y resistencia, permitiéndole soportar las fuerzas internas generadas por las explosiones en los cilindros y las torsiones provocadas por el giro del cigüeñal [12].



Figura 3 Visualización Bloque de Cilindro [12].



Fuente: Universidad técnica de Ambato, Edison Córdova, visualización del bloque de cilindro parte fundamental del motor, 2013.

El bloque del motor no solo proporciona un soporte estructural para todos los demás componentes del motor, sino que también juega un papel crucial en la disipación del calor mediante la conducción a través de su estructura. Además, debe ser extremadamente rígido para resistir las fuerzas generadas durante el funcionamiento del motor, asegurando así su durabilidad y eficiencia operativa [11], [12].

2.2.2.1 Materiales del bloque del motor

Debido a sus excelentes propiedades mecánicas y físicas, las aleaciones de AL-Si, como el aluminio con silicio, son ampliamente empleadas en la producción de piezas para motores. Estas aleaciones presentan una mezcla especial de resistencia mecánica elevada, baja densidad, dureza, capacidad para soportar el desgaste y la fatiga, ductilidad y tenacidad. Además, poseen una alta conductividad térmica junto con una excelente resistencia a la corrosión [18].

A diferencia de las aleaciones de aluminio-silicio, los componentes hechos con fundiciones grises y hierros dúctiles se utilizan principalmente en situaciones donde se necesita mayor resistencia estructural, como en vehículos potentes que requieren mucho torque. Aunque son más densos que las aleaciones mencionadas anteriormente. Aunque estos materiales son ideales



para soportar cargas pesadas y condiciones severas gracias a su robustez significativa, es importante tener en cuenta que su uso puede resultar en un aumento del consumo de combustible debido a su mayor masa. Así que, la elección entre aleaciones ligeras y materiales más densos queda determinada por las necesidades particulares de rendimiento, eficiencia y resistencia de cada aplicación en el diseño de motores y otros sistemas mecánicos [19].

2.2.2.2 Características del Bloque del motor

Resistencia a la corrosión

La fricción con líquidos refrigerantes a altas temperaturas puede causar daños significativos al bloque del motor y a las camisas, por lo que es crucial seleccionar materiales que sean resistentes a la oxidación. Además, los líquidos refrigerantes deben contar con propiedades anticorrosivas adecuadas para proteger eficazmente todos los componentes del motor [16].

Capacidad de evacuar calor

La capacidad de evacuar calor del motor es crucial y depende del material utilizado en su fabricación, ya que determina la conductividad térmica y la efectividad del sistema de refrigeración. Esta característica no solo ayuda a prevenir la corrosión, sino también a mantener dimensiones estables y prevenir deformaciones significativas durante el funcionamiento del motor [20].

Resistencia al desgaste

La capacidad de resistencia del bloque del motor se logra mediante la cuidadosa selección de materiales y tratamientos específicos para los cilindros, complementados con un sistema eficaz de lubricación y una óptima disipación de calor. Estas medidas aseguran que el motor mantenga su integridad estructural y funcionalidad a lo largo del tiempo, enfrentando eficazmente las



demandas y condiciones variables de operación [11], [19].

Rigidez o resistencia estructural

La rigidez del bloque del motor es proporcionada por los materiales seleccionados y reforzada mediante el diseño con nervios estructurales. Esta rigidez es fundamental para soportar eficazmente dos tipos de esfuerzos principales: los generados por la combustión interna y la resistencia a los movimientos de los componentes internos del motor [19].

2.2.3 Tratamientos de la culata y del bloque del motor: técnicas y aplicaciones

Los tratamientos de la culata y bloque del motor son desarrollos que se aplican a los componentes para mejorar el rendimiento, durabilidad y eficiencia [19].

2.2.3.1 Tratamientos Térmicos

Este proceso incluye tratamientos con el temple y revenido, es utilizado para una mejor resistencia y dureza del material del bloque y culata de cilindros. El temple consiste en calentar el material a una alta temperatura y seguidamente enfriarlo para obtener una estructura cristalina más resistente. El revenido decrece la fragilidad del material después del temple por medio de un calentamiento controlado [21].

2.2.3.2 Revestimientos protectores

Establecer recubrimientos cerámicos, poliméricos o metálicos en la superficie del bloque, por ende, mejora su resistencia a la corrosión, y desgaste, también pueden ofrecer propiedades de lubricación disminuyendo la fricción y calor generado en el funcionamiento [22].

2.2.3.3 Tratamientos de superficie

El pulido y bruñido de las superficies del bloque y la culata juegan un papel crucial en mejorar la eficiencia de los anillos de pistón y la distribución de lubricación en los motores. Estos



procesos ayudan a reducir la fricción interna, optimizando así el rendimiento del motor al mejorar el sellado de los cilindros y facilitar una lubricación más efectiva [22].

2.2.3.4 Tratamientos químicos y termoquímicos

Los avances en tecnologías como el cromado duro y la nitro carburación han mejorado considerablemente la resistencia y durabilidad de los componentes mecánicos. El cromado duro proporciona una capa resistente al desgaste y a la corrosión mediante el depósito de cromo, mientras que la nitro carburación aumenta la dureza superficial y la resistencia a la fatiga y la corrosión por fricción al introducir nitrógeno y carbono en la superficie del material a altas temperaturas. Estos procesos son fundamentales para prolongar la vida útil de los componentes y mejorar la fiabilidad en aplicaciones industriales y automotrices [11], [22].

2.2.3.5 Modificaciones estructurales

Algunos procesos modernos incluyen modificaciones en el diseño del bloque y la culata para mejorar el flujo del refrigerante, aumentar la rigidez y reducir el peso, todo ello sin comprometer la resistencia estructural. Estas mejoras se logran mediante el uso de herramientas avanzadas como el diseño asistido por computadora (CAD) y simulaciones detalladas, que permiten optimizar el rendimiento y la durabilidad del motor de manera significativa [19].

2.3 Ensayos no destructivos (END)

Los ensayos no destructivos (END) son procedimientos para analizar las características y la integridad de materiales, componentes o estructuras sin ocasionar daños permanentes a ellos. Su objetivo es evaluar el estado de los materiales sin cambiar sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales y se ejecutan sin producir daños que perjudican su funcionalidad [23].



2.3.1 Importancia de los ensayos no destructivos

Se requiere que las pruebas no destructivas (END) cumplan con estándares reconocidos como ASME, ASTM, AWS y API para garantizar la calidad en la fabricación y mantenimiento de componentes industriales. Estas regulaciones garantizan la consistencia y confiabilidad de los procesos de inspección, asegurándose de cumplir con los estándares de calidad y seguridad establecidos en la industria. Un buen ejemplo sería el hecho de que las especificaciones de ASME y ASTM suministran instrucciones minuciosas acerca del procedimiento a seguir para realizar pruebas específicas con el fin de identificar posibles fallos sin perjudicar la integridad de las piezas, lo cual resulta esencial si se desea garantizar la confiabilidad [23], [24].

En lo que respecta a seguridad, resulta fundamental utilizar pruebas no destructivas para detectar posibles defectos en materiales y componentes sin ocasionar daños físicos. En entornos industriales, donde la seguridad de los trabajadores y la comunidad circundante puede verse comprometida, esto es particularmente crítico cuando se trata de la integridad estructural. Asegurarse de que el personal de inspección esté certificado según los estándares de ASNT nivel I, II y III es fundamental para garantizar su competencia en el manejo de equipos sofisticados y la aplicación de técnicas avanzadas. Esto no solo reduce los riesgos de accidentes, sino también asegura que se cumplan las normativas pertinentes [24], [25].

2.3.2 Tipos de ensayos no destructivos

Para escoger la mejor técnica para una aplicación adecuada, es necesario conocer y comprender las características, ventajas y desventajas de cada uno de ellos. Aplicabilidad de las distintas técnicas de END [17].



Tabla 2 Tipos de END

MÉTODO	TIPO DE DEFECTOS QUE DETECTA	ANALIZA:	NO SIRVE PARA:
Radiografía	Internos	Soldaduras y fundiciones	Fundiciones de espesores mayores a 400 mm
Ultrasonidos	Internos	Placas, tuberías, soldaduras y forjados	Materiales con alta atenuación
Partículas Magnéticas	Superficiales y subsuperficiales	Materiales ferromagnéticos	Materiales no magnéticos y defectos internos
Líquidos Penetrantes	Superficiales	Materiales metálicos y no metálicos	Defectos internos y materiales porosos
Corrientes Inducidas o de Eddy	Superficiales y subsuperficiales	Materiales conductores de geometría simple	Materiales con geometrías complicadas y defectos internos

Fuente [17]: Elaboración propia

El ensayo de radiación utiliza rayos X o rayos Gamma para detectar defectos internos en materiales, siendo altamente sensible y proporcionando imágenes en película que evidencian la presencia o ausencia de defectos. Sin embargo, es peligroso debido a la exposición del operador a la radiación y requiere permisos específicos para garantizar la seguridad y salud de quienes participan en el proceso. Las partículas magnéticas, por su parte, son efectivas en la detección de discontinuidades cerca de la superficie en materiales ferromagnéticos, utilizando partículas magnetizantes o sensores para identificar campos de fuga magnética. Aunque es un método simple y rápido, no puede calcular la profundidad de las heterogeneidades detectadas y



requiere limpieza previa y desmagnetización posterior de las piezas [17]. Los líquidos penetrantes son utilizados para localizar defectos superficiales como roturas o porosidades, pasando por etapas de limpieza, penetración del líquido, eliminación del exceso, revelado y observación bajo luz natural o negra como indica la *Tabla 2*. Este método es fácil de aplicar, preciso y sencillo de interpretar, pero no es adecuado para materiales demasiado porosos. Por último, las corrientes inducidas o de Eddy se emplean en la detección de defectos superficiales en objetos con geometría sencilla, siendo rápido y sensible a variaciones del material, aunque requiere probetas especiales para cada prueba. La inspección visual, en contraste, es el método más simple y rápido para la verificación superficial de materiales, permitiendo detectar defectos macroscópicos como fisuras o abultamientos utilizando anteojos o lupas [26].

2.3.3 Normativa de los ensayos no destructivos END

- El método de inspección utilizado: Elegir el más adecuado para la aplicación específica que se esté considerando porque existen varios métodos de inspección no destructiva.
- La calificación del inspector: La persona delegada de la inspección debe tener experiencia en este tipo de pruebas para poder realizar, interpretar y evaluar los resultados correctamente. Para ello debe estar acreditada para certificar sus conocimientos sobre los quipos, técnicas, materiales y procedimientos de prueba por medio de cursos teóricos y prácticos.
- Niveles de acreditación:

Nivel I: Un inspector de este nivel debe estar capacitado para realizar la calibración de equipos, realización de ensayos y evaluar los resultados que determinen si el material bajo estudio es aceptable o rechazado. Para conseguir la certificación debe estar formado por un inspector de



nivel III [27].

Nivel II: El inspector de este nivel debe estar capacitado para ajustar y calibrar el equipo, analizar y estudiar los resultados según códigos, normas y especificaciones. También debe estar preparado para redactar instrucciones escritas, organizadas y producir informes de los resultados obtenidos. Para conseguir la certificación debe haber trabajado durante un tiempo como inspector de nivel I [26], [27].

Nivel III: Es el nivel más alto y asegura la capacidad del inspector para desarrollar técnicas y procedimientos, interpretar códigos, normas y especificaciones, también seleccionar el método de ensayo adecuado para una aplicación específica. Tiene que contar con mucha práctica en tecnología de materiales y procesos de fabricación. Es responsable de la formación de los instructores nivel I y II. Para conseguir el certificado nivel III, es necesario haber pasado por los niveles I y II al menos uno o dos años [26].

Normativa

La normativa que administran los ensayos no destructivos es variada dependiendo del material a usar [28].

- ASTM E165 Método de prueba estándar para el examen de líquidos penetrantes.
- ASTM E1417 Práctica estándar para el examen de líquidos penetrantes.
- IRAM 760 Ensayos no destructivos. Acero fundido. Examen por líquidos penetrantes.
- IRAM – CNEA Y 500 1001 Ensayos no destructivos. Inspección con líquidos penetrantes.
- IRAM – CNEA Y 500 1004 Ensayos no destructivos. Líquidos penetrantes. Calificación y evaluación de los productos para el ensayo.



- IRAM – ISO 12706 Ensayos no destructivos. Terminología. Términos utilizados en el ensayo por líquidos penetrantes.
- ASME Sección VIII División 1: Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.

2.4 Técnicas de ensayos no destructivos

2.4.1 Líquidos Penetrantes

Son ensayos no destructivos que son utilizados para localizar defectos de discontinuidades superficiales en materiales sólidos no porosos que suelen generarse en el moldeo, fugas y fisuras causadas por fatiga. Su procedimiento se limita a detectar discontinuidades que estén abiertas en la superficie [29].

El líquido penetrante se emplea en ensayos no destructivos para detectar defectos en materiales, existiendo tres tipos: coloreados (visibles con luz natural o artificial blanca, como el rojo), fluorescentes (requieren luz negra o UV) y mixtos (combina características de ambos). Es crucial limpiar las superficies a inspeccionar de suciedades, aceites y otros contaminantes con disolventes o detergentes para asegurar la penetración efectiva del líquido. Además, las superficies deben estar completamente secas y dentro del rango de temperatura recomendado (4°C a 38°C) para garantizar resultados precisos y evitar evaporación prematura del penetrante durante la inspección [27] , [29].

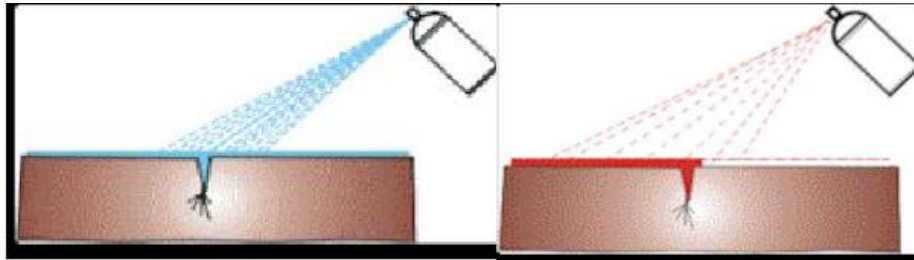
2.4.2 Método de aplicación

En el proceso de ensayo por líquidos penetrantes como se observa en la *Figura 4*, la preparación adecuada de la superficie es crucial para obtener resultados precisos y confiables. Primero, se elimina cualquier contaminante como pinturas, suciedad o óxidos utilizando métodos apropiados para asegurar que la superficie esté completamente limpia. Luego, se aplica un



limpiador sobre la superficie y se remueve con un paño limpio o papel absorbente para asegurar que no queden residuos que puedan interferir con el ensayo [29].

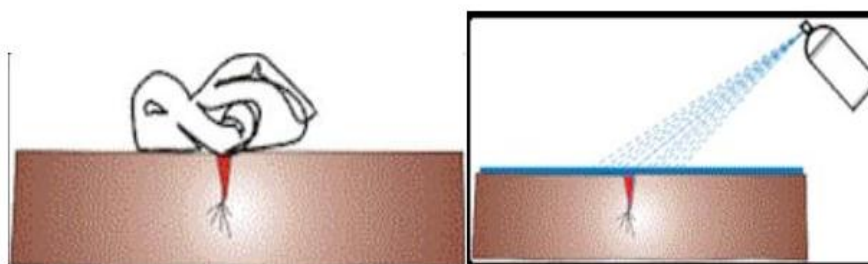
Figura 4 Aplicación Líquido Penetrante [29].



Fuente: Academia Testek, aplicaciones de líquidos penetrantes (2020).

Una vez que la superficie está preparada, se procede a la aplicación del penetrante. Se aplica una capa delgada de penetrante sobre la superficie seca, manteniendo el aerosol a una distancia adecuada para permitir una penetración efectiva. El tiempo de penetración recomendado varía de 5 a 10 minutos, durante los cuales el líquido penetrante se introduce en cualquier discontinuidad presente en la superficie.

Figura 5 Proceso de penetración líquido [29].

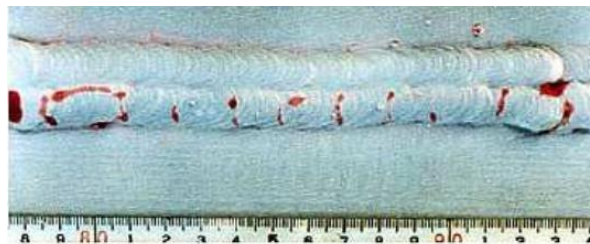


Fuente: Academia Testek, proceso de la penetración de líquidos (2020).



Después del tiempo de penetración *Figura 5*, se remueve el exceso de penetrante según el tipo utilizado. Para penetrantes no lavables con agua, se utiliza un paño limpio y seco para eliminar el exceso, repitiendo este proceso hasta que no quede penetrante visible en la superficie. En el caso de penetrantes lavables con agua, se utiliza agua a baja presión para enjuagar y eliminar el exceso de penetrante. Luego, se aplica el revelador, agitando adecuadamente el aerosol antes de aplicarlo sobre la superficie. El revelador ayuda a llevar el penetrante a la superficie y hacer visibles las marcas que indican discontinuidades o defectos. Después de un tiempo de espera de 3 a 10 minutos, la inspección se realiza bajo luz ultravioleta o luz normal, dependiendo del tipo de tinta utilizada, para verificar y evaluar los resultados obtenidos *Figura 6* [26] , [29].

Figura 6 Resultado Obtenido [26], [29].



Fuente: Academia Testek, proyección de resultados obtenidos luego de la aplicación del líquido penetrante, (2020).

2.4.3 Ventajas y Limitaciones

El ensayo por líquidos penetrantes ofrece varias ventajas significativas. Es aplicable independientemente del tamaño o la forma de la pieza, ya que puede examinar toda su superficie de manera no destructiva. Esto lo hace ideal para una amplia gama de materiales, incluso en entornos donde no hay acceso fácil a electricidad o agua, ya que no requiere equipos complejos ni costosos. Además, permite detectar discontinuidades abiertas a la superficie, proporcionando una detección confiable de defectos visibles [29] , [30].



Sin embargo, el método tiene limitaciones importantes que deben considerarse. Solo es efectivo para detectar discontinuidades que sean abiertas a la superficie, por lo que no puede identificar defectos subsuperficiales. Además, no es adecuado para materiales porosos y requiere que las superficies a ensayar estén completamente limpias y libres de contaminantes para obtener resultados precisos y consistentes. Estas limitaciones destacan la importancia de seleccionar el método de ensayo adecuado según las características específicas de la pieza y los tipos de defectos que se esperan detectar [29] , [31].

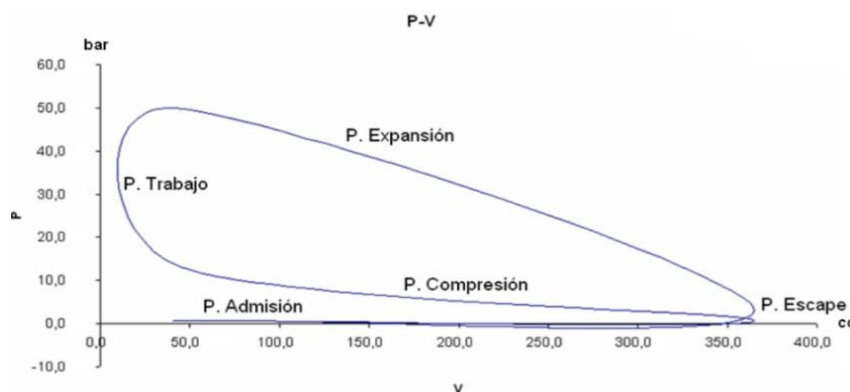
2.5 Clasificación de fisuras en culatas y bloques del motor

2.5.1 Causas y características de las fisuras

2.5.1.1 Fallas por efecto físico

Como se puede observar en la *Figura 7*, la presión más alta del ciclo ocurre al finalizar la combustión y comenzar la expansión. En este punto, el motor está sometido a la mayor fuerza, lo que puede ser una de las causas de fisuras en la culata debido al esfuerzo y la fatiga del material [21] , [26].

Figura 7 Diagrama Presión – Volumen [31].



Fuente: Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Mana, Cañizares Alexander & Choez Jainer, visualización de diagrama de presión y volumen, 2023.

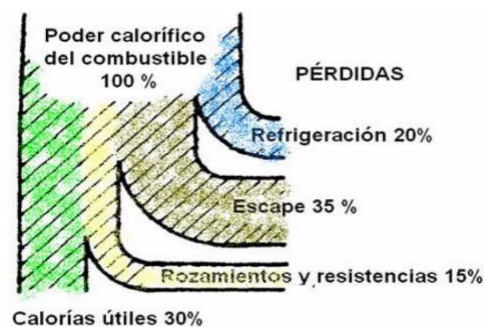


Este diagrama nos proporciona una visión teórica de los esfuerzos que constantemente afectan a los componentes del motor. Entre estos componentes se encuentra la culata en la cámara de combustión, que puede desarrollar fisuras debido al esfuerzo excesivo cuando el mecanismo opera a sobre revolución, lo que genera torqueo de pernos, orden de apriete de los pernos en la culata [30] , [31].

2.5.1.2 Fallas por efecto térmico

Solo una pequeña fracción de la energía calorífica del combustible quemado en un motor se convierte en energía mecánica utilizable para propulsar el vehículo. Esta ineficiencia puede ser una causa de fisuras, ya que gran parte del calor se concentra en el material, especialmente en la cámara de combustión donde se produce la explosión *Figura 8*. La culata, como uno de los componentes expuestos a estas altas temperaturas, es particularmente susceptible a este tipo de daño [15], [31].

Figura 8 Porcentajes de pérdidas de calor en el motor [43].



Fuente: Porcentajes proyectados de perdida de calor en el motor, Andrés Muñoz, (2021)



2.5.1.3 Fallas por elementos del sistema de refrigeración

El sistema de refrigeración de un motor automotriz es fundamental para su funcionamiento óptimo y la prevención de daños graves. El radiador, compuesto por un conjunto de tubos y aletas que permiten la disipación del calor generado por el motor, es vulnerable a fallas como la filtración de refrigerante, que puede resultar en sobrecalentamiento y afectar críticamente componentes como la culata. Además, la operación efectiva del radiador depende del ventilador, crucial para mantener el flujo de aire adecuado cuando el vehículo está detenido, asegurando así el enfriamiento continuo del motor [24] , [26].

Otro componente esencial es la bomba de agua, impulsada por el motor para circular el refrigerante a través del sistema. Su función de mantener una circulación constante es vital; un fallo en la bomba puede reducir la eficiencia del enfriamiento y eventualmente causar daños estructurales al motor debido al sobrecalentamiento. Complementariamente, el termostato regula la temperatura del refrigerante, garantizando que permanezca dentro de los niveles óptimos para el funcionamiento eficiente del motor. Si el termostato falla y se mantiene cerrado, podría provocar un aumento descontrolado de la temperatura, poniendo en riesgo la integridad del motor y su rendimiento general [22] , [32].



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Líquidos Penetrantes

3.1.1.1 Líquido limpiador de fisuras

Este líquido limpiador de excelente rendimiento *Tabla 3* ha sido creado para facilitar la identificación de fisuras, proporcionando resultados óptimos mediante una limpieza eficaz y veloz (Ambro-Sol, Pulitore Per Cricche, España)[1].

Figura 9 Limpiador de fisuras



Fuente: Ambro-Sol, Pulitore Per Cricche, España, visualización del líquido limpiador de fisuras



Tabla 3 Especificaciones Técnicas del Líquido Limpiador de Fisuras

Especificaciones Técnicas	
Cantidad	400 ml
Aspecto	Botella que contiene liquido bajo presión
Color	Sin color
Fragancia	Característico de disolvente
Densidad relativa	A 20°C 0,66 ÷ 0,70 g/ml
Punto de inflamabilidad	Inf. 0°C
Presión a 20°C	4/6 bar
Viscosidad	0,32 mPas (20°C) (base liquida)
Temperatura auto encendida	465°C (base liquida)
Densidad de vapor	2,1 (base liquida)
Tensión de vapor	240 hPa (20°C) (base liquida)

Fuente: Ambro-Sol, Pulitore Per Cricche, España, visualización del líquido limpiador de fisuras

3.1.1.2 Líquido penetrante rojo de fisuras

Esta sustancia líquida permite la visibilidad de defectos provocados por rayaduras, fallas de fusión y cavidades abiertas en las uniones soldadas, a continuación, se presenta las especificaciones técnicas del líquido *Tabla 4* (Ambro-Sol, Penetrante Rosso Per Cricche, España) [3].



Figura 10 Líquido penetrante de fisuras



Fuente: Ambro-Sol, Penetrante Rosso Per Cricche, España, visualización del líquido penetrante de fisuras

Tabla 4 Especificaciones Técnicas del Líquido Penetrante de Fisuras

Especificaciones Técnicas	
Cantidad	400 ml
Aspecto	Botella que contiene liquido bajo presión
Color	Rojo
Fragancia	Característico de disolvente
Densidad relativa	A 20°C 0,68 ÷ 0,72 g/ml
Punto de inflamabilidad	Inf. 0°C
Presión a 20°C	4/5 bar
Punto de fusión	< 30°C (método arrullo capilar) (base liquida)
Punto de ebullición	175 – 215°C (base liquida)



Temperatura de encendido	> 450°C (DIN 51794) (base líquida)
Viscosidad cinemática	Ca. 1 mm ² /s (DIN 51562) (base líquida)

Fuente: Ambro-Sol, Pulitore Per Cricche, España, visualización del líquido limpiador de fisuras

3.1.1.3 Líquido revelador blanco de fisuras

El líquido revelador blanco facilita la identificación de problemas causados por fallas en la fusión y cavidades que permanecen abiertas en las soldaduras. Este método de revisión que no causa daño facilita un control exacto de la calidad, la conformidad y la uniformidad de las superficies, seguidamente se observan en la *Tabla 5* las especificaciones técnicas (Ambro-Sol, Rivelatore Bianco Per Cricche, España)[4].

Figura 11 Líquido revelador de fisuras



Fuente: Ambro-Sol, Rivelatore bianco Per Cricche, España, visualización del líquido penetrante de fisuras



Tabla 5 Especificaciones Técnicas del Líquido Revelador de Fisuras

Especificaciones Técnicas	
Cantidad	400 ml
Aspecto	Botella que contiene liquido bajo presión
Color	Blanco
Fragancia	Característico de disolvente
Densidad relativa	A 20°C 0,73 ÷ 0,77 g/ml
Punto de inflamabilidad	Inf. 0°C
Presión a 20°C	4/5 bar
Viscosidad	0,32 mPa.s (20°C) (base liquida)
Temperatura auto encendida	465°C (base liquida)
Densidad de vapor	2,1 (base liquida)
Tensión de vapor	240 hPa (20°C) (base liquida)
Tensión de fusión	> 1000°C (residuo seco TiO ₂)

Fuente: Ambro-Sol, Pulitore Per Cricche, España, visualización del líquido limpiador de fisuras

3.1.2 Definición y descripción técnica de las culatas en diferentes motores

La culata es el elemento del motor que va montado en la parte superior del bloque y que cubre los cilindros, formando la cámara de compresión con la cabeza del pistón [5]. Está expuesta de manera continua a elevadas temperaturas y presiones. Generalmente, la culata se fabrica en hierro fundido, aunque algunas de sus partes son elaboradas con aleaciones de aluminio. A continuación, se observan la descripción de cada componente *Tabla 6*.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Tabla 6 Descripción Técnica De Las Culatas Del Motor

Descripción	Ficha técnica de la Culata
Chevrolet Camaro II 1978 – 1981	Número de cilindros: 8 Diámetro del cilindro: 101.6 mm Recorrido del cilindro: 88.39 mm Número de válvulas: 16 Escape: 8 válvulas Admisión: 8 válvulas Material: Hierro fundido Cilindrada del motor: 5.7 Litros
Ford F- Series 1977 – 1979	Cilindrada real: 6555 cm ³ Número de cilindros: 8 Número de válvulas por cilindro: 2 Número de válvulas: 16 Escape: 8 válvulas Admisión: 8 válvulas Material: Hierro fundido Diámetro del cilindro: 104.9 mm Recorrido del cilindro: 95.3 mm
Mazda 6 2008	Cilindrada real: 1999 cm ³ Diámetro del cilindro: 87.5 mm Recorrido del cilindro: 83.1 mm Número de válvulas: 16 Escape: 2 válvulas Admisión: 2 válvulas Material: Aleación de Aluminio Número de cilindro: 4
Volkswagen Amarok 2010	Cilindrada real: 1968 cm ³ Diámetro del cilindro: 81 mm Recorrido del cilindro: 95.5 mm Número de cilindros: 4 Número de válvulas: 16 Válvulas por cilindro: 4 Admisión: 2 válvulas Escape: 2 válvulas Material: Aleación de Aluminio
Briggs Stratton 206	Diámetro del cilindro: 68 mm Recorrido del cilindro: 54 mm Cilindrada real: 206 cm ³ Número de cilindros: 1 Número de válvulas: 2



	Admisión: 1 válvulas Escape: 1 válvulas Material: Aleación de Aluminio
--	--

Fuente: Auto-Data, Catálogo automóviles, 2025

3.1.3 Definición y descripción técnica de los bloques en diferentes motores

El bloque del motor es la pieza más grande, conecta todos los componentes del motor como los cilindros, cigüeñal y pistones [6]. En el bloque es donde la combustión se transforma en energía mecánica, aprovechando la energía química del combustible que se quema en la cámara de combustión y que hace funcionar la transmisión y pone en movimiento al vehículo, se encuentra ubicado entre la culata y el depósito de aceite. A continuación, se observan la descripción de cada componte *Tabla 7*.

Tabla 7 Descripción técnica del bloque de Cilindros

Descripción	Ficha técnica del Bloque
Ford Escape 2010	Cilindrada real: 3000 cm ³ Número de válvulas: 12 Válvulas por cilindro: 4 Número de cilindros: 6 Diámetro del cilindro: 89 mm Recorrido del cilindro: 83.1 mm Material: Aleación de Aluminio
Nissan Datsun 1200 1970 – 1973	Número de cilindros: 4 Cilindrada: 1.171 cm ³ Número de válvulas: 8 Válvulas por cilindro: 2 Material: Hierro Fundido Diámetro del cilindro: 73 mm Recorrido del cilindro: 70 mm
Daihatsu Charade 1000 1970 - 1973	Número de cilindros: 3 Cilindrada: 993 cm ³ Diámetro del cilindro: 76 mm Recorrido del cilindro: 73 mm Número de válvulas: 6 Válvulas por cilindro: 2 Material: Hierro fundido



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Briggs Stratton 206	Diámetro del cilindro: 68 mm Recorrido del cilindro: 54 mm Cilindrada real: 206 cm ³ Número de cilindros: 1 Número de válvulas: 2 Admisión: 1 válvulas Escape: 1 válvulas Material: Aleación de Aluminio
---------------------	--

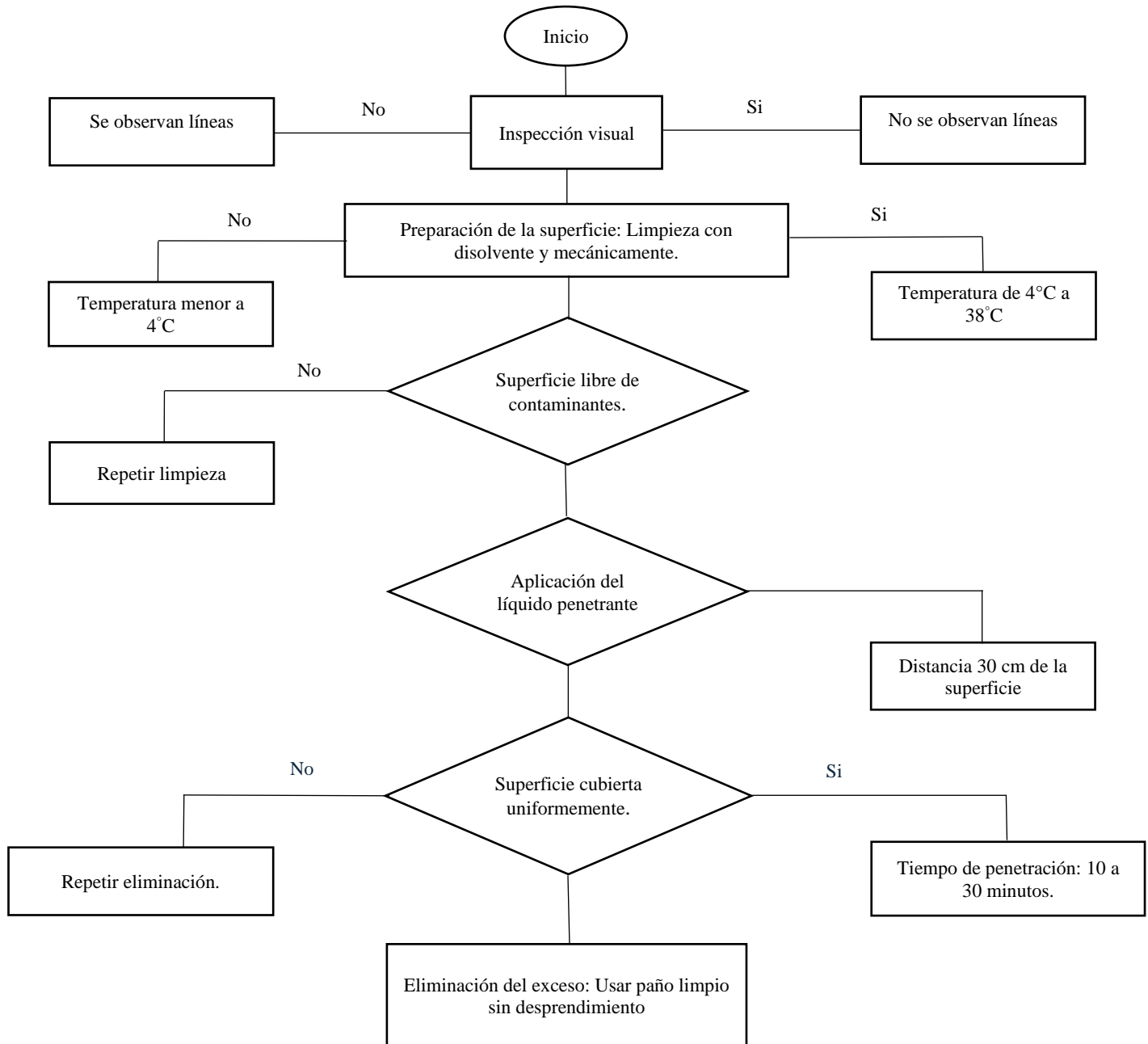
Fuente: Auto-Data, Catálogo automóviles, 2025

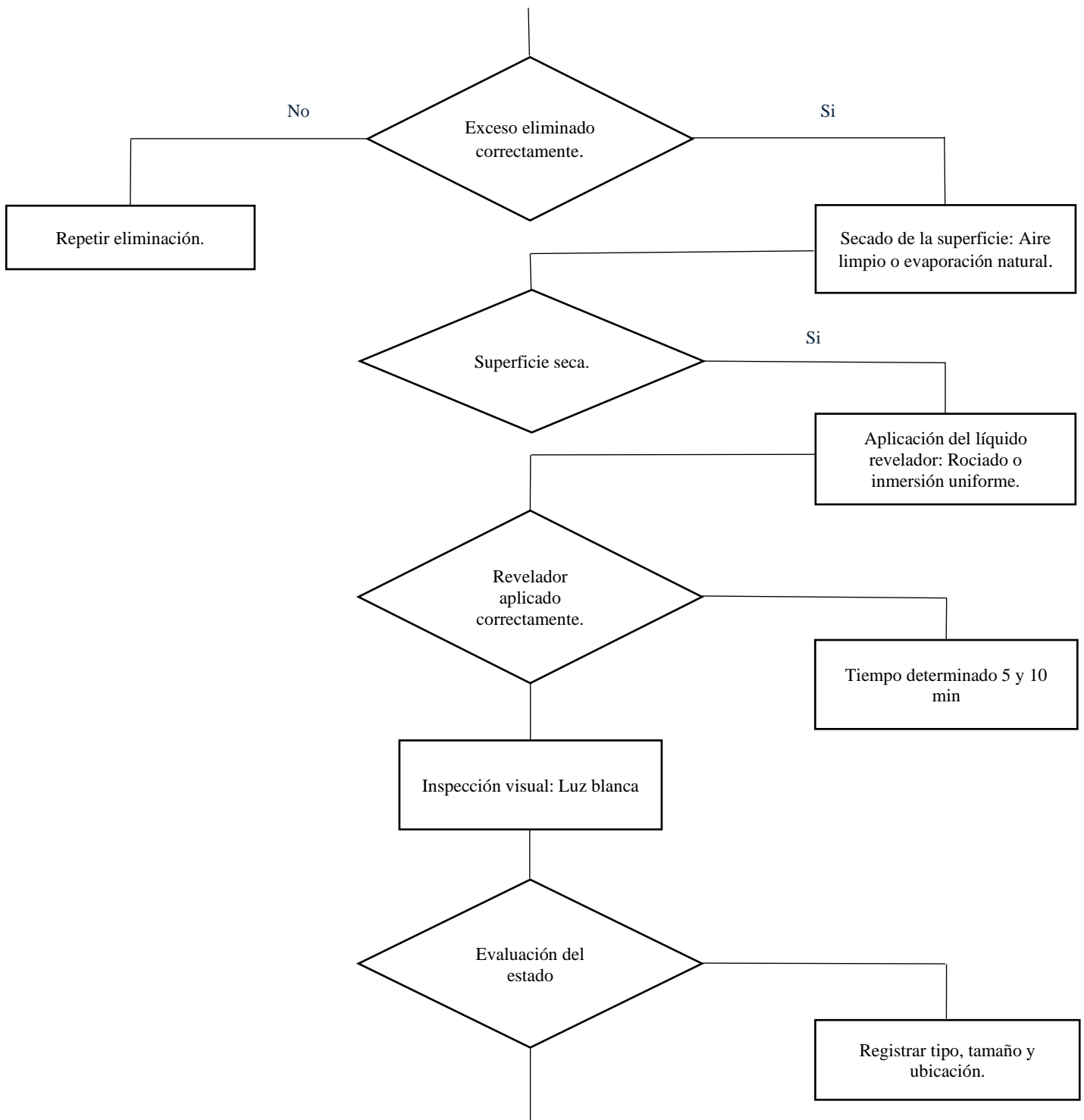


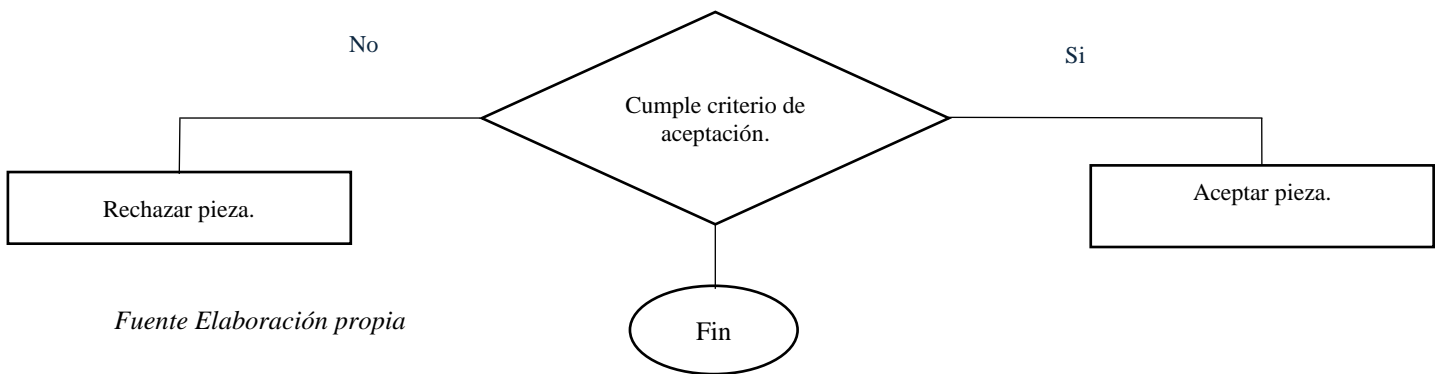
3.2 Metodología

3.2.1 Uso de los Líquidos Penetrantes

Figura 12 Flujoograma de Procedimientos de uso de líquidos penetrantes en culatas y bloques del motor.







Fuente Elaboración propia

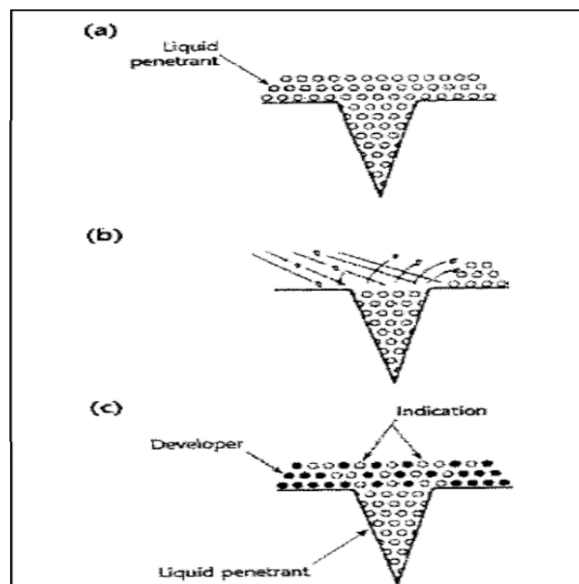
El proceso de inspección *Figura 12* con Tintas Penetrantes se realiza en los siguientes pasos:

- Para asegurar que sea eficaz, es esencial que la superficie que se va a evaluar esté totalmente limpia y seca, ya que la humedad o los contaminantes sólidos podrían entrar en las discontinuidades y afectar la exactitud de la prueba.
- La tinta que tiene la capacidad de penetrar se coloca en la superficie que se va a verificar y se deja reposar durante un periodo determinado, lo que permite que se introduzca y llene completamente los espacios vacíos de las irregularidades.
- Quitar con cuidado el sobrante de tinta penetrante del área revisada, utilizando un paño o tela absorbente que esté mojada con agua o limpiador. Es vital hacerlo de manera indirecta para no sacar la tinta que ya ha quedado en las discontinuidades.
- A continuación, se aplica un delgado manto de revelador *Figura 13* sobre la zona donde se aplicó antes la tinta penetrante, utilizando un aerosol o rociador. Este procedimiento permite que las irregularidades sean visibles, ya que el revelador capta la tinta penetrante que hay en ellas y la esparce en el área que rodea la falla. Además, el revelador crea un contraste entre el rojo de la tinta penetrante y el blanco del revelador, lo que hace más fácil identificar las indicaciones.



- Mediante una revisión visual de las huellas dejadas por la tinta que penetra en la superficie examinada, el especialista examina y explica las irregularidades para establecer si se ajustan a los estándares de aprobación o desistimiento. Para llevar a cabo esta tarea, se apoya en la normativa ASME B31.1 para las tuberías y en la norma API 650 para los tanques, que se refiere al Código ASME Sección VIII, Apéndice 8, donde se definen los criterios a seguir[7].

Figura 13 Proceso Aplicación Líquidos Penetrantes



Fuente: Ingeniería, Pablo Orellana, Características y usos de tintas penetrantes, 2009.

3.2.2 Procedimiento de diagnóstico y ensayo de líquidos penetrantes en culatas y bloques del motor

3.2.2.1 Inspección Visual

Previo a la aplicación de las tintas penetrantes, se realiza una revisión visual de la culata para identificar posibles fallas, como:



- Fisuras visibles a simple vista sin necesidad de herramientas.
- Desgaste en las áreas de contacto con la junta.
- Anomalías o deformaciones en la superficie.
- Acumulación de residuos o señales de corrosión.

3.2.2.2 Etapa de limpieza previa a la aplicación del líquido penetrante

La culata tiene que estar completamente limpia de cualquier suciedad para asegurar que el líquido logre entrar en cada fisura. Para alcanzar esto, se realizan las siguientes acciones:

- Se aplica un desengrasante apropiado para quitar grasa, aceites y restos de carbono.
- Se usa un cepillo o un trapo limpio para eliminar cualquier partícula suelta.
- Se verifica que la superficie esté totalmente seca antes de poner la tinta.

3.2.2.3 Aplicación del líquido penetrante: temperatura y técnica

El mejor rendimiento se alcanza en el intervalo de temperatura de 4 a 38°C [8]. Cuando la temperatura está por debajo de 4°C, la viscosidad del líquido que penetra incrementa, lo que disminuye su habilidad para infiltrarse por acción capilar. Por otro lado, si la temperatura excede los 49°C, el líquido podría evaporarse, lo que influye en la intensidad del color del penetrante.

Cuando la superficie esté limpia, seca y dentro del rango de temperatura sugerido, se podrá aplicar el penetrante utilizando un rociador, manteniendo una distancia de unos 30 cm de la superficie. Antes de hacer la aplicación en el área de inspección, es fundamental hacer una prueba en una zona diferente para comprobar la calidad del spray y ajustar la velocidad de aplicación. Esto asegura que la superficie reciba una cobertura uniforme. Se deja actuar durante



un tiempo determinado normalmente entre 10 y 30 minutos para que el líquido pueda entrar en posibles fisuras.

3.2.2.4 Procedimiento para retirar el exceso del penetrante

Se quitará el líquido sobrante utilizando paños o papeles absorbentes que no dejen marcas en la superficie. Primero, se intentará eliminar la mayor cantidad de penetrante y, después, se hará una limpieza más minuciosa usando paños o papeles un poco humedecidos con disolvente.

3.2.2.5 Etapa de secado en el ensayo por líquidos penetrantes

El secado necesita llevarse a cabo a temperatura ambiente, garantizando que la temperatura de la superficie no alcance más de 50°C[9].

3.2.2.6 Aplicación del líquido revelador

El revelador tiene que ser aplicado justo después de que las superficies se hayan secado. Para esto, se emplearán rociadores que garanticen que la capa sea delgada, uniforme y que permanezca húmeda en la superficie, manteniendo una distancia de aproximadamente 30 cm [9]. Durante la aplicación del revelador, se realizará una inspección visual de las superficies y se sugiere esperar entre 5 y 10 minutos, o el tiempo que indique el fabricante, para lograr una evaluación adecuada. Para observar los líquidos visibles, se aconseja utilizar luz blanca natural como una fuente de iluminación apropiada.

3.2.2.7 Evaluación del estado del componente

Buen estado: Cuando el revelador no muestra marcas ni líneas extrañas después de su uso, esto indica que la culata está libre de fisuras.

Mal estado: Si se observan líneas o manchas en las áreas donde el revelador ha capturado tinta, se confirma que hay fisuras o defectos en la superficie.



3.2.3 Tipos y criterios de fisuras de acuerdo con ASME B31.1

Según ASME B31.1, se aplican estos tipos de indicaciones:

Indicaciones lineales, por ejemplo:

Fisuras

Como se puede observar en la *Figura 14* se aprecia una fisura lineal continua que se desarrolla a lo largo del material, posee cambios de dirección en varios puntos, por ende, este tipo puede ser causados por fisuras, forjados, defectos de fabricación en la superficie. Las indicaciones lineales son aquellas que son tres veces mayores en longitud que en ancho

Figura 14 Visualización Fisura Lineal



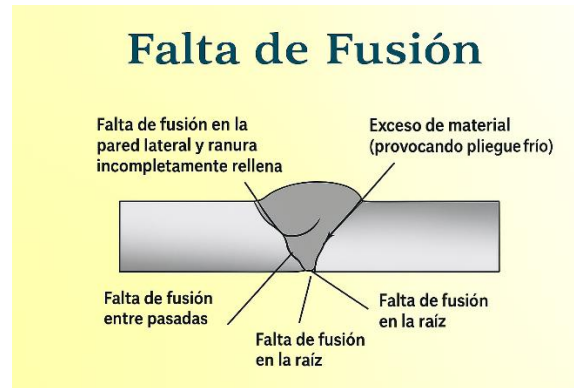
Fuente: Universidad Politécnica Salesiana, Sebastián Trujillo & Jean Serrano, Ensayo de tintas penetrantes fluorescentes para evaluar la calidad de la soldadura, 2021.

Falta de fusión

Tal como se muestra en la *Figura 15* la falta de fusión ocurre cuando la soldadura no se une o se fusiona correctamente con el metal base, puede provocar zonas debilitadas y poco fiables que tienen más probabilidad de trisarse bajo esfuerzo, una de las principales causas es si el metal base no se limpia o prepara adecuadamente antes de soldar, las impurezas como el óxido o el aceite pueden impedir que el metal de soldadura se una al metal base.



Figura 15 Visualización Por falta de fusión

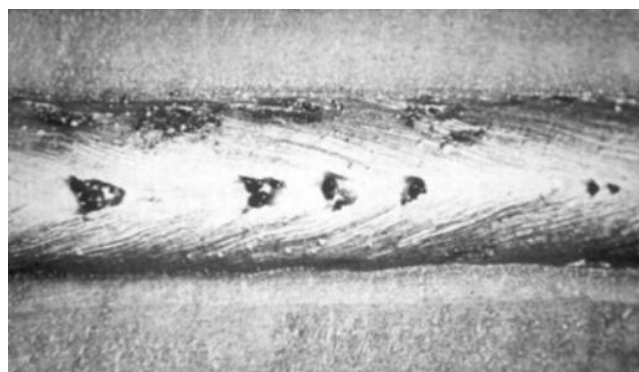


Fuente: Arccaptain artículos de soldadura, falta de fusión en soldadura causa efecto, 2024.

Porosidad

Según lo ilustrado en la *Figura 16*, se aprecia una zona de porosidad, que corresponde a un defecto ocasionado por el desprendimiento de gases en el momento de la solidificación del metal fundido y frecuentemente va unido a poros internos, esto ocurre cuando los gases atrapados no logran escapar a la superficie antes de que el material se enfríe, generando cavidades visibles y poros. Este tipo de fisura reduce la resistencia mecánica del componente.

Figura 16 Visualización Porosidad



Fuente: Metalografía-Universidad Tecnológica Pereira, Soldadura defecto logia y simbología, 2015.



Inclusión de escoria

Como se puede observar en la *Figura 17* se aprecia una fisura de inclusión de escoria, donde se define como un sólido no metálico atrapado en el metal de soldadura o material base. Esta fisura se da cuando un sólido con alto punto de fusión, un sólido denso ambos quedan atrapados dentro del cordón de soldadura durante la solidificación.

Figura 17 Visualización de inclusión de escoria



Fuente: Metalografía-Universidad Tecnológica Pereira, Soldadura defecto logia y simbología, 2015

Fisura en forma de Estrella

En el análisis mediante líquidos penetrantes, se presta especial atención a la detección de fisuras en forma de estrella (“Star Crack”) *Figura 18*, una modalidad de defecto superficial caracterizada por la presencia de varias fisuras que irradian desde un punto central, generando un patrón estrellado. Este tipo de fisuras es común en áreas sometidas a esfuerzos concentrados, como los alrededores de bancadas o zonas donde convergen tensiones térmicas y mecánicas.



Figura 18 Ejemplo de fisura en forma de estrella



Fuente: Universidad Nacional de La Plata, ejemplo de fisura en forma de estrella detectada en el bloque del motor mediante líquidos penetrantes, (2017)

3.2.4 Criterios de aceptación en ensayos de líquidos penetrantes según ASME Sección VIII División 1

En ASME Sección VIII División 1, los Criterios de Aceptación de Pruebas de Líquidos Penetrantes se dan en el Apéndice Obligatorio 8. Este apéndice cubre los requisitos para el Examen de Líquidos Penetrantes (PT) en la Cláusula 8-4.

- Sólo es necesario evaluar las indicaciones pertinentes. Las indicaciones relevantes son las que tienen un tamaño, cualquier dimensión de más de 1/16 de pulgada 1,5 mm.
- En el caso de indicaciones lineales o redondeadas combinadas, la superficie examinada debe estar libre de 4 o más indicaciones relevantes en una línea separadas por 1/16 de pulgada 1,5 mm o menos.



3.2.4.1 Criterio para indicaciones lineales:

- Cualquier indicación lineal que tenga una longitud superior a 1 pulgada 25 mm en una longitud continua total de 12 pulgadas 300 mm o el 8 % de la longitud de la soldadura, se considerará fusión incompleta (IF) y se rechazará.
- Indicaciones lineales significa la indicación que tiene una longitud de más de 3 veces su ancho.

3.2.4.2 Criterio para indicaciones redondeadas:

- Cualquier indicación redondeada que tenga un tamaño superior a 1/8 de pulgada 3 mm se considerará indicación relevante y se rechazará.
- Se rechazará la porosidad de racimo CP, agrupaciones de pequeños huecos que tenga un diámetro de más de 1/2 pulgada 13 mm. O bien, se rechazará cualquier porosidad o CP combinado que tenga una longitud superior a 1/2 pulgada 13 mm en una longitud total continua de 12 pulgadas 300 mm[10].

3.2.4.3 Criterio para indicaciones de estrella:

La normativa ASME Sección VIII División 1 establece que toda fisura en forma de estrella cuya longitud supere los 4 mm (5/32 pulgadas) debe ser rechazada, dado que compromete la integridad estructural del componente y puede derivar en fallas catastróficas durante la operación del motor.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Objetivo del procedimiento

El propósito fundamental de este procedimiento es identificar imperfecciones superficiales, como, fisuras, que puedan comprometer la integridad estructural o el funcionamiento adecuado de componentes críticos del motor, como las culatas y los bloques de cilindros. Estas imperfecciones, aunque superficiales, si no se detectan con anticipación pueden provocar fallos mecánicos graves, especialmente en zonas sometidas a altas temperaturas, presiones o esfuerzos cíclicos.

Con el propósito de evaluar la efectividad del manual de diagnóstico propuesto, se desarrollaron ensayos con líquidos penetrantes sobre una muestra diversa de motores de distintas marcas y épocas, lo cual permite verificar la adaptabilidad del procedimiento a diversos tipos de geometría, material y condiciones de uso.

Adicionalmente, al implementar esta metodología, no solo se logra un diagnóstico preciso y temprano de los defectos mencionados, sino que también se proporcionan elementos objetivos y prácticos para la toma de decisiones técnicas en talleres automotrices, facilitando así acciones oportunas de mantenimiento preventivo o correctivo. Esto se traduce en la reducción de costos operativos y mejora la vida útil de los componentes críticos del motor, garantizando una mayor confiabilidad y seguridad en el funcionamiento de los vehículos evaluados.



4.2 Culatas y bloques del motor evaluados

Las inspecciones se aplicaron a los siguientes componentes: La elección de las culatas y bloques de cilindros como elementos principales para la evaluación responde a su relevancia estructural y funcional dentro del motor. Estos componentes están sometidos a condiciones extremas de operación, como elevadas temperaturas, presión constante y ciclos repetitivos de carga térmica y mecánica, lo que los convierte en zonas críticas para la aparición de fisuras. Además, tanto la culata como el bloque actúan como base estructural para otros sistemas clave, como el sistema de combustión, refrigeración y distribución, por lo que cualquier defecto superficial, por mínimo que sea, puede originar una serie de fallas consecutivas. Los motores seleccionados representan una muestra diversa de configuraciones, materiales y años de fabricación, lo que permite comprobar la versatilidad y eficacia del método de líquidos penetrantes en contextos reales y variados. Esta selección estratégica asegura que el procedimiento de diagnóstico propuesto sea aplicable no solo en motores modernos, sino también en modelos antiguos aún presentes en el parque automotor nacional.

4.2.1 Modelos y años de las culatas evaluadas

Tabla 8 Descripción de las culatas evaluadas según su modelo y año

Modelo	Año
Chevrolet Camaro II	1978 - 1981
Ford – Series	1977 – 1979
Mazda 6	2008
Volkswagen Amarok	2010
Briggs Stratton 206	2020



4.2.2 Modelos y años de los bloques evaluados

Tabla 9 Descripción de los bloques evaluados según su modelo y año

Modelo	Año
Ford Escape	2010
Nissan Datsun 1200	1970 - 1973
Daihatsu Charade	1000
Briggs Stratton 206	2020

Los resultados obtenidos permiten establecer criterios técnicos concretos de aceptación o rechazo de los componentes inspeccionados, tomando como referencias normas internacionales. Además, los datos recolectados contribuyen a validar el uso del manual como una herramienta útil para el mantenimiento preventivo, la toma de decisiones en el reacondicionamiento de motores, y la formación técnica del personal encargado de la inspección. La identificación precisa y temprana de defecto mediante este método facilita la optimización de recursos técnicos y económicos en los talleres automotrices, ya que se evita realizar reparaciones innecesarias o tardías, asegurando intervenciones específicas y efectivas.

4.3 Limpieza preliminar de los componentes

Se realizó un proceso exhaustivo de limpieza en todos los bloques y culatas que serán sometidos a ensayos. Tras la limpieza, se procedió a una inspección visual preliminar, mediante la cual se pudo constatar que, a simple vista, no se evidencian fisuras ni daños aparentes en las superficies analizadas.

Este procedimiento inicial es indispensable para asegurar la precisión y confiabilidad del ensayo con líquidos penetrantes, ya que cualquier residuo o impureza podría interferir con la detección clara y objetiva de posibles discontinuidades superficiales.

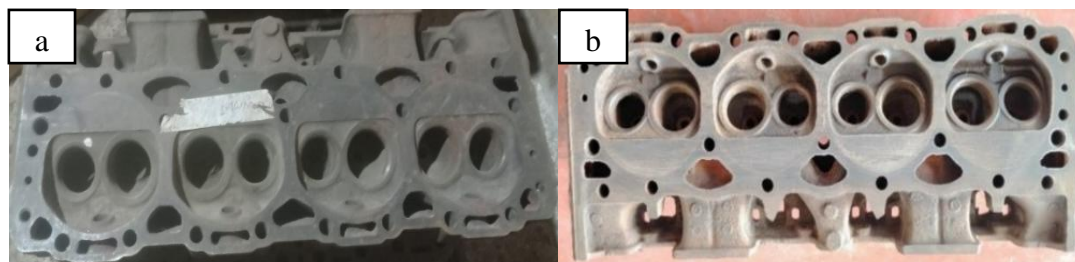


4.3.1 Culatas del motor antes y después de la limpieza preliminar

Chevrolet Camaro II

La culata del Chevrolet Camaro II, fabricada en hierro fundido, presenta un diseño robusto y resistente, característico de motores V8 de la época. Las cámaras de combustión amplias y simétricas permiten una buena circulación de gases, pero también son propensas a fisuras por fatiga térmica en zonas planas y asientos de válvulas. Como se aprecia en la *Figura 19* sección a, se visualiza acumulación de residuos y suciedad que podrían ocultar defectos superficiales. Seguidamente después de un proceso de limpieza mostrado en la *Figura 19* sección b, se verifica con mayor claridad las superficies sin residuos y suciedades asegurando una correcta inspección.

Figura 19 Culata del Chevrolet Camaro II, antes y después de la limpieza



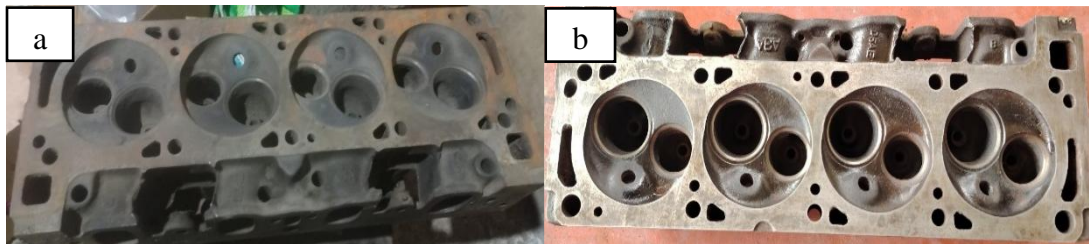
Ford F- Series

En el motor Ford F-Series, se observa una culata de gran tamaño, diseñada para soportar altos desplazamientos y un rendimiento óptico. Su estructura masiva ayuda a disipar el calor generado durante el funcionamiento del motor, aunque con el tiempo y sin mantenimiento adecuado, puede generar micro fisuras en áreas de alta presión como las cámaras de combustión. La *Figura 20* sección a se muestra la culata antes de la limpieza donde está la acumulación de residuos y suciedades por lo cual puede afectar la identificación de fisuras, así



mismo tras el proceso de limpieza ilustrado en la *Figura 20* sección b, se evidencia que no existe residuos o alguna suciedad, permitiendo visualizar con mayor claridad la superficie de la culata.

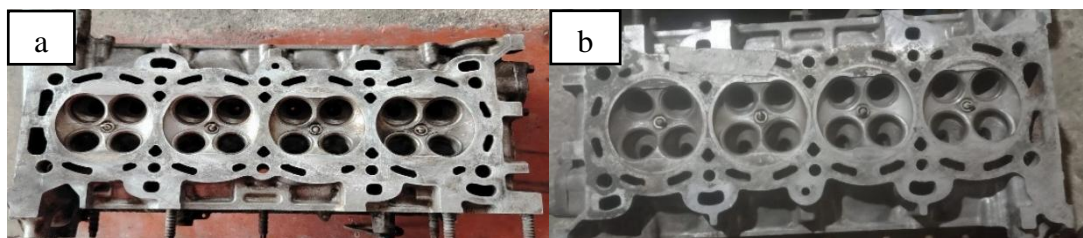
Figura 20 Culata del Ford F - Series, antes y después de la limpieza.



Mazda 6

La culata del Mazda 6 está construida en aleación de aluminio, lo que la hace más ligera y eficiente térmicamente. Sin embargo, esta ventaja también la vuelve susceptible a deformaciones y fisuras en los asientos de válvulas si no se controla la temperatura del motor con regularidad. A continuación, se muestra en la *Figura 21* sección a un antes de la limpieza de la culata con suciedades y residuos que dificultan la inspección visual. Posterior al proceso de limpieza que se visualiza en la *Figura 21* sección b, la superficie de la culata queda expuesta con mayor nitidez y sin suciedades.

Figura 21 Culata del Mazda, antes y después de la limpieza.

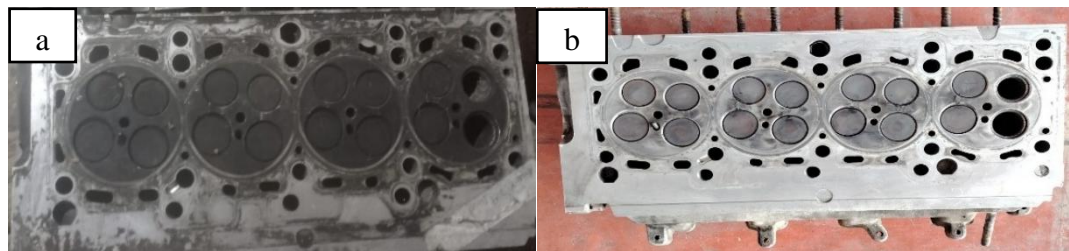




Volkswagen Amarok

El diseño de la culata del Volkswagen Amarok destaca por su geometría compacta y moderna, con múltiples válvulas por cilindro. Esta configuración mejora el rendimiento, pero también exige un sistema de refrigeración eficaz para evitar fisuras en la cámara de combustión. En la *Figura 22* sección a, la culata se aprecia con la presencia de impurezas, residuos, suciedades que dificultan la inspección visual de alguna fisura, una vez sometido al proceso de limpieza, como se observa en la *Figura 22* sección b, las impurezas, residuos, suciedades quedan totalmente despejadas.

Figura 22 Culata del Volkswagen Amarok, antes y después de la limpieza.

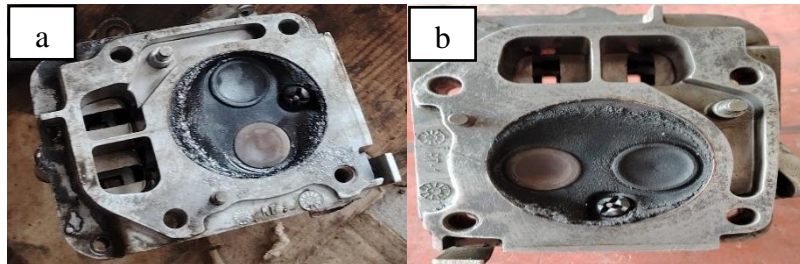


Briggs Stratton 206

La culata del motor Briggs Stratton 206, de un solo cilindro, refleja una estructura sencilla pero funcional. A pesar de su pequeño tamaño, está expuesta a concentraciones de calor que pueden generar fisuras superficiales en el área de la válvula, especialmente por sobrecarga o mantenimiento deficiente. Como se aprecia en la *Figura 23* sección a la culata posee restos de suciedad que limitan la visibilidad de posibles fisuras, tras el procedimiento de limpieza que se observa en la *Figura 23* sección b la superficie de la culata posee una superficie más limpia sin residuos, ni suciedades asegurando a realizar un ensayo correcto.



Figura 23 Culata del Briggs Stratton 206, antes y después de la limpieza.

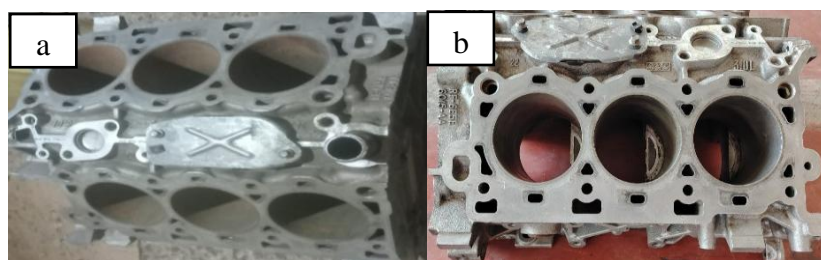


4.3.2 Bloques del motor antes y después de la limpieza preliminar

Ford Escape

El bloque del motor Ford Escape, fabricado en aleación de aluminio en las versiones más modernas y en los motores antiguos son de hierro fundido, presenta un diseño más resistente al desgaste, pero más pesados, las fallas más comunes son la ovalización de cilindros y fisuras en la superficie de unión con la culata, por ende, comprometen la compresión y rendimiento del motor. Como se aprecia en la *Figura 24* sección a, se visualiza acumulación de residuos y suciedad que podrían ocultar defectos superficiales. Seguidamente después de un proceso de limpieza mostrado en la *Figura 24* sección b, se verifica con mayor claridad las superficies sin residuos y suciedades asegurando una correcta inspección.

Figura 24 Bloque del Ford Escape, antes y después de la limpieza.





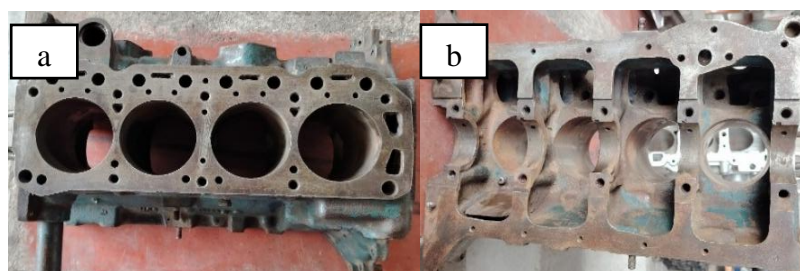
Nissan Datsun 1200

El bloque del motor Nissan Datsun 1200 está construido en hierro fundido, por ello posee alta resistencia al desgaste y a la deformación térmica, las fallas más comunes son en el desgaste de cilindros, acumulación de óxido en los conductos de refrigeración. Como se aprecia en la *Figura 25*, se visualiza acumulación de residuos y suciedad que podrían ocultar defectos superficiales. Seguidamente después de un proceso de limpieza mostrado en la *Figura 26* sección a, se verifica con mayor claridad las superficies sin residuos y suciedades asegurando una correcta inspección en la base anillo del árbol de levas, al igual en la *Figura 26* sección b se verifica su limpieza en la base de la bancada de la chaqueta del motor.

Figura 25 Bloque del Nissan Datsun 1200, antes de la limpieza.



Figura 26 Bloque del Nissan Datsun 1200, después de la limpieza

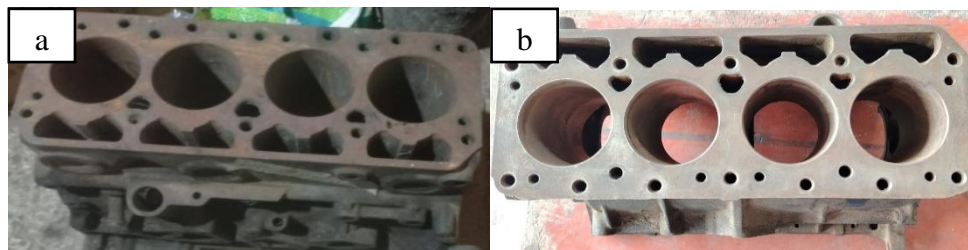




Daihatsu Charade 1000

El bloque del motor Daihatsu Charade 1000 está construido en hierro fundido, tiene un diseño compacto de tres cilindros en línea por ello posee alta resistencia estructural, su peso es superior en comparación con bloques de aluminio, las fallas más comunes son en el desgaste de cilindros. Como se aprecia en la *Figura 27* sección a, se visualiza acumulación de residuos y suciedad que podrían ocultar defectos superficiales. Seguidamente después de un proceso de limpieza mostrado en la *Figura 27* sección b, se verifica con mayor claridad las superficies sin residuos y suciedades asegurando una correcta inspección.

Figura 27 Bloque del Daihatsu Charade 1000, antes y después de la limpieza.

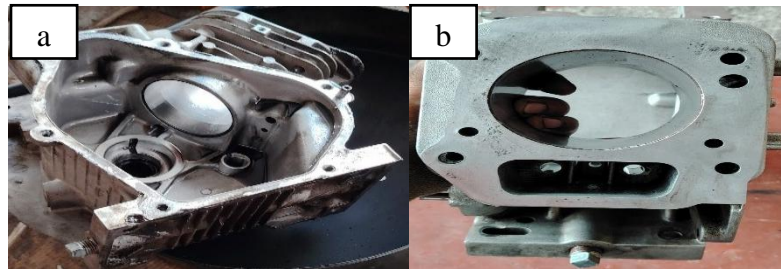


Briggs Stratton 206

El bloque del motor Briggs & Stratton 206 está fabricado en aleación de aluminio, tiene un diseño mono cilíndrico refrigerado por aire lo hace compacto y eficiente, es más propenso al desgaste en la superficie del cilindro, las fallas más comunes es la pérdida de compresión por desgaste del cilindro. Como se aprecia en la *Figura 28* sección a, se visualiza acumulación de residuos y suciedad que podrían ocultar defectos superficiales. Seguidamente después de un proceso de limpieza mostrado en la *Figura 28* sección b, se verifica con mayor claridad las superficies sin residuos y suciedades asegurando una correcta inspección.



Figura 28 Bloque del Briggs Stratton 206 antes y después de la limpieza.



Después de realizar un proceso exhaustivo de limpieza en todos los bloques de motor seleccionados el Ford Escape, Nissan Datsun 1200, Daihatsu Charade 1000 y Briggs Stratton 206, se procedió con una inspección visual inicial. En esta etapa no se evidenciaron fisuras visibles a simple vista, lo cual es habitual cuando los defectos son de tipo superficial fino o están ubicados en zonas de difícil acceso. Debido a esta limitación de la inspección visual convencional, se decidió implementar el manual de diagnóstico diseñado para este estudio, basado en ensayos no destructivos con líquidos penetrantes. Este procedimiento incluyó la aplicación secuencial de tres productos especializados: un limpiador industrial que elimina residuos de aceite, hollín y contaminantes; un líquido penetrante de color rojo, formulado para ingresar por capilaridad en micro fisuras abiertas; y finalmente, un revelador blanco que permite visualizar claramente cualquier defecto al generar un contraste marcado en la superficie inspeccionada. La combinación de estos productos permitió maximizar la sensibilidad del ensayo y detectar fisuras que de otro modo habrían pasado desapercibidas, garantizando un diagnóstico más preciso sobre la integridad estructural de los bloques evaluados.



4.4 Ensayo con líquidos penetrantes

4.4.1 Aplicación del método de líquidos penetrantes según ASTM y ASME

La aplicación secuencial de los componentes establecidos en la metodología de estudio: limpiador, penetrante y revelador permite detectar fisuras superficiales con alta precisión, incluso en zonas de difícil acceso donde la inspección visual convencional no es suficiente. Cada producto cumple un rol específico dentro del procedimiento, y su uso ordenado mejora la sensibilidad del ensayo al resaltar de forma clara las discontinuidades presentes.

Este método, además de ser económico y accesible, está respaldado por normas internacionales como la ASTM E1417 y ASME B31.1, lo que garantiza su confiabilidad. Gracias a esta técnica, los técnicos pueden obtener un diagnóstico rápido y certero sobre el estado estructural de culatas y bloques, facilitando así decisiones oportunas de reparación o reemplazo.

4.4.2 Aplicación del líquido limpiador de fisuras



Para llevar a cabo cualquier tipo de ensayo con líquidos penetrantes, es fundamental que el bloque y la culata se encuentre completamente limpia y libre de cualquier tipo de contaminante, ya sea sólido o líquido. Esto garantiza que, al aplicar el penetrante, no se generen interferencias o imperfecciones que puedan comprometer la fiabilidad del ensayo[1]. También, una buena limpieza inicial refleja la importancia del cuidado y la atención del operador en el proceso de diagnóstico, pues la precisión del resultado depende no solo del método, sino también del criterio y dedicación con los cuales se realizan estos pasos preliminares, con una temperatura ambiente 4°C – 38°C se procedió a aplicar el líquido limpiador de fisuras.






4.4.2.1 Aplicación del líquido limpiador en las culatas del motor

Una vez concluido el proceso de limpieza en las culatas, se procedió a aplicar el líquido limpiador, siguiendo lo establecido en la metodología del ensayo con líquidos penetrantes. Este proceso resulta fundamental para garantizar que la superficie quede completamente libre de grasas, aceites, suciedades, cualquier partícula que pueda interferir en la detección de fisuras. Este apartado *Tabla 10* presenta cómo se desarrolló dicha limpieza en cada modelo de culata, considerando cada área crítica quedara preparada para la posterior etapa de inspección con el líquido penetrante.

Tabla 10 Aplicación de limpiador en las Culatas del motor

a) Chevrolet Camaro II	
b) Ford F - Series	



c) Mazda 6	
d) Volkswagen Amarok	
e) Briggs Stratton 206	

La aplicación del limpiador en las culatas permitió eliminar eficazmente residuos de carbono, grasa y otros contaminantes que podrían interferir en el proceso de inspección con líquidos penetrantes. Esta etapa inicial es fundamental para garantizar la adherencia y penetración efectiva del líquido en posibles fisuras superficiales.



a) Chevrolet Camaro II

Debido a su construcción en hierro fundido y el paso del tiempo, presentaba una capa considerable de impurezas adheridas, especialmente en la cámara de combustión.

b) Ford F-Series

Se evidenció acumulación de sedimentos en las zonas planas y cerca de los asientos de válvula, por lo que la limpieza fue esencial para exponer superficies críticas.

c) Mazda 6

Al tratarse de una culata de aluminio, la limpieza se realizó con mayor cuidado para evitar abrasión, enfocándose en zonas sensibles como los puertos de admisión y escape.

d) Volkswagen Amarok

La geometría moderna y compacta de esta culata exigió una limpieza minuciosa en los alrededores de las válvulas múltiples, donde tienden a acumularse residuos por la alta temperatura.

e) Briggs Stratton 206




En este motor mono cilíndrico, el proceso de limpieza fue sencillo, pero necesario para eliminar restos de combustión en la pequeña cámara y permitir una inspección confiable.

4.4.2.2 Aplicación del líquido limpiador en los bloques del motor

La limpieza de los bloques de motor constituye el primer paso del proceso de diagnóstico. Dada la complejidad de sus formas y el nivel de suciedad acumulada, se ejecutó una limpieza cuidadosa para asegurar que las superficies estuvieran totalmente aptas para el ensayo con líquidos penetrantes. A continuación, en la *Tabla 11* se detalla su aplicación en cada uno de los bloques evaluados.



Tabla 11 Aplicación de limpiador en los bloques de motor

a) Ford Escape	
b) Nissan Datsun 1200	a)  b) 



c) Daihatsu Charade 1000	
d) Briggs Stratton 206	

En la aplicación del limpiador sobre los bloques de motor, se priorizó la eliminación total de residuos de aceite, polvo metálico y depósitos carbonosos acumulados en las superficies críticas. Esta etapa fue clave para garantizar que el líquido penetrante actúe de forma efectiva y no exista interferencia visual durante el proceso de revelado.

a) Ford Escape

Se observó acumulación de aceite quemado en la base del plano superior del bloque, especialmente en la zona de apoyo de la culata.

b) Nissan Datsun 1200

La limpieza permitió remover óxido superficial en los alrededores de la bancada y canales de refrigeración.



c) Daihatsu Charade 1000

El proceso se centró en los alrededores de las camisas y conductos, donde existían residuos adheridos por años de uso.

d) Briggs Stratton 206

Al ser un motor pequeño, la limpieza fue directa, enfocándose en el asiento del cilindro y zonas de sujeción, donde podrían esconderse fisuras finas.

4.4.3 Aplicación del líquido penetrante

El líquido penetrante es un compuesto diseñado con características específicas que incluyen una alta capacidad de fluidez y una viscosidad reducida, lo cual facilita su desplazamiento uniforme sobre el bloque o culata a examinar. Este producto se aplica sobre superficies que han sido previamente limpiadas y secadas, con el propósito de revelar defectos superficiales que se encuentren abiertos al exterior, tales como fisuras, micro fisuras, porosidades, pliegues o picaduras.

Su función esencial consiste en introducirse en las discontinuidades presentes gracias al principio físico de la capilaridad, que permite al líquido penetrar en espacios estrechos y difíciles de detectar mediante inspección visual directa. Este método destaca la sensibilidad y precisión del ensayo, pero también refleja el compromiso del técnico encargado en asegurar que cada defecto, por mínimo que sea, pueda ser claramente identificado, previniendo posibles fallas mayores y contribuyendo así a la seguridad del vehículo y sus ocupantes.




4.4.3.1 Aplicación del líquido penetrante en las culatas del motor

Con las superficies ya limpias y secas, se procedió a la aplicación del líquido penetrante sobre las culatas como se visualiza en la *Tabla 12*. Esta etapa permite que el producto se introduzca







en micro fisuras superficiales por acción capilar. El siguiente apartado describe el procedimiento en cada modelo, considerando las zonas críticas de cada culata.

Tabla 12 Aplicación del penetrante en las culatas del motor

a) Chevrolet Camaro II	
b) Ford F – Series	
c) Mazda 6	



<p>d) Volkswagen Amarok</p>	<p>a)</p>  <p>b)</p>  <p>c)</p> 
<p>e) Briggs Stratton 206</p>	




La aplicación del líquido penetrante se realizó de forma uniforme sobre cada culata, respetando el tiempo de exposición recomendado para asegurar que el compuesto ingresara adecuadamente en posibles fisuras. Este paso fue fundamental para permitir una detección precisa durante la etapa de revelado, especialmente en zonas sometidas a alta carga térmica como los asientos de válvulas y cámaras de combustión.





4.4.3.2 Aplicación del líquido penetrante en los bloques del motor

El líquido penetrante fue aplicado en cada bloque del motor con el fin de detectar fisuras no visibles a simple vista como se observa en la *Tabla 13*. Se respetaron los tiempos de exposición y las técnicas recomendadas por la normativa, enfocándose en las áreas donde es más probable la aparición de discontinuidades. A continuación, se muestran los resultados de esta aplicación por modelo.

Tabla 13 Aplicación del penetrante en los bloques del motor

a) Ford Escape	
----------------	--



<p>b) Nissan Datsun 1200</p>	<p>a)</p>  <p>b)</p> 
<p>c) Daihatsu Charade 1000</p>	
<p>d) Briggs Stratton 206</p>	



4.4.4 Aplicación del líquido revelador





El revelador es una sustancia aplicada en la etapa final del ensayo por líquidos penetrantes, una vez que se ha retirado cuidadosamente el exceso de penetrante de la superficie de la pieza inspeccionada. Su función principal es facilitar la visualización de las discontinuidades superficiales como, poros o fisuras. Este proceso se produce gracias a la acción capilar inversa, donde el revelador, al ser un material absorbente de color blanco, actúa como una especie de esponja, atrayendo y absorbiendo el líquido penetrante desde el interior de las imperfecciones hacia la superficie. De este modo, el penetrante emerge del defecto y forma indicios visibles, generalmente de color rojo sobre el fondo claro proporcionado por el revelador. Para que el revelador cumpla su función de manera eficaz, debe aplicarse de forma uniforme y en una capa delgada y continua. Una aplicación excesiva o irregular puede enmascarar los defectos o generar indicaciones falsas, comprometiendo la fiabilidad del resultado de la inspección.

4.4.4.1 Aplicación del líquido revelador en las culatas del motor




Una vez retirado el exceso de penetrante, se aplicó el revelador sobre las culatas para hacer visibles posibles fisuras superficiales *Tabla 14*. Esta sustancia permitió resaltar con claridad cualquier defecto que hubiera captado el líquido. El siguiente segmento ilustra los resultados obtenidos en cada una de las culatas inspeccionadas.



Tabla 14 Aplicación del Revelador en las Culatas del Motor

a) Chevrolet Camaro II	
b) Ford F – Series	
c) Mazda 6	
d) Volkswagen Amarok	a) 






	<p>b)</p>  <p>c)</p> 
<p>e) Briggs Stratton 206</p>	

4.4.4.2 Aplicación del líquido revelador en los bloques del motor



La aplicación del revelador en los bloques del motor constituyó la fase final del procedimiento, permitiendo identificar con claridad la existencia de fisuras superficiales como se observa en la *Tabla 15*. Esta etapa fue esencial para validar la efectividad del ensayo en cada uno de los componentes, cuyas características y resultados se detallan a continuación.



Tabla 15 Aplicación del Revelador en los bloques del Motor

<p>a) Ford Escape</p>	
<p>b) Nissan Datsun 1200</p>	<p>a)</p>  <p>b)</p> 



c) Daihatsu Charade 1000	
d) Briggs Stratton 206	

La aplicación del revelador permitió evidenciar de forma clara la presencia de fisuras superficiales que el penetrante logró resaltar. En cada uno de los bloques inspeccionados, este paso fue decisivo para visualizar indicaciones críticas, especialmente en zonas planas, bancadas y áreas de alta concentración térmica. Gracias a este procedimiento, se logró confirmar o descartar la presencia de discontinuidades con un alto grado de fiabilidad.



4.5 ANÁLISIS

Una vez realizados los ensayos correspondientes, en este segmento se presentan y analizan los resultados obtenidos durante la implementación del manual de diagnóstico basado en el método de líquidos penetrantes, aplicado específicamente en culatas y bloques de cilindros. El objetivo de este análisis es evaluar la efectividad del procedimiento propuesto para la detección de discontinuidades superficiales, fisuras, que puedan comprometer la integridad estructural de estos componentes críticos del motor. Asimismo, se analizan los tipos de defectos encontrados, su ubicación, y posibles causas.

Los hallazgos obtenidos en este estudio permiten además confirmar la importancia del diagnóstico temprano en motores sometidos a condiciones exigentes de operación, como variaciones bruscas de temperatura y altas presiones internas. El hecho de poder identificar oportunamente estas fisuras no solo evita posibles fallas mecánicas futuras, sino que también se traduce en un significativo ahorro económico al reducir la necesidad de intervenciones correctivas mayores.

Este análisis busca resaltar la relevancia del entrenamiento adecuado del personal técnico encargado de realizar estos procedimientos, pues una correcta interpretación de los resultados depende no solo de las características técnicas del método empleado, sino también del criterio profesional del operador para identificar, evaluar y tomar decisiones sobre cada defecto encontrado.



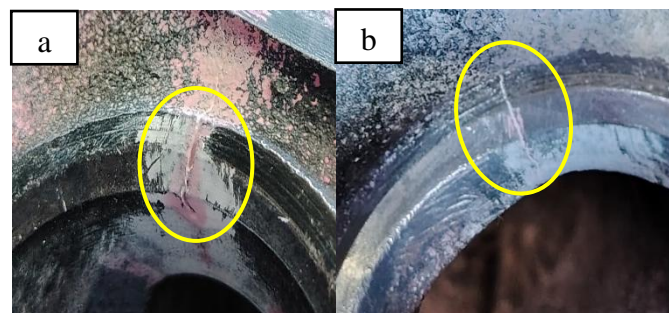
4.5.1 Análisis de los resultados del diagnóstico por líquidos penetrantes en las culatas del motor

Chevrolet Camaro II

Una vez aplicado el procedimiento descrito en la metodología de estudio basado en ensayos por líquidos penetrantes, se obtuvieron evidencias visuales concretas que confirman la presencia de discontinuidades superficiales en la culata del motor Chevrolet Camaro II. Las imágenes recolectadas durante el proceso de ensayo muestran con claridad la formación de indicaciones lineales de color rojo sobre la superficie, las cuales corresponden a fisuras localizadas en zonas críticas.

Figura 29 Resultado proyectado de aplicación de Líquidos Penetrantes en el Motor Chevrolet Camaro II

- a) Fisura vista frontal
- b) Fisura vista trasera



Como se aprecia en la *Figura 29* sección a se identifica una fisura lineal con una longitud aproximada de 11 mm, en la figura *Figura 29* sección b, se observa una segunda fisura cuya longitud es de 6 mm. Ambas discontinuidades se encuentran ubicadas en la base del asiento de las válvulas de escape, una zona crítica debido a las altas temperaturas y esfuerzos a los que está sometida durante el funcionamiento del motor.

Entre las posibles causas que originaron estas fisuras se consideran los siguientes factores:



- Fatiga térmica: generada por apagados bruscos del motor que provocan gradientes de temperatura severos.
- Fallas en el sistema de enfriamiento: fugas o niveles insuficientes de refrigerante.
- Defectos en el montaje de los asientos de válvulas.
- Problemas de combustión interna: mal ajuste del sistema de encendido, que elevan las temperaturas de operación en la cámara de combustión.

Para establecer la aceptación o rechazo de las discontinuidades detectadas, se tomaron como referencia los criterios establecidos por las normas ASTM E1417 e ISO 23277, las cuales definen límites admisibles de discontinuidades superficiales según su forma, tipo y localización. Adicionalmente, se consultaron los lineamientos técnicos generales de la normativa ASME Sección VIII División 1, especialmente el Apéndice Obligatorio 8, que regula los criterios de aceptación para indicaciones lineales detectadas mediante líquidos penetrantes.

En base a estos criterios normativos, se determinó que las fisuras encontradas superan el límite máximo permitido para fisuras lineales. La normativa establece que cualquier indicación lineal mayor a $5/32$ pulgadas equivalente a 4 mm debe ser rechazada, si exceden dicha longitud. Dado que ambas discontinuidades presentan longitudes de 11 mm y 6 mm respectivamente, la viabilidad de reparación queda descartada, considerándose las piezas inspeccionadas como no aptas para su recuperación mediante procesos convencionales.



Ford F- Series

En esta ocasión como podemos observar en la *Figura 30* se identificó una fisura redondeada, localizada en la base superior plana de la culata, correspondiente al primer cilindro del motor Ford F Series. La fisura presenta una longitud de 3 mm.

Figura 30 Resultado proyectado de la aplicación de Líquidos Penetrantes en el Motor Ford F – Series.

- a) *Fisura vista superior*
b) *Fisura vista superior desde otro ángulo*



Posibles causas:

- Fatiga térmica: cambios bruscos de temperatura, encendido y apagado del motor sin un adecuado proceso de enfriamiento.
- Fallas en el sistema de refrigeración: como la falta de refrigerante,
- Torque de apriete excesivo: aplicación incorrecta del par de apriete durante el montaje, generando tensiones residuales que pueden inducir fisuración en las áreas planas de la culata.

Con base en los criterios establecidos por la norma ASME Sección VIII División 1, se evaluó la viabilidad de aceptación de esta fisura. De acuerdo con lo establecido en la normativa correspondiente, toda indicación redondeada con una dimensión superior a 1/8 de pulgada 3 mm, se considera una indicación relevante y, por tanto, debe ser rechazada. En este caso, dado



que la fisura alcanza exactamente el límite de 3 mm, se concluye que se encuentra en la aceptación viable a una reparación.

Mazda 6

Durante el ensayo, se identificó una fisura de tipo lineal ubicada en el área correspondiente al asiento de las válvulas de escape de la culata del segundo cilindro del motor Mazda 6. La fisura presenta una longitud de 3 mm, según lo evidenciado en la *Figura 31* obtenidas durante el ensayo no destructivo.

Figura 31 Resultado proyectado de la aplicación de Líquidos Penetrantes en el Motor Mazda 6.



Posibles causas:

- Material defectuoso: el motor es sometido a altas cargas térmicas sin inspecciones preventivas.
- Fatiga térmica: cambios bruscos de temperatura, encendido y apagado del motor frecuentemente.
- Fallas en el sistema de enfriamiento: fugas, bajo nivel de refrigerante.
- Problemas de combustión interna: ajuste incorrecto del encendido, mezcla pobre.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



De acuerdo con los lineamientos estipulados por la norma ASME Sección VIII División 1, se procedió a evaluar la aceptabilidad de la fisura detectada. Según los criterios establecidos, las fisuras de tipo cráter lineal o en forma de estrella de longitud superior a 5/32 pulgadas equivalente a 4 mm deben ser rechazadas. En este caso específico, al tratarse de una fisura lineal de 3 mm de longitud, se concluye que cumple con los criterios de aceptación, siendo técnicamente viable su reparación bajo condiciones controladas. Es importante destacar que, pese a que la fisura se encuentra dentro del margen admisible según la normativa aplicable, se recomienda llevar un seguimiento periódico de este componente, ya que pequeñas discontinuidades pueden evolucionar con el tiempo debido a la exposición continua a cargas térmicas y esfuerzos mecánicos. Esta recomendación busca garantizar la integridad del motor a largo plazo y asegurar una operación segura y eficiente del vehículo.

Volkswagen Amarok

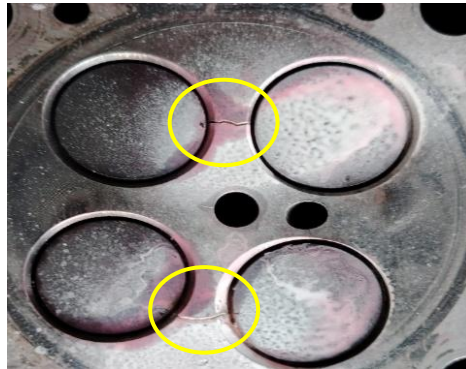
En esta ocasión como se puede observar en la *Figura 32*, *Figura 33*, *Figura 34*, se identificó varias fisuras lineales, localizadas en la cámara de combustión en la base de los asientos de las válvulas, correspondientes al segundo, tercero y cuarto cilindro del motor Volkswagen Amarok.



Segundo Cilindro

Figura 32 Resultado proyectado de la aplicación de Líquidos Penetrantes en el Segundo Cilindro del Motor Volkswagen Amarok.

- a) *Fisura superior*
- b) *Fisura inferior*



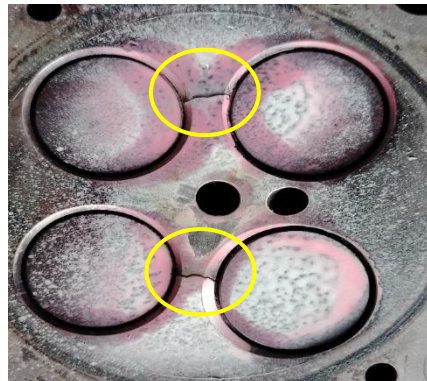
En la *Figura 32* se muestran los resultados obtenidos mediante el ensayo de líquidos penetrantes aplicado al segundo cilindro del motor Volkswagen Amarok, en este ensayo se identifica dos indicaciones principales: una fisura ubicada en la zona superior *Figura 32* sección a con una longitud de 7 mm y otra fisura en la parte inferior *Figura 32* sección b con una longitud de 10 mm, estos resultados confirman la presencia de daños estructurales localizados en la culata.



Tercer Cilindro

Figura 33 Resultado proyectado de la aplicación de Líquidos Penetrantes en el Tercer Cilindro del Motor Volkswagen Amarok

- a) Fisura superior
- b) Fisura inferior



En la *Figura 33* se presentan los resultados obtenidos mediante el ensayo de líquidos penetrantes aplicado al tercer cilindro del motor Volkswagen Amarok, en este ensayo se detectaron dos indicaciones principales: una fisura ubicada en la zona superior *Figura 33* sección a con una longitud de 8.1 mm y otra fisura en la parte inferior *Figura 33* sección b con una longitud de 8 mm, estos resultados confirman la presencia de daños estructurales localizados en la culata.



Cuarto Cilindro

Figura 34 Resultado proyectado de la aplicación de Líquidos Penetrantes en el Cuarto Cilindro del Motor Volkswagen



En la *Figura 34* se presentan los resultados obtenidos mediante el ensayo de líquidos penetrantes aplicado al cuarto cilindro del motor Volkswagen Amarak, en este ensayo se detectó una indicación principal: una fisura con una longitud de 10 mm según la evidencia visual obtenida en las imágenes del ensayo.

Posibles causas:

- Uso prolongado sin mantenimiento preventivo.
- Mala instalación en el montaje de las válvulas.
- Fallas en el sistema de refrigeración: bloqueos en los canales de refrigeración, fugas.
- Fatiga Térmica: apagamiento del motor de forma brusca.

Con base en los criterios establecidos por la norma ASME Sección VIII División 1, se evaluó la viabilidad de aceptación de estas fisuras lineales. De acuerdo con lo establecido en la normativa correspondiente, se rechazarán las fisuras de cráter lineales o fisuras en estrella que tengan una longitud superior a $5/32$ pulgadas 4 mm. En este caso, dado que las fisuras varían entre 7 y 10 mm respectivamente, la viabilidad de reparación queda descartada, considerándose las piezas inspeccionadas como no aptas para su recuperación.



Briggs Stratton 206

En el presente análisis como se puede observar en la *Figura 35* se identificó una fisura lineal, localizada en la base superficie plana de la culata, correspondiente al motor Briggs Stratton 206. La fisura presenta una longitud de 5 mm, según la evidencia visual obtenida en la imagen del ensayo.

Figura 35 Resultado proyectado de la aplicación de Líquidos Penetrantes en el Motor Briggs Stratton 206.



Posibles causas:

- Fatiga térmica: ciclos repetitivos de calentamiento.
- Sobrecalentamiento del motor.
- Fallas en el sistema de refrigeración: como la falta de refrigerante.
- Torque de apriete excesivo.
- Vibración excesiva del motor.

Con base en los criterios establecidos por la norma ASME Sección VIII División 1, se evaluó la viabilidad de aceptación de esta fisura. De acuerdo con lo establecido en la normativa correspondiente, se rechazarán las fisuras de cráter lineal o fisuras en estrella que tengan una longitud superior a $5/32$ pulgadas 4 mm. En este caso, dado que la fisura alcanza exactamente 5 mm, se concluye que se encuentra en rechazo a una reparación.



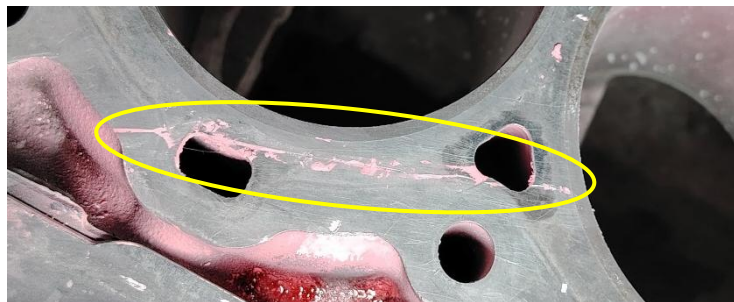
4.5.2 Análisis de los resultados del diagnóstico por líquidos penetrantes en los bloques del motor

Ford Escape

Con base en el ensayo realizado podemos verificar en la *Figura 36* una fisura lineal, localizada en la superficie plana donde asienta la culata, correspondiente al bloque del motor Ford Escape.

La fisura presenta una longitud de 75 mm, según los resultados.

Figura 36 Resultado Proyectado de la aplicación de Líquidos Penetrantes en el Motor Ford Escape.



Posibles causas:

- Fatiga térmica severa: bloque del motor sometido a altas temperaturas durante el funcionamiento.
- Bajo nivel de refrigerante.
- Presión excesiva en la cámara de combustión.
- Motor con alto kilometraje que han sufrido sobrecarga térmica.

Con base en los criterios establecidos por la norma ASME Sección VIII División 1, se evaluó la viabilidad de aceptación de esta fisura. De acuerdo con lo establecido en la normativa correspondiente cualquier indicación lineal que tenga una longitud superior a 1 pulgada 25 mm en una longitud continua total de 12 pulgadas 300 mm o el 8 % de la longitud de la soldadura,



se considerará fusión incompleta (IF) y se rechazará. En este caso, dado que la fisura alcanza exactamente 75 mm, se concluye que se encuentra en rechazo a una reparación ya que es tres veces mayor al límite establecido.

Nissan Datsun 1200

Durante esta inspección afirmamos en la *Figura 37* una fisura de forma de estrella, situada en la base de la bancada de la chaqueta del motor, correspondiente al bloque del motor Nissan Datsun 1200. La fisura presenta una longitud de 3 mm, según el ensayo realizado.

Figura 37 Resultado Proyectado de la aplicación de Líquidos Penetrantes en el Bloque de Motor Nissan Datsun 1200.



Posibles causas:

- Bajo nivel de refrigerante.
- Bomba de agua en mal estado.
- Calentamiento del motor.
- Vibraciones excesivas por desbalanceo.
- Uso de agua en lugar de refrigerante.
- Apriete desigual o exceso en la bancada.



Con base en los criterios establecidos por la norma ASME Sección VIII División 1, se evaluó la viabilidad de aceptación de esta fisura. De acuerdo con lo establecido en la normativa correspondiente se rechazarán las fisuras de cráter o fisuras en estrella que tengan una longitud superior a $5/32$ pulgadas 4 mm. En este caso específico, al tratarse de una fisura de forma de estrella de 3 mm de longitud, se concluye que cumple con los criterios de aceptación, siendo técnicamente viable su reparación bajo condiciones controladas.

En el siguiente ensayo del mismo Nissan Datsun 1200 durante esta inspección verificamos una fisura lineal en la *Figura 38*, situada en la base anillo del árbol de levas, correspondiente al bloque del motor Nissan Datsun 1200. La fisura presenta una longitud de 7 mm, según el ensayo realizado.

Figura 38 Resultado Proyectado de la aplicación de Líquidos Penetrantes en el Bloque de Motor Nissan Datsun 1200.



Posibles causas:

- El árbol de levas está sometido a esfuerzos repetitivos debido al giro continuo y a la apertura y cierre de las válvulas. Con el tiempo, estas cargas pueden generar en fisuras.
- Lubricación inadecuada.
- Mal ajuste durante el montaje del motor, torque excesivo.



- Desgaste de cojinetes del árbol de levas.

Con base en los criterios establecidos por la norma ASME Sección VIII División 1, se evaluó la viabilidad de aceptación de esta fisura. De acuerdo con lo establecido en la normativa correspondiente, se rechazarán las fisuras de cráter lineales o fisuras en estrella que tengan una longitud superior a $5/32$ pulgadas 4 mm. En este caso específico, al tratarse de una fisura lineal de 7 mm de longitud, se concluye que no cumple con los criterios de aceptación, siendo técnicamente rechazado su reparación.

Daihatsu Charade 1000

En el presente análisis como podemos observar en la *Figura 39* se identificó una fisura falta de fusión, localizada en la rotura del buje de anillo de la base del árbol de levas, correspondiente al bloque del motor Daihatsu Charade 1000. La fisura presenta una longitud de 4 mm, según la evidencia visual obtenida en la imagen del ensayo.

Figura 39 Resultado Proyectado de la aplicación de Líquidos Penetrantes en el Motor Daihatsu Charade 1000.



Posibles causas:

- Contaminación superficial: suciedad, óxidos.
- Temperatura inadecuada: Durante el proceso de unión o reparación reduce la penetración del material de aporte, provocando fisuras.



- Sobrecargas mecánicas: desalineaciones, desgaste, lubricación deficiente.
- Cambios de temperatura durante el funcionamiento del motor.

Con base en los criterios establecidos por la norma ASME Sección VIII División 1, se evaluó la viabilidad de aceptación de esta fisura. De acuerdo con lo establecido en la normativa correspondiente, cualquier indicación redondeada o falta de fusión que tenga un tamaño superior a 1/8 de pulgada 3 mm se considerará indicación relevante y se rechazará.

En este caso, dado que la fisura alcanza 4 mm, se concluye que se encuentra en rechazo a una reparación.

Briggs Stratton 206

Con base en el ensayo realizado podemos verificar en la *Figura 40* una fisura lineal, localizada en la superficie superior plana del bloque, correspondiente al bloque del motor Briggs Stratton 206. La fisura presenta una longitud de 27 mm, según los resultados.

Figura 40 Resultado Proyectado de la aplicación de Líquidos Penetrantes en el Motor Briggs Stratton 206.





Posibles causas:

- Fatiga térmica: cambios bruscos de temperatura.
- Bajo nivel de refrigerante.
- Fallas en el flujo del aire de enfriamiento.
- Falta de mantenimiento preventivo.

Con base en los criterios establecidos por la norma ASME Sección VIII División 1, se evaluó la viabilidad de aceptación de esta fisura. De acuerdo con lo establecido en la normativa correspondiente cualquier indicación lineal que tenga una longitud superior a 1 pulgada 25 mm en una longitud continua total de 12 pulgadas 300 mm o el 8 % de la longitud de la soldadura, se considerará fusión incompleta (IF) y se rechazará. En este caso, dado que la fisura alcanza exactamente 27 mm, se concluye que se encuentra en rechazo a una reparación.



CAPITULO V

Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- El procedimiento de ensayos por líquidos penetrantes, como se muestra en la *Figura 12*, asegura la detección de fisuras superficiales en los componentes evaluados mediante la limpieza e inspección visual y la aplicación de líquidos como: limpiador, penetrante y el revelador bajo condiciones específicas de temperatura de ($4^{\circ}\text{C} - 38^{\circ}\text{C}$), distancia de aplicación (30 cm), tiempo de penetración (10 – 30 min) y tiempo del revelador (5 – 10 min) lo que garantiza la exactitud en sus resultados.
- En las culatas inspeccionadas, como las de los motores Chevrolet Camaro II, Volkswagen Amarok y Briggs Stratton 206, las fisuras lineales detectadas presentaron longitudes entre 5 mm y 11 mm, superando el límite máximo de 4 mm ($5/32$ in) establecido por la norma ASME sección VIII división I, por lo que fueron clasificadas como no aptas para una reparación.
- Casos específicos como la culata del Mazda 6 se obtuvo una fisura lineal con una longitud de 3 mm y del Ford F- Series presentó una fisura redondeada con una longitud de 3 mm, ambas se encuentran dentro de los límites establecidos por la normativa vigente (4 mm fisura lineal y 3 mm fisura redondeada), por lo que son técnicamente aceptables para una reparación.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



- En los bloques donde se realizaron los ensayos, se identificaron fisuras con longitudes mucho mayores, como el Ford Escape de (75 mm) y el Briggs Stratton 206 (27mm), superando ampliamente el límite máximo 25 mm (1 in) establecido por la norma vigente, lo que determina su rechazo inmediato para una reparación.
- En el bloque del motor Nissan Datsun 1200 se obtuvieron resultados variados: una fisura en forma de estrella con una longitud de 3 mm, la cual se encuentra dentro de los límites establecidos por la normativa vigente 4 mm (5/32 in, fisura en forma de estrella) y una fisura lineal de 7 mm, que supera el límite máximo 4 mm (5/32 in) establecidos por la normativa vigente, lo que demuestra cómo diferentes zonas del mismo motor pueden tener criterios de aceptación distintos.
- En el bloque del motor Daihatsu Charade 1000 se identificó una fisura falta de fusión con una longitud de 4 mm, superando el límite máximo de 3 mm (1/8 in) establecidos por la normativa vigente para fisuras redondeadas, por lo que se considera rechazada para su reparación.
- Se concluyó que las fisuras en las culatas y bloques del motor se originan principalmente por fatiga térmica, fallas en el sistema de refrigeración, falta de mantenimiento preventivo, estos factores comprometen la integridad estructural del motor y su funcionamiento.



5.2 Recomendaciones

- Es recomendable conservar estrictamente las condiciones específicas de temperaturas ($4^{\circ}\text{C} - 38^{\circ}\text{C}$), distancia de aplicación (30 cm), tiempo de penetración (10 – 30 min) y tiempo del revelador (5 – 10 min), con el fin de garantizar la exactitud en sus resultados.
- Se sugiere implementar de manera rigurosa los criterios de aceptación definidos en la norma ASME Sección VIII, división I, aplicándolos como referencia para la clasificación de las fisuras y determinar la viabilidad de reparación o rechazo definitivo de los componentes evaluados.
- En los casos en que las fisuras excedan los límites establecidos por la normativa, se recomienda proceder con el rechazo inmediato y la sustitución del componente. Por otro lado, las fisuras que se encuentren dentro de los valores permisibles deberán ser considerados para una reparación.
- Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo principalmente en el sistema de refrigeración: radiador, bomba de agua, termostato, ductos a fin de evitar el sobrecalentamiento y fatiga térmica que afectan la integridad estructural de los componentes.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. E. Castillo Pérez, D. S. Revelo Rosero, M. E. Castillo Pérez, and D. S. Revelo Rosero, "Diseño, construcción e implementación de un banco de ensayos no destructivo para verificar fisuras de culatas de cuatro cilindros, mediante pruebas neumáticas y tintas penetrantes," 2010, Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/712>
- [2] S. E. Gómez Trujillo and J. P. Izquierdo Serrano, "Ensayo de tintas penetrantes fluorescentes para evaluar la calidad de la soldadura, en una tina utilizada para fermentar mosto de mortiño con una capacidad de 1000 lt, ubicada en la Comunidad de Quinticusig," 2021, Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20698>
- [3] "Español ASTM E1417 99 - Resumen - LÍQUIDOS PENETRANTES NIVEL I Y II 2011 Práctica Normalizada para - Studocu." Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <https://www.studocu.com/pe/document/escuela-politecnica-nacional/soldadura-de-produccion-y-mantenimiento/espanol-astm-e1417-99-rseumen/10208832>
- [4] G. Jing, Z. Lyu, Y. Liu, S. Xiao, H. Zhou, and S. Li, "Reliability study for diesel engine cylinder head through fatigue failure analysis and structural optimization," 2022. doi: 10.1016/J.ENGFAILANAL.2022.106768.
- [5] R. Hazime, A. A. Kobaissy, T. Seifert, Q. Zheng, and C. C. Chang, "Application of a Mechanism-Based Short Crack Growth Model for the Fatigue Analysis of an Engine Cylinder Block Including Low-Frequency Thermal and High-Frequency Dynamic Loading," *SAE Technical Papers*, Apr. 2023, doi: 10.4271/2023-01-0595.
- [6] H. Mediavilla, K. Germanico, H. Vaca, and D. Gabriel, "ANÁLISIS DEL SOBRECIENTAMIENTO Y DEFORMACIÓN DE LA CULATA DE CILINDROS Y JUNTA DE CULATA DE UN MOTOR HINO 205."



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available:

<https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7869/2/ART%C3%8DCULO.pdf>

- [7] “Normas Aplicadas A Los Ensayos Destructivos y No Destructivo | PDF | Dureza | Pruebas no destructivas.” Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available:

<https://es.scribd.com/document/378469271/Normas-Aplicadas-a-Los-Ensayos-Destructivos-y-No-Destructivo>

- [8] A. D. Castillo and D. M. Noroña Haro, “Estudio de la optimización de los equipos construidos en el laboratorio de ensayos no destructivos y su proyección a futuro,” 2006. Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/510>

- [9] M. E. Castillo Pérez, D. S. Revelo Rosero, M. E. Castillo Pérez, and D. S. Revelo Rosero, “Diseño, construcción e implementación de un banco de ensayos no destructivo para verificar fisuras de culatas de cuatro cilindros, mediante pruebas neumáticas y tintas penetrantes,” 2010. Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/712>

- [10] L. I. Farfan-Cabrera, G. A. Rodríguez-Bravo, J. G. Godínez-Salcedo, C. D. Resendiz-Calderon, J. S. Salgado-Svircovich, and M. Moreno-Ríos, “A crevice corrosion assessment method for joints of mechanical components sealed with composite structure gaskets – The case of the engine cylinder head/mono-block joint,” 2021. doi: 10.1016/J.ENGFAILANAL.2020.104981.

- [11] H. Vaca and D. Gabriel, “UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.” Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7869/1/04%20MAUT%20035%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

- [12] L. A. Obtención, D. T. De, I. Mecánico, E. Iván, C. Morales, and I. A. Mayorga, “UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



- TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE PREVIÓ A,” 2013. Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/d6d29042-d62d-4a23-92d1-ff1b4707fb18/content>
- [13] Á. E. Balbuca Rojas and S. A. López Vera, “Visualización de parámetros de funcionamiento de un motor de encendido provocado,” 2023. Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25702>
- [14] MENDOZA BARAJA ANA GABRIELA and OÑA COBA MISHHELL ALEJANDRA, “CARACTERIZACIÓN COMPARATIVA DE UNA ALEACIÓN DE ALUMINIO ENTRE LOS PROCESOS DE COLADO ESTÁTICO Y COLADO DINÁMICO CON VARIACIÓN DE FRECUENCIA Y AMPLITUD EN LA MESA VIBRATORIA,” ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, Quito, 2020. Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20887/1/CD%2010408.pdf>
- [15] L. F. Fiallos Zamora, “Estudio de calidad superficial y desgaste de herramientas en el proceso de rectificado plano sobre hierro fundido,” 2018. Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/27669>
- [16] Bolívar Vinicio Fiallos Zamora, “Servicio de comprobación de fisuras de motores en la Empresa Rectificadora de motores Fiallos,” UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS, Ambato - Ecuador, 2018. Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/9150e73c-d2cb-4a13-8f74-08875b10be69/content>
- [17] L. B. Sanango Tacuri and J. V. Bacuilima Brito, “Evaluación y control de cabezotes en motores de combustión interna alternativos ‘M.C.I.A’ mediante el uso de técnicas de ensayos no destructivos,” Universidad Politécnica Salesiana, 2014. Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7027>



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



- [18] J. A. Narváz Reyes, M. Á. Chamba Román, and M. F. Quito Velecela, “Estudio para la producción de bloques de motor estacionario de combustión interna de 250cc mediante molde permanente,” 2014. Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7240>
- [19] C. De and I. Automotriz, “Diseño y construcción de un prototipo de bloque de motor mono cilíndrico de 150 C.C por métodos CAD/CAM.,” ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Chimborazo, 2020. Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <http://dspace.espech.edu.ec/handle/123456789/13829>
- [20] J. P. Frías Tarupí and K. R. Guamialamá Rodríguez, “Guía de reparación de un motor electrónico diésel KIA Sorento.,” Universidad Técnica Del Norte, Ibarra, 2015. Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4927>
- [21] P. L. Caiza Chiguano and W. A. Chicaiza Pila, “Análisis de la hermeticidad en la reparación de fisura de un bloque de motor de hierro fundido mediante el método de reconstrucción en frío Metalock.,” Universidad de las Fuerzas Armadas, Latacunga, 2022. Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/31042>
- [22] PAÚL FERNANDO MOSQUERA ÁVILA and MARCELO FRANCISCO SÁNCHEZ ESPINOZA, “DETECCIÓN DE FALLAS SUPERFICIALES E INTERNAS EN TUBERÍAS DE ALTA PRESIÓN PARA MOTORES ESTACIONARIOS POR EL MÉTODO DE ULTRASONIDO,” Universidad Politécnica Salesiana, CUENCA, 2015. Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8947/1/UPS-CT005211.pdf>
- [23] S. A. Autor, : Darwin, and R. Andrade Núñez, “Análisis de riesgos laborales en la aplicación de ensayos no destructivos en la empresa Obraplanfis S.A.,” Universidad Politécnica Salesiana, 2018. Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15177>



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



- [24] F. Josué, Y. Guamán, A. Leonardo, Z. Cabrera, I. D. Estuardo, and M. Carrasco, “Análisis de propiedades del hormigón a través del ensayo no destructivo de ultrasonido,” Universidad de Cuenca, Cuenca, 2022. Accessed: Apr. 20, 2025. [Online]. Available: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/39304>
- [25] I. De, L. A. Obra, M. Ayala, and D. M. Dirección, “Maquina universal de ensayos destructivos: sistema estático,” Universidad Técnica Del Norte, Ibarra, 2019. Accessed: Apr. 21, 2025. [Online]. Available: <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9360>
- [26] M. E. Castillo Pérez, D. S. Revelo Rosero, M. E. Castillo Pérez, and D. S. Revelo Rosero, “Diseño, construcción e implementación de un banco de ensayos no destructivo para verificar fisuras de culatas de cuatro cilindros, mediante pruebas neumáticas y tintas penetrantes,” UIDE, Quito, 2013. Accessed: Apr. 21, 2025. [Online]. Available: <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/126>
- [27] C. Rodríguez, R. González, and G. González, “Sistema Automatizado de Detección de Defectos en Piezas Metálicas mediante Ensayos No Destructivos con Ultrasonidos,” UNIVERSIDAD DE CANTABRA, 2012. Accessed: Apr. 21, 2025. [Online]. Available: <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/90838/TesisCRG.pdf?sequence=1>
- [28] Gobierno Nacional Del Ecuador, “SUBSECRETARÍA DEL SISTEMA DE LA CALIDAD DE LA PRODUCTIVIDAD CONSIDERANDO,” Quito, 2016. Accessed: Apr. 21, 2025. [Online]. Available: <https://normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/RTE-034-4R.pdf>
- [29] “ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS (END).”
- [30] Morillo Tasiguano Víctor Aníbal., “DETERMINACIÓN DE LA CARGA MECÁNICA MÁXIMA QUE SOPORTAN LAS BIELAS DEL MOTOR DE UNA CAMIONETA MAZDA BT-50 DIÉSEL MEDIANTE ENSAYOS ESTÁTICOS DE ESFUERZO EXPERIMENTAL Y POR ELEMENTOS FINITOS,” Universidad Técnica Del Norte, Ibarra, 2017. Accessed: Apr. 21, 2025. [Online]. Available:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



<https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7110/1/04%20MAUT%20025%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

- [31] C. DE Ingeniería Electromecánica and C. Macias Alexander Mesias Choez Valencia Jainer Alejandro, "Implementación de un módulo didáctico para determinar la resistencia mecánica de los materiales para el laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná," Universidad De Cotopaxi, Cotopaxi, 2023. Accessed: Apr. 21, 2025. [Online]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11330>
- [32] D. A. Gamarra Yopez, "Determinación de los parámetros óptimos de la soldadura TIG, para tuberías de diámetro estándar de 1" y 4" con especificación técnicas ASTM A270-Tipo 304 y evaluación por ensayos no destructivos," Universidad Politécnica Salesiana, 2020. Accessed: Apr. 21, 2025. [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18546>
- [33] Ambro-Sol, "Ambro-Sol es una marca registrada-Todos los derechos reservados-Reproducción también parcial prohibida." [Online]. Available: www.ambro-sol.es
- [34] AUTO DATA, "Datos técnicos de coches, Características técnicas, consumo de combustible de coches," Base De Datos especificos. Accessed: Apr. 21, 2025. [Online]. Available: https://www.auto-data.net/es/#google_vignette
- [35] Ambro-Sol, "Ambro-Sol es una marca registrada-Todos los derechos reservados-Reproducción también parcial prohibida." [Online]. Available: www.ambro-sol.es
- [36] Ambro-Sol, "Ambro-Sol es una marca registrada-Todos los derechos reservados-Reproducción también parcial prohibida." [Online]. Available: www.ambro-sol.es
- [37] M. Ocupacional and M. De Gasolina, "SEN4 DIHECCION GENERAL SUBDIRECCION TECNFCO-PEDAGOGICA COMPROBACION DE CULATAS, VALVULAS Y ASIENTOS."



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS**
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



- [38] J. Adrián, N. Reyes, M. Ángel, C. Román, M. Fernando, and Q. Velecela, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA CARRERA: INGENIERIA MECÁNICA Tesis previa a la obtención del Título de: INGENIERO MECANICO ‘ESTUDIO PARA LA PRODUCCIÓN DE BLOQUES DE MOTOR ESTACIONARIO DE COMBUSTIÓN INTERNA DE 250CC MEDIANTE MOLDE PERMANENTE’. AUTORES.”
- [39] Carrera, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO MECÁNICO.”
- [40] Carrera, “UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO.”
- [41] “procedimiento-de-tintas-penetrantes-aws-d1-1.”
- [42] “701867434-Líquidos-penetrantes-Normas-y-criterios-2-1-24”.
- [43] H. Revelo, “‘DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE ENSAYOS VERIFICADOR DE FISURAS DE CULATAS DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA, MEDIANTE PRUEBA HIDROSTÁTICA Y NEUMÁTICA’ Integrantes: Andrés Muñoz V.”
- [44] A. Damián, C. Alajo, D. Marcelo, and N. Haro, “ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL ESCUELA DE INGENIERÍA ‘ESTUDIO DE LA OPTIMIZACIÓN DE LOS EQUIPOS CONSTRUIDOS EN EL LABORATORIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS Y SU PROYECCIÓN A FUTURO’ PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO.”



ANEXOS

Anexo 1

Figura 41 Especificaciones técnicas del líquido limpiador de fisuras

Especificaciones Técnicas	
Cantidad	400 ml
Aspecto	Botella que contiene liquido bajo presión
Color	Sin color
Fragancia	Característico de disolvente
Densidad relativa	A 20°C 0,66 ÷ 0,70 g/ml
Punto de inflamabilidad	Inf. 0°C
Presión a 20°C	4/6 bar
Viscosidad	0,32 mPas (20°C) (base liquida)
Temperatura auto encendida	465°C (base liquida)
Densidad de vapor	2,1 (base liquida)
Tensión de vapor	240 hPa (20°C) (base liquida)





Anexo 2

Figura 42 Especificaciones técnicas del líquido penetrante de fisuras

Especificaciones Técnicas	
Cantidad	400 ml
Aspecto	Botella que contiene liquido bajo presión
Color	Rojo
Fragancia	Característico de disolvente
Densidad relativa	A 20°C 0,68 ÷ 0,72 g/ml
Punto de inflamabilidad	Inf. 0°C
Presión a 20°C	4/5 bar
Punto de fusión	< 30°C (método arrullo capilar) (base líquida)
Punto de ebullición	175 – 215°C (base líquida)
Temperatura de encendido	> 450°C (DIN 51794) (base líquida)
Viscosidad cinemática	Ca. 1 mm ² /s (DIN 51562) (base líquida)



Anexo 3

Figura 43 Especificaciones técnicas del líquido revelador de fisuras

Especificaciones Técnicas	
Cantidad	400 ml
Aspecto	Botella que contiene liquido bajo presión
Color	Blanco
Fragancia	Característico de disolvente
Densidad relativa	A 20°C 0,73 ÷ 0,77 g/ml
Punto de inflamabilidad	Inf. 0°C
Presión a 20°C	4/5 bar
Viscosidad	0,32 mPa.s (20°C) (base líquida)
Temperatura auto encendida	465°C (base líquida)
Densidad de vapor	2,1 (base líquida)
Tensión de vapor	240 hPa (20°C) (base líquida)
Tensión de fusión	> 1000°C (residuo seco TiO ₂)




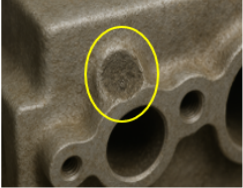
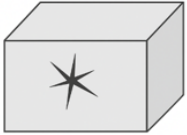


UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Anexo 4







Figura 44 Criterios de aceptación según la normativa ASME B31.1

Tipo de indicación	Descripción / Características	Criterio de aceptación	Figuras
Fisuras lineales	Fisura cuya longitud es más de tres veces su ancho (fisuras, grietas, falta de fusión, mordeduras).	Se aceptan si su longitud $\leq 5/32$ in (≈ 4 mm). Se aceptan si su longitud ≤ 1 in (≈ 25 mm) en una longitud continua total de 12 pulgadas 300 mm o el 8 % de la longitud de la soldadura, se considerará fusión incompleta	
Fisuras redondeadas	Fisura cuya longitud es menor o igual a tres veces su ancho (poros, inclusiones, cavidades).	Se aceptan si su diámetro $\leq 1/8$ in (≈ 3 mm).	
Fisura tipo estrella (star-shaped)	Conjunto de pequeñas fisuras que parten de un punto central, generalmente por sobrecalentamiento o contracción.	Se aceptan si su longitud $\leq 5/32$ in (≈ 4 mm).	

Anexo 5

Figura 45 Proceso de inspección con líquidos penetrantes en culatas y bloques de cilindros







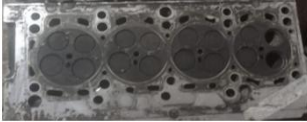



Según normas: ASTM E1417 y ASME B31.1

	Etapa	Descripción	Tiempo estimado	Observaciones
 PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE Limpiar con solvente, desengrante o chorro de vapor	1. Preparación	Limpieza y secado	5–15 min	Superficie sin grasa ni óxido
 APLICACIÓN DEL LÍQUIDO PENETRANTE Aspiración, brocha o inmersión	2. Aplicación del penetrante	Cubrir la zona a inspeccionar	10–30 min	Según tipo de material
 ELIMINACIÓN DEL EXCESO DE PENETRANTE Paños o removedor	3. Eliminación del exceso	Retirar sobrante con paño/solvente	3–5 min	Evitar exceso de limpieza
 APLICACIÓN DEL REVELADOR Capa fina	4. Revelado	Aplicar capa fina de revelador	5–10 min	No exceder espesor
 INSPECCIÓN VISUAL Luz blanca o ultravioleta	5. Inspección: Luz blanca	Evaluación del estado	Inmediato	Registrar, tipo, tamaño y ubicación
 LIMPIEZA FINAL Solvente o agua	6. Criterios de aceptación	Cumple los criterios	5–10 min	Aceptable o rechazo para realizar una reparación
	7. Limpieza final	Retiro de productos químicos	5–10 min	Evitar residuos



Anexo 6

Figura 46 Limpieza preliminar: culatas del motor

Modelo	Antes de limpieza	Después de limpieza
Chevrolet Camaro II		
Ford – Series		
Mazda 6		
Volkswagen Amarok		
Briggs Stratton 206		



Anexo 7






Figura 47 Limpieza preliminar: bloques del motor

Modelo	Antes de limpieza	Después de limpieza
Ford Escape		
Nissan Datsun 1200		
Daihatsu Charade 1000		
Briggs Stratton 206		



Anexo 8




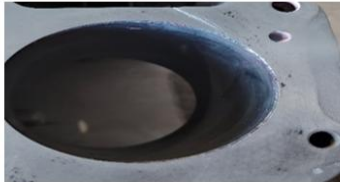
Figura 48 Aplicación del líquido limpiador de fisuras: culatas del motor

Modelo	Aplicación
Chevrolet Camaro II	
Ford F - Series	
Mazda 6	
Volkswagen Amarok	
Briggs Stratton 206	



Anexo 9






Figura 49 Aplicación del líquido limpiador de fisuras: bloques del motor

Modelo	Aplicación
Ford Escape	
Nissan Datsun 1200	
Daihatsu Charade 1000	
Briggs Stratton 206	



Anexo 10





Figura 50 Aplicación del líquido penetrante: culatas del motor

Modelo	Aplicación
Chevrolet Camaro II	
Ford – Series	
Mazda 6	
Volkswagen Amarok	
Briggs Stratton 206	



Anexo 11




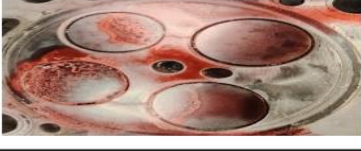

Figura 51 Aplicación del líquido penetrante: bloques del motor

Modelo	Aplicación
Ford Escape	
Nissan Datsun 1200	
Daihatsu Charade	
Briggs Stratton 206	



Anexo 12


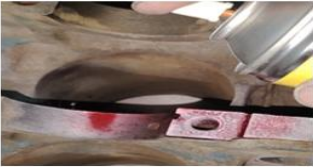
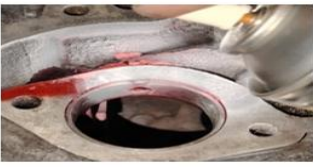
Figura 52 Aplicación del líquido revelador: culatas del motor

Modelo	Aplicación
Chevrolet Camaro II	
Ford – Series	
Mazda 6	
Volkswagen Amarok	
Briggs Stratton 206	



Anexo 13

Figura 53 Aplicación del líquido revelador: bloques del motor

Modelo	Aplicación
Ford Escape	
Nissan Datsun 1200	
Daihatsu Charade	
Briggs Stratton 206	