



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Ingeniería Automotriz



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
INGENIERIA AUTOMOTRIZ**

INFRARED THERMOGRAPHIC DYNAMIC ANALYSIS AND NON-DESTRUCTIVE TESTING (NDT) FOR CAMSHAFT DIAGNOSTICS

AUTORES:

**CALDERÓN DÍAZ JOSÉ EDUARDO
CHACÓN CLAUDIO SONIA MARLENE**

**ING. OSCAR ARTEGA LOPEZ
TUTOR**

**ING. HERNÁN TERÁN HERRERA
CO-TUTOR**

**Latacunga
2021**



2021 Global Conference on

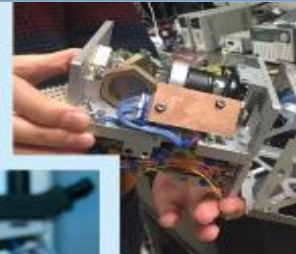
Recent Advances in Sustainable Materials

29 - 30, July 2021 | Mangalore, Karnataka, India

GC-RASM 2021

Proceedings will be indexed in Scopus, Web of Science, Inspec, etc

FIRST EDITION



Full color Partner



Proceedings will be published in



materialstoday:
PROCEEDINGS

Organized by

AJ Institute of Engineering and Technology

Mangalore, Karnataka, INDIA



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL

MÉTODOS

RESULTADOS

SIMULACIÓN

CONCLUSIONES



INTRODUCCIÓN

El árbol de levas se encarga de permitir la apertura y cierre de las válvulas mediante excentricidades en un motor de combustión interna, con el tiempo presenta anomalías estructurales o dimensionales, para la identificación de estos defectos se realizan ensayos no destructivos que permiten examinar el eje sin alterar el estado químico o físico del material. En el sector de la automoción se utilizan habitualmente instrumentos de medida como comparador, calibre y micrómetro exterior, y en menor medida la prueba de PT, para detectar defectos en el acero, se realizan pruebas no tradicionales pero muy efectivas como la TI, se utiliza en el área automotriz este método permitirá obtener imágenes de la distribución de calor de la superficie del eje e identificar el lugar específico donde se produce la mayor fatiga.



OBJETIVO GENERAL

Comparar los tipos de END mediante aplicaciones de los mismos en un eje (árbol de levas) para demostrar el diagnóstico predictivo y a su vez el control de calidad.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Determinar los parámetros y normas bajo las cuales se pueden ejercer este tipo de análisis mediante recopilación de información para obtener un resultado adecuado del estudio.

Obtener la composición química del material mediante maquinas sofisticadas para aplicar formulas exactas al eje.

Realizar una simulación mediante un software con el fin de demostrar el funcionamiento y posibles fallas del eje.

Efectuar pruebas aplicables al eje mediante previo análisis para determinar los factores críticos del mismo.

CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL

	ELEMENTS					
Material	Fe	Co	Mn	Cu	Mo	Si
ASTM 1025 [%]	99,48	-	0.3 - 0,6	0,02	0,02	0,029
Experimental by (XRF), semi mild steel 1025 [%].	98,94	0,38	0,33	0,029	0,053	0,033



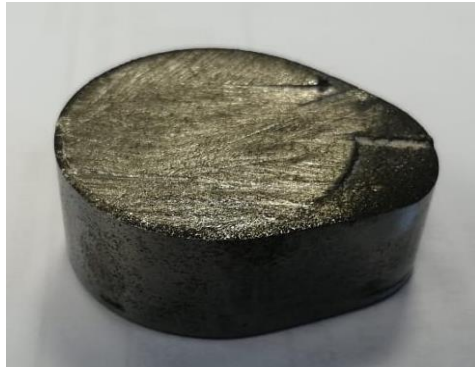
CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL



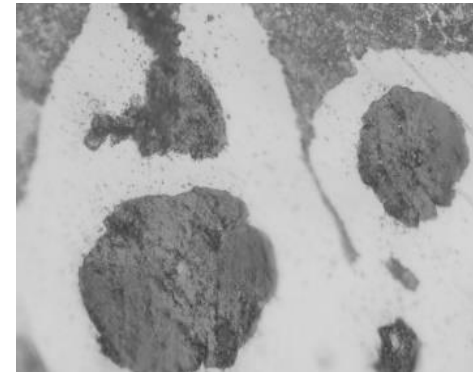
OLYMPUS DPO2000-C



OLYMPUS BX41M-LED



Chevrolet Vitara 3P 1500 cm^3



Micrograph of a cam at 1000 X

CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL

	ELEMENTS					
Material	Fe	Co	Mn	Cu	Mo	Si
ASTM 1025 [%]	99,48	-	0.3 - 0,6	0,02	0,02	0,029
Experimental by (XRF), semi mild steel 1025 [%].	98,94	0,38	0,33	0,029	0,053	0,033



METODOS

Method	Technique	Regulations	Equipment
Visual Essay	Direct Vision	EN 13018 API Article 9.6 ASME Section V, subsection A, article 9	Naked human eye
Infrared	Thermographic	ISO 18434 – 1	Fluke-Reability TiS60-17030620 Version: 6.0.86
Penetrant Inks	Colored	ISO 3452 ASME BPVC.V ASTM E165–02 ASTM A388-19 MIL I-6866 ASTM E1417	SKL-SP Penetrant AKD-S2 Developer
Ultrasound	Transmission	EN 12668 EN 583	Olympus Epoch 600

INSPECCIÓN VISUAL

La prueba visual consiste en la observación detallada del árbol de levas a una distancia no mayor de 600 mm y a una distancia mínima de 30° del ojo humano como se menciona en el código ASME sección V, inciso A, artículo 9 y con una iluminación mínima y intensidad de 1000 lx [16], de tal manera es necesario calcular la velocidad de la luz en el medio considerado en este caso acero (v_{acero}) obteniendo 119916983,2 [m / s], con un índice de refracción (n_{acero}) de 2,5 sometidos a una velocidad de la luz en el vacío (c) de 299792458 [m / s]

$$v_{acero} = c/n_{acero}$$



INSPECCIÓN VISUAL

La prueba visual consiste en la observación detallada del árbol de levas a una distancia no mayor de 600 mm y a una distancia mínima de 30° del ojo humano como se menciona en el código ASME sección V, inciso A, artículo 9 y con una iluminación mínima y intensidad de 1000 lx [16], de tal manera es necesario calcular la velocidad de la luz en el medio considerado en este caso acero (v_{acero}) obteniendo 119916983,2 [m / s], con un índice de refracción (n_{acero}) de 2,5 sometidos a una velocidad de la luz en el vacío (c) de 299792458 [m / s]

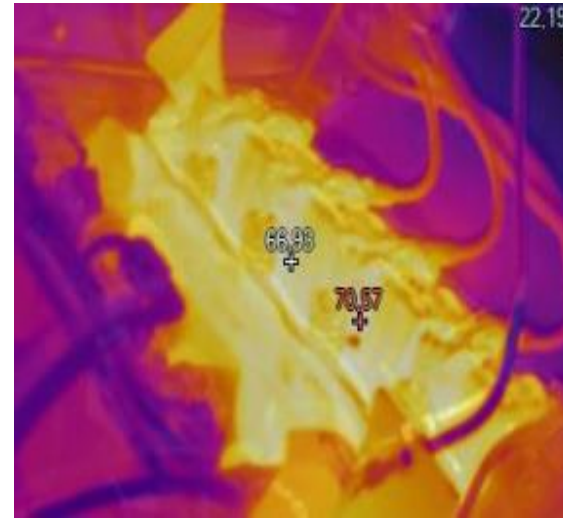
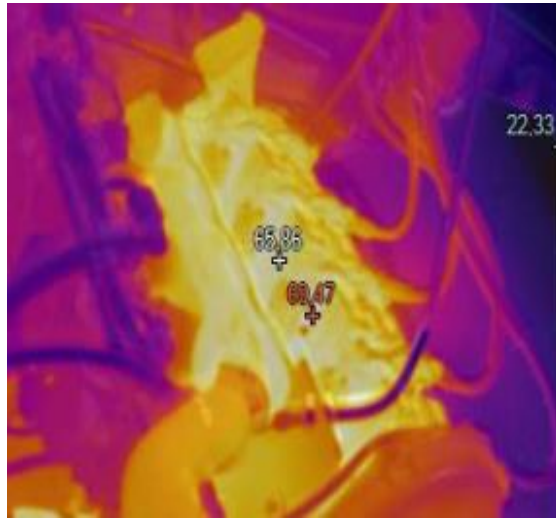


TERMOGRAFICO INFRARROJO

Para el análisis de esta prueba se implementó la técnica Step Heating, se calienta el árbol de levas a bajas revoluciones durante treinta minutos hasta alcanzar la temperatura óptima del motor de 80 ° C a 95 ° C, para monitorear el enfriamiento del árbol de levas y analizar los defectos por transmisión de calor por radiación.

Cargas	Valor
Emisividad (e)	0,85
Área de contacto de la leva (M_b)	0,0449 [m]
Humedad relativa (ϕ)	50 [%]
Temperatura de la superficie (T_s)	368,15 [° k]
Temperatura atmosférica (T_{atm})	291,15 [° k]
Constante de Stefan (σ)	56703 * [W /]10 ⁻⁸ m ² k ⁴

TERMOGRAFICO INFRARROJO



Prueba del árbol de levas térmico
infrarrojo

LIQUIDO PENETRANTE

Para el análisis de esta prueba se realizó con el apoyo de la norma MIL-I-6866-04, con penetrante visible, tipo C - solvente removible. La temperatura es de 18 [°C]. Como el árbol de levas está fabricado en acero al carbono 1025, según la norma, el tiempo de penetración y revelación para obtener una capilaridad adecuada es de cinco a diez minutos. Para la remoción del líquido penetrante aplicar el limpiador con la técnica de frotamiento y verificar la remoción del exceso de penetrante, secando luego de la aplicación del revelador mediante este método se inspecciona la pieza, las discontinuidades abiertas en la superficie del eje.



LIQUIDO PENETRANTE



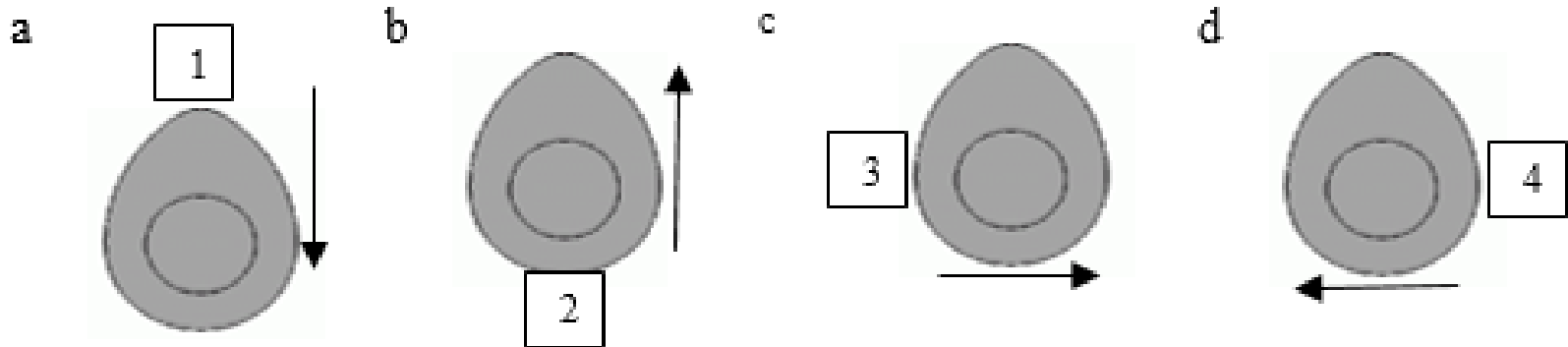
Árbol de levas con
tinta penetrante



Prueba aplicada a
levas y soportes

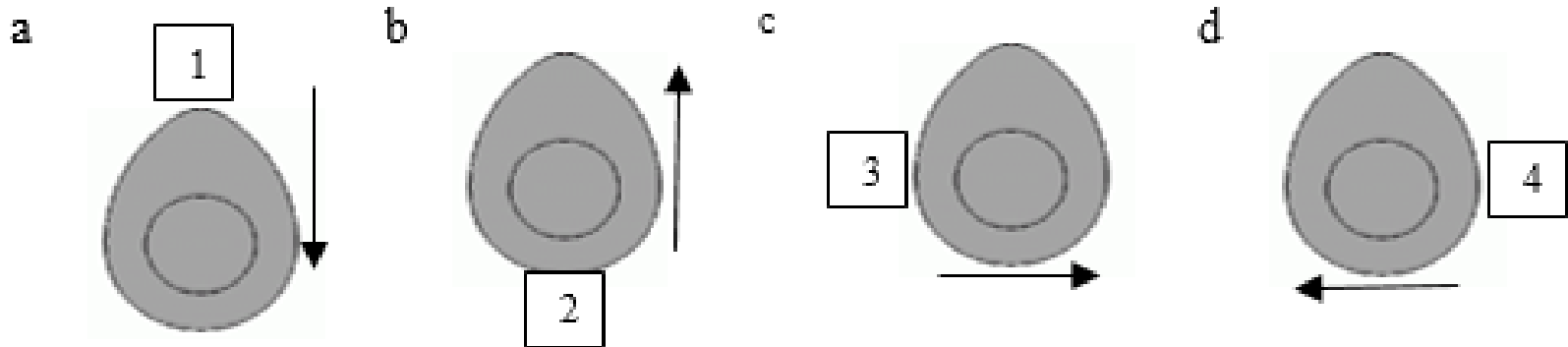
ULTRASONIDO

Con la Olympus Epoch 600, modo de matriz en fase y sonda recta, se examina el árbol de levas y se establece la velocidad de propagación del sonido de 6320 [m / s] para identificar defectos en el eje de levas y el orificio interno, los puntos de inspección con un ángulo de -30° a 30° , define la longitud de onda longitudinal equivalente a 5091,75 [m / s], el radical del módulo de Young (E) para el acero 1025.



ULTRASONIDO

Con la Olympus Epoch 600, modo de matriz en fase y sonda recta, se examina el árbol de levas y se establece la velocidad de propagación del sonido de 6320 [m / s] para identificar defectos en el eje de levas y el orificio interno, los puntos de inspección con un ángulo de -30° a 30° , define la longitud de onda longitudinal equivalente a 5091,75 [m / s], el radical del módulo de Young (E) para el acero 1025.



RESULTADOS

En las diferentes partes del eje (árbol de levas) de análisis, se determina la ubicación de los cuatro tipos de defectos y se compara la efectividad de los cuatro métodos utilizados para el diagnóstico. El método de inspección visual se utiliza en la superficie del eje, sin embargo, no hay grietas, mientras que el método ultrasónico no mostró la existencia de una fisura interna. Para analizar un árbol de levas, se determinó que el método más eficiente son las tintas penetrantes, detectando discontinuidades mínimas.

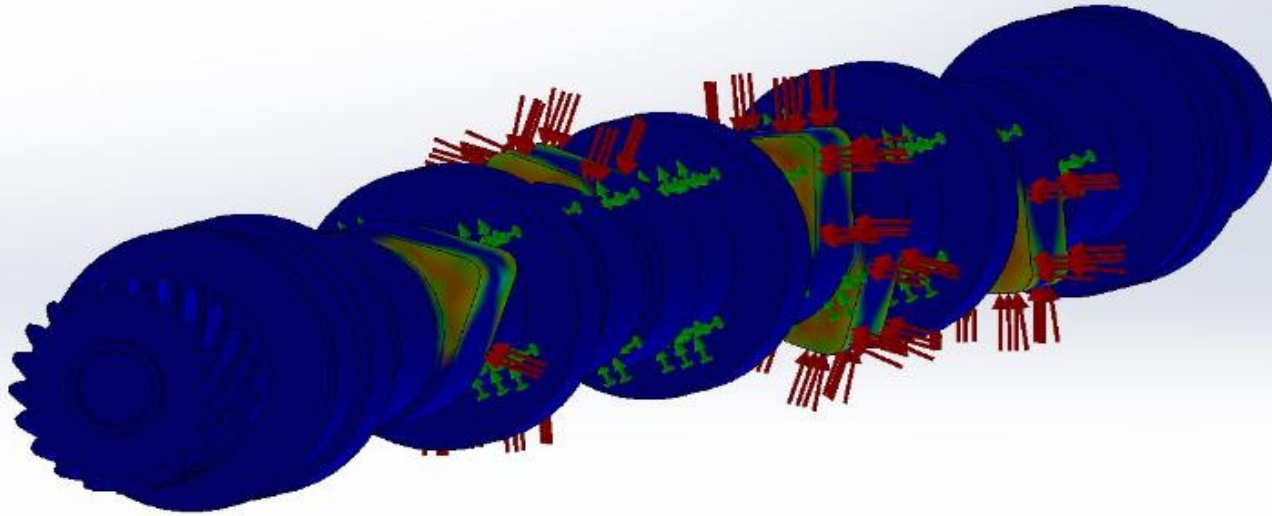


ANALISIS DINAMICO DEL COMPONENTE

Con la presión soportada por el árbol de levas, se ha generado una simulación CAE utilizando el software Solid Works con la presión de trabajo de 18.84 [MPa] y con una determinada composición química del acero 1025, se muestran varios puntos de desgaste. aplicados, los cuales están expuestos al contacto, obteniendo un factor de seguridad de 6.2, este es un resultado adimensional que induce al eje a trabajar de manera óptima, tomando la resistencia del material y el máximo esfuerzo que se requiere para cubrir.



SIMULACIÓN



Variable	Valores
Presión máxima [MPa]	18,84
Fuerza máxima [N]	866,04
Coeficiente de Poisson	0,6213
Factor de seguridad	6,2
Potencia [W]	51081,50



CONCLUSIONES

Los resultados de NDT muestran que la inspección visual puede detectar defectos de hasta 4,5 [mm], la termografía infrarroja cubre un rango de 2,5 [mm] de longitud, las tintas penetrantes revelan defectos a partir de 2 [mm] y no detecta todos los casos de defectos, ultrasonido a pesar de tener un mayor rango de penetración, se limita a evaluar la superficie de la leva.

De acuerdo con la analogía realizada, se determina que la prueba de tinción penetrante tiene una mayor eficiencia al realizar una inspección en un árbol de levas que tiene un mayor alcance de inspección que los demás, detectando los cuatro tipos de defectos encontrados en el árbol de levas que no presenta picaduras, sin fisuras simplemente discontinuidades, determinando que este componente no reciba mayor desgaste.

El árbol de levas modelado cumple con todos los parámetros de los requisitos que se establecieron para el diseño, por lo que el componente es seguro y confiable y no dejará de funcionar cuando la presión ejercida sobre él no supere los 18,84 [MPa].