

**MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA LA REPARACIÓN GENERAL DE LAS  
CULATAS CG204702N PARA LOS MOTORES L7042, F3521, L5790, P9390 DE  
TIPO G/ GL/ GSI DE LA SERIE VHP DE WAUKESHA**

**BRYAN NICOLAS ALVAREZ VALDERRAMA**

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS  
FACULTAD TECNOLÓGICA  
TECNOLOGÍA EN MECÁNICA**

**BOGOTÁ D.C ENERO 2019**

**MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA LA REPARACIÓN GENERAL DE LAS  
CULATAS CG204702N PARA LOS MOTORES L7042, F3521, L5790, P9390 DE  
TIPO G/ GL/ GSI DE LA SERIE VHP DE WAUKESHA**

**BRYAN NICOLAS ALVAREZ VALDERRAMA  
C.C. 1010230398 Bogotá.**

**PRESENTADO COMO REQUISITO DE GRADO PARA OBTENER EL TÍTULO  
DE Tecnólogo Mecánico**

**Asesor de trabajo de grado  
MAURICIO GONZÁLEZ COLMENARES  
Ingeniero Mecánico**

**Facultad Tecnológica Ingeniería Mecánica  
Bogotá D.C. ENERO 2019**

## TABLA DE CONTENIDO

1. Resumen .....	Pág. 6
2. Glosario .....	Pág. 7
3. Identificación del proyecto .....	Pág. 9
3.1 Título del proyecto .....	Pág. 9
3.2 Introducción .....	Pág. 9
4. Aspectos técnicos .....	Pág. 10
4.1 Estado del arte .....	Pág. 10
4.2 Justificación .....	Pág. 12
4.3 Planeamiento del problema .....	Pág. 12
4.4 Objetivos .....	Pág. 14
4.4.1 Objetivo general .....	Pág. 14
4.4.2 Objetivos específicos .....	Pág. 14
5. Marco teórico .....	Pág. 14
5.1 Waukesha .....	Pág. 14
5.2 General Electric .....	Pág. 15
5.3 Motores Waukesha .....	Pág. 16
5.3.1 Waukesha L7042 GL .....	Pág. 16
5.3.2 Waukesha F3521 GSI .....	Pág. 18
5.3.3 Waukesha L5790 G/GSI .....	Pág. 21
5.3.4 Waukesha p9390 GSI .....	Pág. 23
5.4 Culata .....	Pág. 25
5.4.1 Funcionamiento .....	Pág. 26
5.4.2 Posibles fallas de culata .....	Pág. 27
6. Metodología .....	Pág. 27
7. Capítulo 1 .....	Pág. 29
7.1 Diagnóstico de la situación actual de la reparación de las culatas de la serie CG204702N de Waukesha.....	Pág. 29
7.2 Listado de componentes que deben ser reemplazados por partes nuevas.....	Pág. 30

7.2.1 Validación del kit de reparación .....	Pág. 32
8. Capítulo 2 .....	Pág. 35
8.1 Limpieza y desarme .....	Pág. 35
8.1.1 Desarme de la culata .....	Pág. 35
8.1.2 Limpieza .....	Pág. 39
8.2 Diagnóstico .....	Pág. 40
8.2.1 Prueba hidroneumática .....	Pág. 40
8.2.2 Prueba de tintas penetrantes .....	Pág. 43
8.2.3 Metrología .....	Pág. 45
9. Capítulo 3 .....	Pág. 48
9.1 Rectificado .....	Pág. 48
9.2 Instalación de asientos y guías de válvulas .....	Pág. 49
10. Capítulo 4 .....	Pág. 53
10.1 Sentado de válvulas .....	Pág. 53
10.2 Armado de culata .....	Pág. 54
10.3 Validación del manual .....	Pág. 56
11. Conclusiones .....	Pág. 63
12. Bibliografía .....	Pág. 64
13. Anexos .....	Pág. 65

### **LISTA DE TABLAS**

1. Tabla 1 Datos técnicos Waukesha L7042 GL .....	Pág. 17
2. Tabla 2 Datos de rendimiento Waukesha L7042 GL .....	Pág. 18
3. Tabla 3 Datos técnicos Waukesha G3521GSI .....	Pág. 19
4. Tabla 4 Clasificación potencia continua Waukesha F3521 GSI.....	Pág. 20
5. Tabla 5 Datos técnicos Waukesha L5790 G/GSI .....	Pág. 22
6. Tabla 6 Clasificación potencia continua Waukesha L5790 G/GSI ....	Pág. 23
7. Tabla 7 Datos técnicos Waukesha P9390 GSI .....	Pág. 24
8. Tabla 8 Datos de rendimiento Waukesha P9390GSI .....	Pág. 25
9. Tabla 9 Componentes de la culata CG204702N .....	Pág. 31
10. Tabla 10 Lista de chequeo kit de reparación de culata .....	Pág. 33

11. Tabla 11 Lista de chequeo medidas estándar de los alojamientos de la culata .....	Pág. 47
---	---------

### **LISTA DE FIGURAS**

1. Figura 1 Waukesha L7042GL .....	Pág. 16
2. Figura 2 Waukesha F3521GSI .....	Pág. 18
3. Figura 3 Dimensiones Waukesha F3521 GSI .....	Pág. 20
4. Figura 4 Waukesha L5790 G/GSI .....	Pág. 21
5. Figura 5 Dimensiones Waukesha L5790 GSI .....	Pág. 22
6. Figura 6 Waukesha P9390 GSI .....	Pág. 23
7. Figura 7 Culata.....	Pág. 26
8. Figura 8 Componentes culata CG204702N .....	Pág. 31
9. Figura 9 Ubicación de orificios para el montaje de la prensa .....	Pág. 38
10. Figura 10 Platinas para pruebas hidroneumáticas .....	Pág. 42
11. Figura 11 Planitud de la culata .....	Pág. 46
12. Figura 12 Altura de la culata .....	Pág. 48
13. Figura 13 Instalación de guías .....	Pág. 51
14. Figura 14 Lavado de culata .....	Pág. 57
15. Figura 15 Asientos en enfriamiento con hielo seco .....	Pág. 58
16. Figura 16 Ensamble de asientos de válvulas parte uno .....	Pág. 58
17. Figura 17 Ensamble de asientos de válvulas parte dos .....	Pág. 59
18. Figura 18 Ensamble de asientos de válvulas parte tres .....	Pág. 59
19. Figura 19 Segunda prueba hidroneumática .....	Pág. 60

## 1. RESUMEN

En este trabajo de grado se presenta el manual de procedimiento para realizar la reparación general de las culatas de la serie CG204702N empleadas en los motores L7042, F3521, L5790, P9390 de Waukesha.

El proceso inicia dando a conocer información básica a cerca de los motores que emplean este tipo de culatas, además, se explican varios términos que se deben conocer antes de ejecutar una reparación de este tipo, para así poder abarcar este tema de manera más sencilla.

El manual se compone de cuatro etapas básicas que deben ser realizadas en orden cronológico para llevar a buen término la reparación general de las culatas.

La primera etapa comienza con el diagnóstico del estado actual de la reparación de este tipo de culatas; en esta etapa también se identifican los componentes que deben ser reemplazados y la metrología para la verificación de estos.

En la segunda etapa se describe como realizar de manera correcta y segura la limpieza y el desarme de las culatas, además, se presenta el proceso para realizar el diagnóstico de las posibles fallas que se pueden presentar en ésta.

La etapa tres da a conocer la forma en la que se debe tomar la metrología y los rangos de medida en los que deben estar las diferentes dimensiones de la culata, así mismo, se exponen los procesos de reparación adecuados para corregir cualquier anomalía que se presente en la culata, garantizando que quede en condiciones óptimas para realizar el trabajo para el cual ésta fue diseñada.

En la última etapa se presenta el procedimiento para generar el sello o asentamiento entre las válvulas y los asientos tanto de admisión como de escape de la culata, también se indica el orden y el modo correcto de realizar el ensamble de los componentes nuevos a la culata, además, se exponen las diferentes precauciones que se deben tener en cuenta para no generar daños en los elementos nuevos.

## 2.GLOSARIO

**Ciclo de vida:** Tiempo durante el cual un ítem conserva su capacidad operativa, este periodo va desde que es adquirido hasta su reparación o sustitución.

**Defecto:** Eventos en los equipos que no impiden su funcionamiento. Todavía pueden a corto o largo plazo, provocar su indisponibilidad.

**Disponibilidad:** Función que permite calcular el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir con la función para la cual fue destinada. La disponibilidad de un ítem no implica necesariamente que esté funcionando, sino que se encuentre en condiciones de funcionar.

**Ergonomía:** Propiedad por la cual algo es cómodo de utilizar, adaptándose al usuario.

**Indisponibilidad:** Relación expresada en porcentaje (%) entre el tiempo de mantenimiento en parada y la suma del tiempo de operación + el tiempo de mantenimiento en parada.

**Informe de trabajo:** Comunicación escrita informando del trabajo realizado y del estado en el que queda el ítem objeto de una intervención de mantenimiento o reparación.

**Ingeniería de Mantenimiento:** Organismo consultivo que constituye el sistema de control de la dirección de mantenimiento para corregir y mejorar su gestión. Su tarea consiste en perfeccionar la organización, métodos y procedimientos de trabajo, favoreciendo la implantación de una política de mantenimiento más adecuada.

**Diagnóstico:** Análisis organizado de una realidad a los efectos de identificar y priorizar los problemas que se nos plantean, sus causas y consecuencias.

**Lubricación:** Servicio de mantenimiento preventivo donde se realizan adiciones, cambios y análisis de lubricantes.

**Mantenibilidad:** Probabilidad y/o facilidad de devolver un equipo a sus condiciones operativas en un cierto tiempo y utilizando los procedimientos prescritos.

**Mantenimiento:** Tareas necesarias para que un equipo sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición especificada.

**Mantenimiento correctivo:** Tareas de reparación de equipos o componentes averiados.

**Orden de trabajo:** Instrucción detallada y escrita que define el trabajo que debe realizarse por la organización de mantenimiento en la planta.

**Plan de mantenimiento:** Relación detallada de las actuaciones de mantenimiento que necesita un ítem o componente y de los intervalos temporales con que deben efectuarse.

**Soportabilidad:** Capacidad de poder atender una determinada solicitud de mantenimiento en el tiempo de espera prefijado bajo las condiciones previstas.



### **3. IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

#### **3.1 MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA LA REPARACIÓN GENERAL DE LAS CULATAS CG204702N PARA LOS MOTORES L7042, F3521, L5790, P9390 DE TIPO G/ GL/ GSI DE LA SERIE VHP DE WAUKESHA.**

#### **3.2 INTRODUCCIÓN**

Desde el descubrimiento del petróleo en 1859 por el coronel Drake, las industrias mineras empezaron a buscar formas de extraer el petróleo del subsuelo de la tierra, con esto llegaron los primeros pozos petroleros donde se utilizaba un machín para extraer el crudo de la tierra, posteriormente encontraron otras maneras de explotación como inyección de agua, de aire, fracking, etc. Pero surgió un problema y era el elevado consumo de energía que requieren estos métodos. Por lo tanto, las empresas dueños de estos pozos se vieron en la necesidad de autoabastecerse de energía. Fue en ese momento cuando empezaron a emplear motores estacionarios de combustión interna de alto caballaje conectados a un generador.

Una de las primeras marcas que apreció en el mercado fue superior, inicialmente tuvieron un buen desempeño, pero debido a su gran tamaño fueron reemplazados por motores más pequeños, pero igualmente capaces de generar gran potencia, entre los más usados están los motores Caterpillar, Ajax y Waukesha que en la actualidad siguen siendo unos de los más empleados para la generación de energía en los campos petrolíferos. Los motores Waukesha actualmente son producidos por General Electric (GE) y son los más utilizados a nivel nacional debido a su tamaño y la capacidad de generación que estos tienen.

Con la llegada de estos motores al país las industrias dedicadas a la reparación, rectificación, buscaron una forma para ahorrar dinero en los procesos de mantenimiento, reparado o rectificado elementos del motor los cuales pueden ser rectificadas y no desechados como se creía como es el caso de las culatas. Así que, empezaron una investigación sobre el mantenimiento y reparación de culatas de

este tipo y al no encontrar ningún manual o procedimiento éstos recurrieron realizar su propio procedimiento de manera experimental, lo cual, genera problemas a los nuevos emprendedores que deseen crear una empresa que trabaje en este sector, ya que, la información sobre el mantenimiento para una culata de un motor Waukesha no se encuentra disponible para cualquier persona.

## **4. ASPECTOS TÉCNICOS**

### **4.1 ESTADO DEL ARTE**

La culata es una pieza vital para cualquier motor de combustión interna, ya que, ésta se encarga de habilitar el paso de mezcla a la cámara de combustión. Es por esto que cuando un motor cumple su ciclo de trabajo y es momento de realizar la reparación general de éste, la culata también debe repararse. Antes de realizar un overhaul o reparación general de un motor es necesario tener conocimientos previos del tipo de motor que es.

La idea del overhaul es que es una completa revisión y restauración de un motor por medio de la rectificación y renovación.

El trabajo en el block (bloque de cilindros) consiste en:

- Cambio de pistones de medidas estándar a sobre medida (más grandes para compensar el desgaste) si la camisa del block lo permite; de lo contrario hay que volver a encamisar y con esto se puede usar pistones nuevos de medida estándar.
- Se cambia anillos.
- Se cambia tejas de biela, centrales y axiales.
- Rimado de cigüeñal, con el fin de enderezarlo.
- Rimado del block.

El trabajo en la culata consiste en:

- Descarbonizado de la culata.
- Cepillado de la culata.
- Fresado de la culata.
- Cambio de asientos de válvulas.
- Cambio de guías, sellos de válvulas.

- Cambio de válvulas de admisión y escape.
- El balancín es raro que se cambien ya que poseen graduación, por lo que las varillas tampoco se cambian.
- Si el eje de levas lleva tejas, también se cambian.
- Si el motor usa levantadores (buzos) hidráulicos de válvulas también se cambian.

Los accesorios, como así le llaman los mecánicos en nuestro medio, son todas aquellas partes complementarias al funcionamiento del motor. Algunas partes si el mecánico de overhaul lo considera pertinente de acuerdo al estado físico, pueden evitar ser cambiadas.

- Se cambia bomba de aceite, agua y gasolina, termostato, filtro de gasolina, rotor, platinos (si los lleva), cambio de clutch o embrague (consiste en disco, collarín y rectificado o cambio de volante) - Kit de empaques (retenedores, sellos) en todo tipo de tapaderas, en el manifold (múltiple) de admisión y escape, asiento de carburador (si lleva).
- Se cambian los cables de candelas (bujías), taza de distribuidor (si lleva).
- Kit de tiempo que consiste en faja o cadena de tiempo, tensores, engranajes del tiempo.<sup>1</sup>

Es por esto que la culata es una pieza que requiere un mantenimiento óptimo para su perfecto funcionamiento.

Los motores Waukesha de la serie VHP llevan más de cuarenta años en el mercado siendo reconocidos por su confiabilidad, longevidad y durabilidad al trabajar en diferentes condiciones ambientales, siendo empleados en el campo de la generación o aplicaciones de producción de gas natural. Con una potencia de 315KW a 1.5MW, son motores con bajo índice de emisiones y una amplia gama de descubierta de 700rpm a 1200rpm, algunos de estos son L7042, F3521, L5790, P9390 de las clases G/ GL/ GSI. Uno de los elementos que tienen en común son las culatas, aunque difieran en tamaño, número de cilindros, potencia, etc. Poseen el mismo tipo de cabeza de cilindros.

<sup>1</sup> MELGAL, Jose; Manual de overhaul para motores de automoviles gasolina. Guatemala: Universidad Rafael Landivar. 2007.

## **4.2 JUSTIFICACIÓN**

El presente proyecto permite desarrollar el manual de procedimiento para la reparación total de una culata Waukesha, para los motores L7042, F3521, L5790, P9390 de tipo G /GL/ GSI, de la serie VHP de Waukesha. El desconocimiento de dicho procedimiento, está prolongando los tiempos estimados de entrega a los clientes por parte de rectificadoras, como RMH SAS, la productividad de dicha empresa se está viendo afectada, ya que no pueden ordenar significativamente cada uno de los procesos que se llevan a cabo.

Debido a los factores antes mencionados, es conveniente realizar este procedimiento, con el fin de identificar los posibles motivos de falla y la reparación total de la cabeza de cilindro (culata), este proyecto investigativo permitirá un acercamiento a la responsabilidad y al orden que implica comprometerse a realizar la reparación de esta clase de culatas, con un procedimiento de identificación (paso a paso) como lo es un manual.

Se realizará una revisión teórica y acompañamiento en las instalaciones de RMH SAS, identificando las partes de la culata y a partir de esto se determinará la amplitud y cercanía que tienen algunas bases teóricas con los materiales (manuales o procedimientos) utilizados en el campo, demostrando la viabilidad que tiene la realización de un manual de procedimiento para la reparación total de la culata, con la pronta entrada en línea de la máquina y el empleo de reparación en menores tiempos.

## **4.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

A través del tiempo la industria colombiana ha tenido aumento debido a la explotación de hidrocarburos como petróleo y gas natural, para ello se han construido nuevos pozos y refinerías como campo Rubiales y Reficar, siendo necesario el autoabastecimiento de energía. Para esto se utilizan motores

estacionarios de alto caballaje conectados por medio del volante a generadores de 1KW.

Entre los más usados están los motores L7042, F3521, L5790, P9390 de las clases G/ GL/ GSI de Waukesha, a los cuales se les realiza mantenimiento preventivo cada 15000 horas de trabajo, este implica cambio de aceite, cambio de correas, calibración de válvulas, inspección de impulsores, balancines y tapas de válvulas, en caso de fugas de aceite estas deben corregirse, a las 16000 horas de trabajo se realiza el top overhaul que implica cambio de bombas, culatas y en el caso de la serie GSI se cambian los turbos, a las 20000 horas de trabajo se realiza el overhaul completo que implica hacer la reparación total del motor e inspección de las piezas cambiadas en el top overhaul, si alguna de estas resulta defectuosa deberá ser reemplazada.

Para llevar a cabo un plan de mantenimiento como este, se requiere tener un alto presupuesto para la compra de todas las piezas que deben ser reemplazadas, lo cual en muchos de los casos no se logra tener. Es por esto, que partes como las culatas (dependiendo la clase de motor, pueden ser 6 o 12) no es recomendable cambiarlas constantemente, ya que el valor de una sola culata armada y lista para ser montada esté alrededor de \$4100 dólares, por lo cual las compañías dedicadas a este sector se ven en la necesidad de contratar otras empresas que se dediquen a la rectificación de estas partes.

RMH SAS es una empresa que se dedica a la rectificación, metalización, mecanizados y reparación de motores. En un inicio esta empresa se dedicaba únicamente a trabajar motores de la industria automotriz, luego con el aumento de la explotación de los hidrocarburos se vieron obligados a crecer y con esto ampliar el rango de los motores sobre los cuales trabajan, fue allí cuando empezaron a llegar motores Waukesha, pero debido al cambio tan abrupto y a la cantidad de trabajo no se han realizado los procedimientos para la reparación de algunos de los componentes de estas máquinas como ocurre con las culatas. Esto tiene como

consecuencia desorden dentro de las instalaciones, lo cual produce un aumento notable en el tiempo de entrega y por ende el incumplimiento con los clientes lo que genera pérdida o abandono de éstos, lo que da paso a mala reputación para la entidad y posibles pérdidas

#### **4.4 OBJETIVOS**

##### **4.4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Realizar manual de procedimiento para la reparación general de culatas para los motores L7042, F3521, L5790, P9390.

##### **4.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Elaborar un diagnóstico sobre la situación actual de la reparación de este tipo de culatas.
- Generar el manual de procedimiento para la reparación general de estas culatas.
- Validar el manual de procedimiento para la reparación general de esta clase de culatas por expertos en el tema.

### **5. MARCO TEÓRICO**

#### **5.1 WAUKESHA**

La empresa Dresser Waukesha ubicada en Estados Unidos fue fundada por Solomon Dresser, quien le daría el nombre de Dresser Inc. en 1880 luego de patentar un empacador usado para aislar petróleo debajo de la tierra, Taschler y Content <sup>2</sup>.

La unidad Waukesha de Dresser fue fundada en 1906 como un taller de reparación de vehículos. Los fundadores de la compañía, Harry Horning y Frederick Ahern, más adelante formaron una empresa que fabricaba motores para barcos, maquinaria de construcción, maquinaria agrícola y para la industria automotriz. Luego de esto en

<sup>2</sup> TASCHLER, Joe; CONTENT, Thomas. General Electric adquiere Dresser Waukesha. Usa: Journal Sentinel, 2010.

1998 Halliburton adquirió a Dresser Waukesha, para después venderla en el 2001 a General Electric.

## **5.2 GENERAL ELECTRIC**

General Electric es un conjunto de empresas ubicada en más de cien países. Con un índice de ventas anuales aproximadamente de \$30 mil millones de dólares y más de 80.000 trabajadores en el mundo. Este conglomerado trabaja en área de energía, tecnología industrias y electrodomésticos.

General Electric nació de la unión de dos compañías estadounidenses en 1892, la Edison General Electric de Nueva York, de Thomas Alva Edison, y la Thomson-Houston Electric de Massachusetts. En sus orígenes se concentró en la energía, la iluminación y las finanzas, pero a lo largo del siglo XX fue creando nuevas divisiones o comprando compañías en diversas áreas estratégicas. Desde la década de 1950, de sus laboratorios salieron el Lexan o policarbonato, uno de los plásticos más utilizados, y que sirve para fabricar desde lentes ópticos a utensilios de cocina, los diamantes artificiales para uso industrial como abrasivo y el láser de estado sólido entre otros.

En el campo de la medicina, GE fabrica sistemas de diagnóstico de imágenes como tomógrafos y escáneres PET. Desde la década de 1940, la división de armamentos produjo motores jet para aviones, armamento y sistemas de navegación utilizados en la industria aeroespacial. A partir de la década de 1980, la compañía aceleró su crecimiento en el área de las comunicaciones, adquiriendo en los siguientes treinta años decenas de señales de televisión por cable además de cadenas en varios países. Bajo su dirección o en asociación con otras empresas se encuentran entre otras la NBC, la cadena en español Telemundo y los estudios Universal. En la última década, General Electric ha aumentado su interés en las energías renovables, desarrollando campañas de concienciación acerca de la ecología, en parte debido a los apremios de grupos ambientalistas que presionan para que la compañía reduzca el impacto que tiene en el medio ambiente.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> HISTORY CHANNEL. General Electric [en línea]. Blogs History Channel. [Consultado: 22 de abril de 2018] Disponible en internet: <https://ar.tuhistory.com/biografias/general-electric>

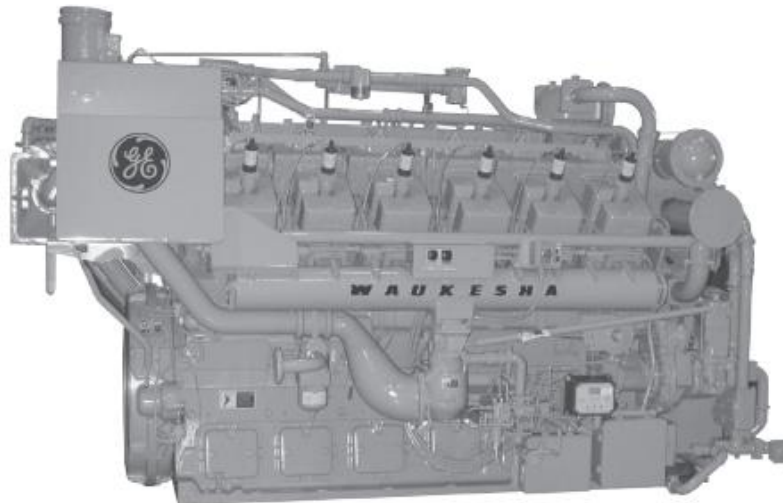
Por esta razón es que la empresa General Electric decidió adquirir a Dresser Waukesha, ya que, para GE ésta ofreció gran avance en la producción de motores estacionarios y así podría continuar como una de las empresas de mayor capacidad en el área de la generación.

### 5.3 MOTORES WAUKESHA

Los motores Waukesha son motores estacionarios empleados en el área de la generación en refinerías o en campos de explotación de hidrocarburos, Comprimiendo gas, entre otras aplicaciones de accionamiento mecánico. Estos motores en la actualidad son fabricados por un conglomerado de empresas llamado General Electric (GE) en Waukesha, Wisconsin. Son equipos robustos que trabajan con un variado rango de gases de campo y un rango de poder desde 120 KW a 3600 MW. Además de esto pueden ser turbocargados (GSI) o aspirados (dependiendo de la clase de gas G p GL). Dentro de los más usados en Colombia están las series L7042, F3521, L5790 y P9390

#### 5.3.1 WAUKESHA L7042GL

Figura 1. Waukesha L7042GL



**Fuente:** GENERAL ELECTRIC. Waukesha gas engines VHP L7042GL [imagen] Usa: GE Power's. [Consultado el 22 de abril de 2018]. Disponible en: [https://www.gepower.com/content/dam/gepower-pgdp/global/en\\_US/documents/product/Reciprocating%20Engines/waukesha-vhp-l7042gl-product-sheet.pdf](https://www.gepower.com/content/dam/gepower-pgdp/global/en_US/documents/product/Reciprocating%20Engines/waukesha-vhp-l7042gl-product-sheet.pdf)



El motor Waukesha L7042GL es un motor a gas de la serie VHP, con un rango de potencia al freno de 987-1480 BHP (736 a 1104 KW). A continuación, se muestran los datos técnicos de esta máquina.

**Tabla 1. Datos técnicos Waukesha L7042GL**

<b>Dimensions l x w x h inch (mm)</b>	
147 (3734) x 85 (2159) x 97.83 (2485)	
<b>Weights lb (kg)</b>	
24,250 (11,000)	
<b>Cylinders</b>	<b>V12</b>
Piston displacement	7040 cu. in. (115 L)
Compression ratio	10.5:1
Bore & stroke	9.375" x 8.5" (238 mm x 216 mm)
Jacket water system capacity	100 gal. (379 L)
Lube oil capacity	190 gal. (719 L)
Starting system	125 - 150 psi air/gas 24V electric

**Fuente:** GENERAL ELECTRIC. Waukesha gas engines VHP L7042GL [Tabla] Usa: GE Power's. [Consultado el 22 de abril de 2018]. Disponible en: [https://www.gepower.com/content/dam/gepower-pgdp/global/en\\_US/documents/product/Reciprocating%20Engines/waukesha-vhp-l7042gl-product-sheet.pdf](https://www.gepower.com/content/dam/gepower-pgdp/global/en_US/documents/product/Reciprocating%20Engines/waukesha-vhp-l7042gl-product-sheet.pdf)

Además de esto tiene los siguientes datos de rendimiento:

**Tabla 2. Datos de rendimiento Waukesha L7042GL**

Intercooler Water Temperature 130°F (54°C)		1200 RPM	1000 RPM
	Power bhp (kWb)	1480 (1104)	1233 (919)
	BSFC (LHV) Btu/bhp-hr (kJ/kWh)	7284 (10307)	7161 (10134)
	Fuel Consumption Btu/hr x 1000 (kW)	10780 (3161)	8829 (2587)
Emissions	NOx g/bhp-hr (mg/Nm <sup>3</sup> @ 5% O <sub>2</sub> )	1.50 (607)	1.50 (607)
	CO g/bhp-hr (mg/Nm <sup>3</sup> @ 5% O <sub>2</sub> )	2.70 (1073)	2.70 (1073)
	NMHC g/bhp-hr (mg/Nm <sup>3</sup> @ 5% O <sub>2</sub> )	1.00 (405)	1.00 (405)
	THC g/bhp-hr (mg/Nm <sup>3</sup> @ 5% O <sub>2</sub> )	5.50 (2227)	5.50 (2227)
Heat Balance	Heat to Jacket Water Btu/hr x 1000 (kW)	2834 (830)	2351 (689)
	Heat to Lube Oil Btu/hr x 1000 (kW)	432 (127)	355 (104)
	Heat to Intercooler Btu/hr x 1000 (kW)	547 (160)	451 (132)
	Heat to Radiation Btu/hr x 1000 (kW)	336 (99)	310 (91)
	Total Exhaust Heat Btu/hr x 1000 (kW)	3073 (901)	2394 (702)
Intake/Exhaust System	Induction Air Flow scfm (Nm <sup>3</sup> /hr)	3699 (5685)	3029 (4656)
	Exhaust Flow lb/hr (kg/hr)	16050 (7281)	13145 (5963)
	Exhaust Temperature °F (°C)	710 (376)	669 (354)

**Fuente:** GENERAL ELECTRIC. Waukesha gas engines VHP L7042GL [Tabla] Usa: GE Power's. [Consultado el 22 de abril de 2018]. Disponible en: [https://www.gepower.com/content/dam/gepower-pgdp/global/en\\_US/documents/product/Reciprocating%20Engines/waukesha-vhp-l7042gl-product-sheet.pdf](https://www.gepower.com/content/dam/gepower-pgdp/global/en_US/documents/product/Reciprocating%20Engines/waukesha-vhp-l7042gl-product-sheet.pdf)

### 5.3.2 WAUKESHA F3521GSI

**Figura 2. Waukesha F3521 GSI**



**Fuente:** MANUAL WAUKESHA VHP F3521GSI [imagen] Dresser Waukesha. Usa: ISO 9001. [Consultado el 22 de abril de 2018]. Disponible en: <http://www.kraftpower.com/wp-content/uploads/2014/11/VHP-F3521GSI-7008-0102.pdf>

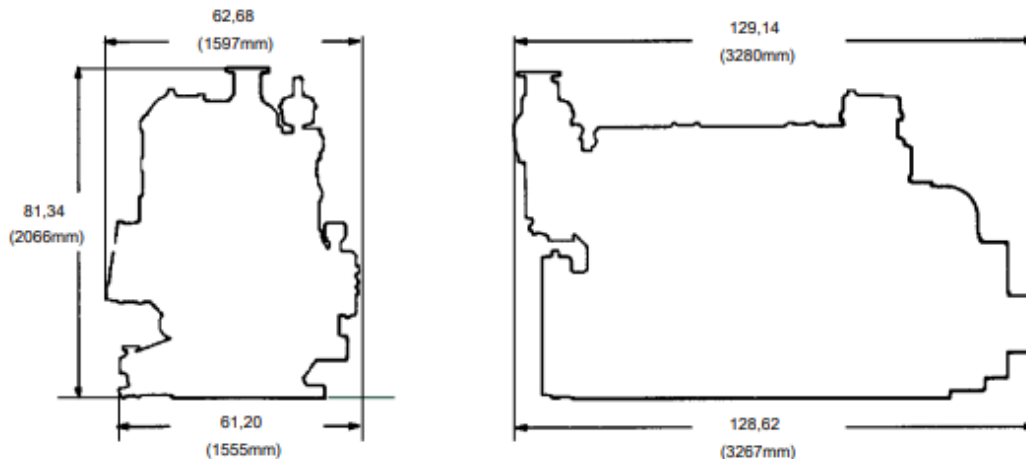
El motor Waukesha F3521 GSI es un motor a gas de la serie VHP turbocargado con un rango potencia al freno de 492-773 BHP. A continuación, se dan a conocer los datos técnicos de este equipo.

**Tabla 3. Datos técnicos Waukesha F3521GSI**

<b>Cylinders</b> Inline 6	<b>Lube Oil Capacity</b> 72 gal. (273 L)
<b>Piston Displacement</b> 3520 cu. in. (58 L)	<b>Starting System</b> 125 - 150 psi air/gas 24 V electric
<b>Bore &amp; Stroke</b> 9.375" x 8.5" (238 x 216 mm)	<b>Dry Weight</b> 15,000 lb. (6800 kg)
<b>Compression Ratio</b> 8:1	
<b>Jacket Water System Capacity</b> 48.5 gal. (191 L)	

**Fuente:** MANUAL WAUKESHA VHP F3521GSI [Tabla] Dresser Waukesha. Usa: ISO 9001. [Consultado el 22 de abril de 2018]. Disponible en: <http://www.kraftpower.com/wp-content/uploads/2014/11/VHP-F3521GSI-7008-0102.pdf>

**Figura 3. Dimensiones Waukesha F3521GSI**



**Fuente:** MANUAL WAUKESHA VHP F3521GSI [imagen] Dresser Waukesha. Usa: ISO 9001. [Consultado el 22 de abril de 2018]. Disponible en: <http://www.kraftpower.com/wp-content/uploads/2014/11/VHP-F3521GSI-7008-0102.pdf>

A continuación, se muestra la siguiente tabla de potencia continua:

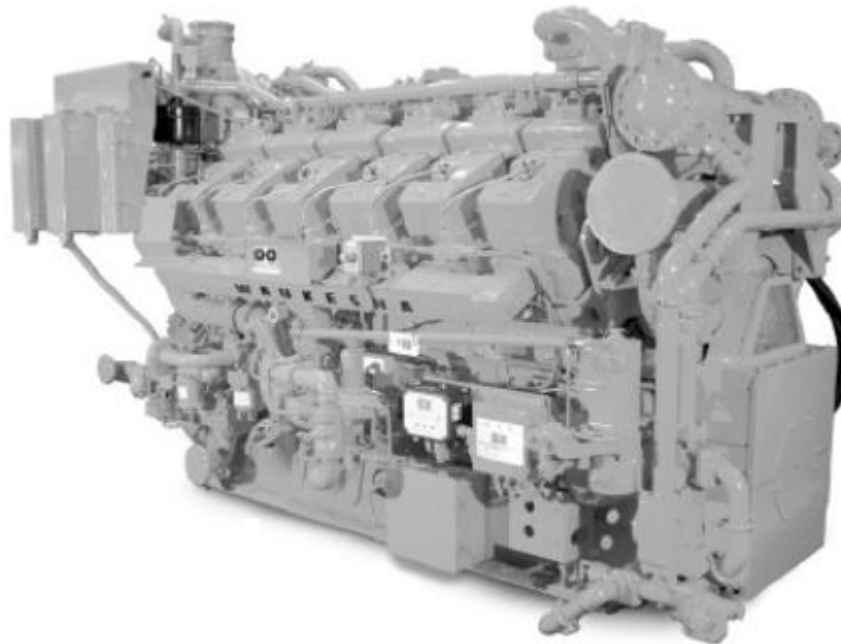
**Tabla 4. Clasificación potencia continua Waukesha F3521**

Model	I.C. Water Inlet Temp. °F (°C) (Tcra)	C.R.	Brake Horsepower (kWb Output)				
			800 rpm	900 rpm	1000 rpm	1100 rpm	1200 rpm
F3521GSI	85° (29°)	8:1	516 (385)	580 (433)	644 (480)	709 (529)	773 (577)
F3521GSI	130° (54°)	8:1	492 (367)	554 (413)	615 (459)	677 (505)	738 (550)

**Fuente:** MANUAL WAUKESHA VHP F3521GSI [Tabla] Dresser Waukesha. Usa: ISO 9001. [Consultado el 22 de abril de 2018]. Disponible en: <http://www.kraftpower.com/wp-content/uploads/2014/11/VHP-F3521GSI-7008-0102.pdf>

### 5.3.3 WAUKESHA L5790 G/GSI

**Figura 4. Waukesha L5790G/GSI**



**Fuente:** MANUAL WAUKESHA VHP L5790 G / GSI [imagen] Dresser Waukesha. Usa: ISO 9001. [Consultado el 22 de abril de 2018]. Disponible en: <http://www.kraftpower.com/wp-content/uploads/2012/11/VHP-L5790G-GSI-8007-0196.pdf>

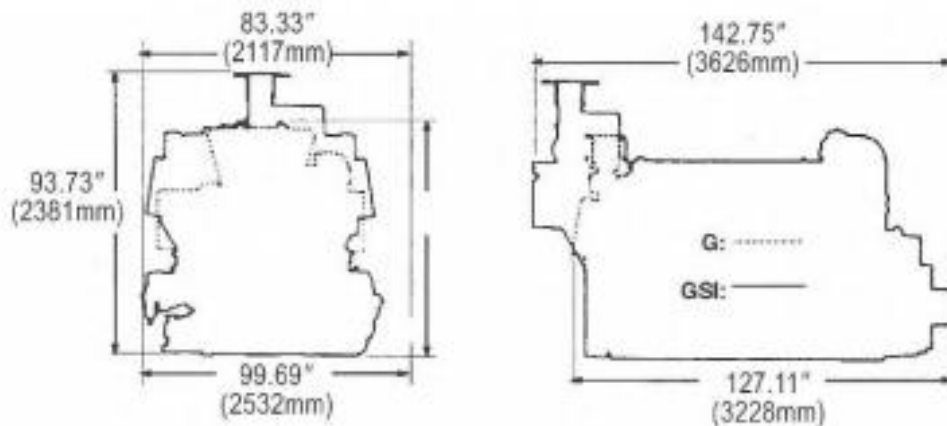
El motor L5790G/GSI es un motor turbocargado (GSI) o aspirado (G) a gas de la serie VHP de Waukesha, que tiene un rango de potencia al freno de 810 a 1272 BHP. Los demás datos técnicos se dan a conocer en la siguiente información:

**Tabla 5. Datos técnicos Waukesha L5790G/GSI**

<b>Cylinders</b> V 12	<b>Lube Oil Capacity</b> 90 gal. (340 L)
<b>Piston Displacement</b> 5788 cu. in. (58 L)	<b>Starting System</b> 125 - 150 psi air/gas 24/32 V electric
<b>Bore &amp; Stroke</b> 8.5" x 8.5" (216 x 216 mm)	<b>Dry Weight</b> G Models 20,500 lb. (9300 kg)
<b>Compression Ratio</b> 8.2:1	GSI Models 21,000 lb. (9525 kg)
<b>Jacket Water System Capacity</b> 73 gal. (276 L)	

**Fuente:** MANUAL WAUKESHA VHP L5790 G/GSI [Tabla] Dresser Waukesha. Usa: ISO 9001. [Consultado el 22 de abril de 2018]. Disponible en: <http://www.kraftpower.com/wp-content/uploads/2012/11/VHP-L5790G-GSI-8007-0196.pdf>

**Figura 5. Dimensiones Waukesha L5790GSI**



**Fuente:** MANUAL WAUKESHA VHP L5790 G / GSI [imagen] Dresser Waukesha. Usa: ISO 9001. [Consultado el 22 de abril de 2018]. Disponible en: <http://www.kraftpower.com/wp-content/uploads/2012/11/VHP-L5790G-GSI-8007-0196.pdf>

En la siguiente tabla se muestra la clasificación de potencia continua tanto para el G como para el GSI.

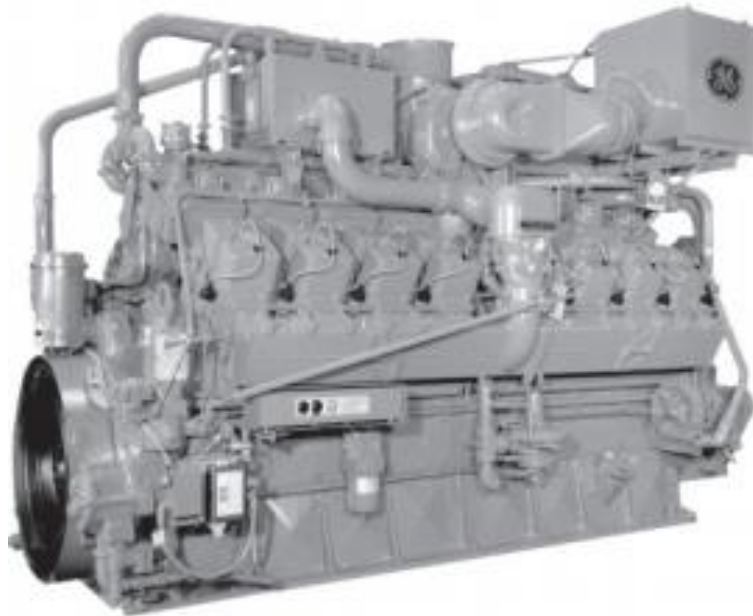
**Tabla 6. Clasificación de potencia continua Waukesha L5790G/GSI**

Model	I.C. Water Inlet Temp.	C.R.	Bore & Stroke in. (mm)	Displ. cu. in. (litres)	Brake Horsepower					
					700 rpm I C	800 rpm I C	900 rpm I C	1000 rpm I C	1100 rpm I C	1200 rpm I C
L5790GSI	85° F	8:1	8.5x8.5(216x216)	5788(95)	921 742	1052 848	1184 954	1315 1060	1447 1166	1579 1272
L5790GSI	130° F	8:1	8.5x8.5(216x216)	5788(95)	880 709	1005 810	1131 911	1257 1013	1382 1114	1508 1215
L5790G	—	10:1	8.5x8.5(216x216)	5788(95)	594 528	678 604	756 672	830 738	896 796	946 842
L5790G	—	8.2:1	8.5x8.5(216x216)	5788(95)	551 490	624 554	689 613	751 667	803 714	844 750

**Fuente:** MANUAL WAUKESHA VHP L5790 G/GSI [Tabla] Dresser Waukesha. Usa: ISO 9001. [Consultado el 22 de abril de 2018]. Disponible en: <http://www.kraftpower.com/wp-content/uploads/2012/11/VHP-L5790G-GSI-8007-0196.pdf>

### 5.3.4 WAUKESHA P9390GSI

**Figura 6 Waukesha P9390GSI**



**Fuente:** GENERAL ELECTRIC. Waukesha gas engines VHP P9390GSI [imagen] Usa: GE Power's. [Consultado el 22 de abril de 2018]. Disponible en: [https://www.gepower.com/content/dam/gepower-pgdp/global/en\\_US/documents/product/Reciprocating%20Engines/waukesha-vhp-p9390gsi-product-sheet.pdf](https://www.gepower.com/content/dam/gepower-pgdp/global/en_US/documents/product/Reciprocating%20Engines/waukesha-vhp-p9390gsi-product-sheet.pdf)

El motor P9390GSI es un motor a gas de la serie VHP de Waukesha, este motor es del tipo GSI lo que indica que es turbocargado y tiene un rango de potencia al freno

de 1320 a 1980 BHP (984-1476KWB). A continuación, se darán a conocer los datos técnicos y las dimensiones de este equipo.

**Tabla 7. Datos técnicos Waukesha P9390GSI**

<b>Cylinders</b>	<b>V16</b>
Piston displacement	9388 cu. in. (154 L)
Compression ratio	8:1
Bore & stroke	9.375" x 8.5" (238 mm x 216 mm)
Jacket water system capacity	148 gal. (560 L)
Lube oil capacity	165 gal. (625 L)
Starting system	125 - 150 psi air/gas 24V electric
<b>Dimensions l x w x h inch (mm)</b>	
160.12 (467) x 77.86 (1978) x 112.00 (2845)	
<b>Weights lb (kg)</b>	
28,750 (13041)	

**Fuente:** GENERAL ELECTRIC. Waukesha gas engines VHP P9390GSI [Tabla] Usa: GE Power's. [Consultado el 22 de abril de 2018]. Disponible en: [https://www.gepower.com/content/dam/gepower-pgdp/global/en\\_US/documents/product/Reciprocating%20Engines/waukesha-vhp-p9390gsi-product-sheet.pdf](https://www.gepower.com/content/dam/gepower-pgdp/global/en_US/documents/product/Reciprocating%20Engines/waukesha-vhp-p9390gsi-product-sheet.pdf)

Además de esto se dará a conocer los datos de rendimiento:

**Tabla 8. Datos de rendimiento Waukesha P9390GSI**

Temperatura Intercooler de agua 130 ° F (54 ° C)		1200 RPM	1000 RPM
	CV de potencia (KWB)	1480 (1104)	1233 (919)
	BSFC (LHV) Btu / bhp-hr (kJ / kWh)	7284 (10307)	7161 (10134)
	Consumo de Combustible Btu / hr x 1,000 (kW)	10780 (3161)	8829 (2587)
emisiones	NOx g / bhp-hr (mg / Nm <sup>3</sup> @ 5% O <sub>2</sub> )	1,50 (607)	1,50 (607)
	CO g / bhp-hr (mg / Nm <sup>3</sup> @ 5% O <sub>2</sub> )	2.70 (1073)	2.70 (1073)
	NMHC g / bhp-hr (mg / Nm <sup>3</sup> @ 5% O <sub>2</sub> )	1,00 (405)	1,00 (405)
	THC g / bhp-hr (mg / Nm <sup>3</sup> @ 5% O <sub>2</sub> )	5.50 (2227)	5.50 (2227)
Balance de calor	Calentar a la chaqueta de agua Btu / hr x 1,000 (kW)	2834 (830)	2351 (689)
	Calentar a aceite lubricante Btu / hr x 1,000 (kW)	432 (127)	355 (104)
	Calentar a Intercooler Btu / hr x 1,000 (kW)	547 (160)	451 (132)
	Heat a la radiación Btu / hr x 1,000 (kW)	336 (99)	310 (91)
	De escape de calor total Btu / hr x 1,000 (kW)	3073 (901)	2394 (702)
Admisión / Escape	scfm flujo de aire de inducción (Nm <sup>3</sup> / hora)	3699 (5685)	3029 (4656)
	Flujo de escape lb / hr (kg / hr)	16050 (7281)	13145 (5963)
	Temperatura de escape ° C (° C)	710 (376)	669 (354)

**Fuente:** GENERAL ELECTRIC. Waukesha gas engines VHP P9390GSI [Tabla] Usa: GE Power's. [Consultado el 22 de abril de 2018]. Disponible en: [https://www.gepower.com/content/dam/gepower-pgdp/global/en\\_US/documents/product/Reciprocating%20Engines/waukesha-vhp-p9390gsi-product-sheet.pdf](https://www.gepower.com/content/dam/gepower-pgdp/global/en_US/documents/product/Reciprocating%20Engines/waukesha-vhp-p9390gsi-product-sheet.pdf)

## 5.4 CULATA

La culata o cabeza de motor, es una parte vital de cualquier motor de combustión interna o ciclo Otto, esta pieza es la que realiza sello con el bloque tapando el cilindro en la parte superior, lo cual se realiza mediante tornillos, también es la que permite el paso de combustible y la liberación de gases. Este es un elemento complejo en cuanto a su nivel de precisión en la fabricación, ya que, debe soportar temperaturas elevadas porque hace parte de la cámara de combustión, además de esto debe tener cavidades por donde circulará el líquido refrigerante, cavidades para la línea de admisión y escape y cavidades para la circulación del lubricante, las cuales deben ser independientes para así evitar que el ingreso de líquidos diferentes a la mezcla a la cámara de combustión, es por esto que los fabricantes en la mayoría de ocasiones prefieren el uso de aleaciones de aluminio.



**Figura 7. Culata**



**Fuente:** DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A GASOLINA (CULATA) [imagen] Sena. Colombia [Consultado el 22 de abril de 2018]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/237952192/UNIDAD-1>

#### **5.4.1 FUNCIONAMIENTO**

La función principal de la culata o cabeza de cilindro, es alojar las piezas encargadas de permitir el paso del combustible en la cámara de combustión o en el cilindro y la salida de humos generados durante la explosión de la mezcla hacia el tubo de escape o exosto, por esta razón en la culata de encuentran las válvulas que hacen posible el cumplimiento de esta misión, además de esto la cabeza de cilindro aloja otros dispositivos encargados de la inyección, las bujías, el termostato son otros dispositivos que se encuentran en la culata y se encargan de sus temas correspondientes, Soriano y Antonio<sup>4</sup>

<sup>4</sup>SORIANO, Alzallú; ANTONIO, José. Bloque culata y cárter del motor de combustión. España: Ciclo formativo de grado medio en electromecánica de vehículos. 2016.

## 5.4.2 POSIBLES FALLAS DE CULATA

Las fallas de una culata se dan por diversos motivos como:

- Corrosión / Cavitación en el aluminio:

El uso de refrigerantes de mala calidad o utilizando sólo agua conduce a la corrosión del aluminio.

La misma culata, en la que el cliente ha utilizado refrigerantes de calidad. Sin corrosión.

- Sobrecalentamiento:

Daños causados por mal funcionamiento de la refrigeración.

- Fallos de inyección:

Fallos de caudal en los Inyectores (desajuste, latiguillos sucios, etc...) pueden conducir a goteos de combustible en el cilindro. La explosión súbita de las acumulaciones de combustible puede quemar y erosionar el aluminio en la cara de cámaras.

- Sobre apriete en los apoyos del árbol de levas o de inyectores:

Los pares de apriete establecidos por origen (OE) deben siempre ser respetados. En caso contrario fisuras y roturas pueden producirse en los apoyos del árbol de levas o en los alojamientos de inyector.

- Fallos de instalación:

En reparaciones del motor que requieren volver a poner a punto la distribución, ésta debe quedar correctamente calada.<sup>5</sup>

Por tal razón al momento de realizar la reparación de una culata se deben utilizar repuestos nuevos y ejecutar de manera correcta el montaje en el bloque.

## 6. METODOLOGÍA

Mediante la utilización de los procedimientos no estandarizados ejecutados por la rectificadora RMH SAS a través del conocimiento empírico, se procederá a identificar cada uno de los pasos que se deben llevar a cabo para la reparación total

<sup>5</sup> AMC. Culatas causas de posibles fallas [en línea]. Blogs AMC. [Consultado: 22 de abril de 2018] Disponible en internet: <http://www.amc.es/wp-content/uploads/2016/08/Poster-danyos-culatas-esp.pdf>

de las culatas de los motores L7042, F3521, L5790, P9390 de tipo G/ GL/ GSI de la serie VHP de Waukesha

El conocimiento de este procedimiento será la base para desarrollar el manual que permitirá hallar los posibles daños y proceder a la reparación total de la culata de manera exitosa, eficiente y eficaz. La realización de dicho manual se ejecutará con la organización de los pasos de manera cronológica para disminuir el tiempo de entrega al cliente y aumentar la productividad de la empresa en general, beneficiando de manera significativa los ingresos para dicha empresa.

## 7. CAPÍTULO 1

### DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN Y LISTADO DE COMPONENTES QUE DEBEN REEMPLAZARSE

#### 7.1 Diagnóstico de la situación actual de la reparación de las culatas de la serie CG204702N de Waukesha

La reparación de las culatas CG204702N ha evolucionado desde que la empresa Waukesha pertenecía a Dresser. Esta compañía expedía boletines de servicios técnicos mejorando algunas de las características de los elementos que componen a la culata. Esto se realizó con el fin de alargar el ciclo de vida de estos elementos, ya que, a medida del tiempo Dresser evidenció que en unas series de los motores Waukesha varios elementos tenían menor durabilidad que en las otras series, esto se debe cada serie de motores están diseñados de manera diferente a los otros, es decir, los motores G son motores de aspiración normal, los motores GSI son motores turbo cargados y los motores GL son de aspiración y emplean gas residual, por ende, cada serie maneja rangos de temperatura diferente a las demás. Por esta razón Dresser decidió realizar modificaciones en los elementos de la culata.

De acuerdo a Dresser en su boletín de servicio número 7-2912 se realiza una modificación en las cuñas cónicas para el resorte de las válvulas, con el propósito de reducir el ajuste con el retenedor y el vástago de la válvula, mejorar la lubricación del vástago y asentarlo ligeramente más arriba que las cuñas anteriores.

Otro cambio relevante fue la modificación en la válvula y en la guía de la válvula de escape para los motores de las series G/GSI para soportar altas temperaturas, además, tienen un sistema de enfriamiento por agua caliente, enfriamiento exuberante y termostatos opcionales de alta temperatura. La temperatura de este sistema es igual a la del circuito de refrigeración de la culata. Dresser 2001.

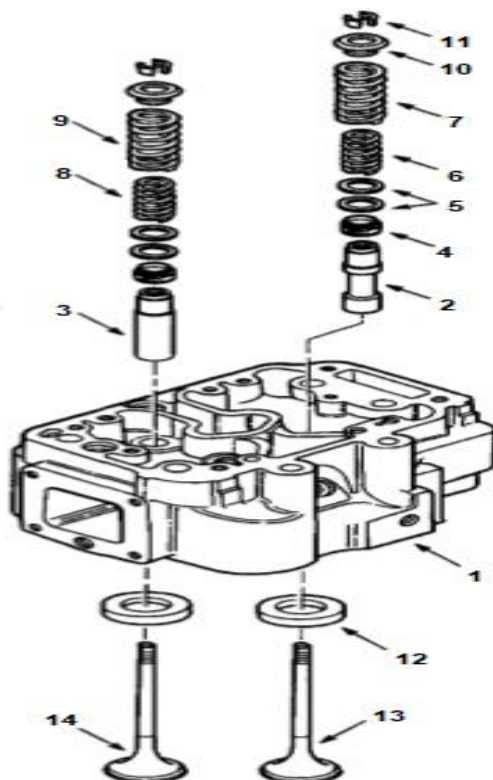
En la actualidad la reparación de las culatas Waukesha se genera por dos factores, el primero es debido al cumplimiento de tiempo de trabajo y de ésta, lo que indica que en este caso es un mantenimiento preventivo, el segundo factor es debido a una falla en el motor causada por la culata, lo que quiere decir que es un mantenimiento correctivo. Por tal razón la reparación de estos elementos se realiza con el fin de corregir posibles fallas y prolongar el ciclo de vida de ésta, garantizando quedar en condiciones óptimas para cumplir con el trabajo para el cual fue diseñada y reduciendo su tiempo de indisponibilidad. En Colombia existen pocas empresas que realizan este tipo de trabajo debido a que la información sobre estos equipos es muy reservada, por esta razón,

no existe un procedimiento o plan de mantenimiento donde se dé el orden cronológico de como ejecutar la reparación general para estas culatas. Debido a esto las empresas se han visto obligadas a aprender de manera empírica a ejecutar este proceso, trayendo como consecuencia pérdidas sustanciales a la organización, que en la mayoría de veces son provocadas por tomar demasiado tiempo para ejecutar la reparación, lo cual disminuye la disponibilidad de la culata, o por una secuencia lógica para el procedimiento erróneo. Por esta razón se hace necesario el diseño de un manual que determine los pasos que se deben seguir con respecto a la reparación general de culatas CG204702N de Waukesha.

## 7.2 Listado de componentes que deben ser reemplazados por partes nuevas

Cuando se realiza la reparación general de las culatas de serie CG204702N de Waukesha, existen elementos que deben ser reemplazados por piezas nuevas, ya que, algunos de estos componentes se dañan cuando la culata se desarma como los sellos de válvulas, o simplemente han cumplido con su ciclo de vida, además, son un grupo de componentes en el cual la función de uno depende del otro, por ende, si uno de estos elementos no se encuentra en condiciones óptimas para cumplir con la función para la que fue destinado, provocará que los demás componentes fallen y se desgasten con mayor rapidez. Por esta razón este grupo de piezas debe sustituirse por partes nuevas.

Figura 8. Componentes culata CG204702N



**Fuente:** Cylinder head assembly [imagen] Dresser Waukesha. Usa: [Consultado el 6 de octubre de 2018]. Disponible en: WAUKESHA VHP 12 Cylinder G/GL/GSI Engines Parts Catalog.

**Tabla 9. Componentes de la culata CG204702N**

Item	Parte-número	Descripción
1	CG204702N	Cabeza de cilindro (culata)
2	CG204109P	Guía de la válvula de escape
3	CG204109	Guía de la válvula de admisión
4	CG176450H	Sello de válvulas (admisión y escape)
5	C153883A	Arandelas de los resortes de válvulas
6	C204035	Resorte interior de la válvula de escape
7	C204135	Resorte exterior de la válvula de escape
8	C204035A	Resorte interior de la válvula de admisión
9	C204135A	Resorte exterior de la válvula de admisión
10	C153884D	Retenedor del resorte de la válvula (admisión y escape)
11	C73629	Cuña cónica para el resorte de válvula
12	CG176352P	Asientos de válvulas (admisión y escape)
13	C204236M	Válvulas de escape 30°
14	C204236K	Válvulas de admisión 30°

**Fuente:** propia

En la figura 1 y en la tabla 1 se identifican los elementos que forman parte de la culata con su respectivo parte número. Todos estos elementos hacen parte de kit de reparación de culatas que ofrece la empresa General Electric, es importante saber a qué motor pertenece la culata, porque, de esto depende la cantidad de elementos que se deban solicitar, ya que, estas culatas son utilizadas para motores de seis y de doce cilindros.

### 7.2.1 Validación del kit de reparación

Es importante verificar que el parte número y las dimensiones de los elementos que conforman el kit de reparación de la culata sean correctas, ya que, son productos importados y existe la posibilidad que tanto el proveedor o el encargado de realizar la requisición de compra hayan cometido alguna equivocación. Si no se realiza esta validación se podría instalar un componente que no está diseñado para este tipo de culatas, un error así podría ocasionar fallas como mal asentamiento de las válvulas permitiendo paso de aceite, mala combustión, daño en las bujías, etc. O podría llegar a causar una catástrofe como el desprendimiento de la cabeza de la válvula, la cual

chocaría contra el pistón dentro de la cámara de combustión ocasionando la ruptura de la camisa o de la misma culata.

Por esta razón, la persona que recibe los productos nuevos debe corroborar si el parte número corresponde a lo solicitado, además, se emplea una lista de chequeo (tabla 2) donde el técnico deberá medir las dimensiones de estos elementos y con base a esa toma de medidas determinar si los elementos son aptos o no.

**Tabla 10. Lista de chequeo kit de reparación de culata**

Lista de chequeo						
Metrología de kit de reparación de culatas						
N°	Elemento a verificar	Medida (in)	Medida (mm)	Aplica	No aplica	Observaciones
1	(A) Longitud del vástago de la válvula para motores G/GSI (Admisión y escape)	10,883	276,428			
	Para motores GL: Admisión Escape	10,883	276,428			
		10,837	275,26			
2	(B) Diámetro del vástago de la válvula					
	Motores G/GSI: Admisión	0,557-0,558	14,148-14,173			
	Escape (parte superior)	0,5591-0,5596	14,2011-14,2189			
	Escape cónico (parte inferior)	0,5573-0,5580	14,1554-14,1732			
	Motores GL (admisión y escape)	0,557-0,558	14,148-14,173			
3	(C) Diámetro de la cabeza de la válvula (admisión y escape)	2,825-2,835	71,755-72,009			
4	(D) Angulo de la cara de la válvula para motores G/GSI (admisión y escape)	30°±15'	30°±15'			
	Para motores GL: Admisión Escape	30°±15'	30°±15'			
		20°±15'	20°±15'			
5	(D*) Ancho del asiento de la válvula para motores G/GSI (admisión y escape 30°)	0,265	6,731			
	Para motores GL (admisión 30° Escape 20°)	0,265	6,731			
		0,281	7,137			
6	(E) Longitud de la guía de la válvula (admisión y escape)	5,188	131,775			
7	(F) Diámetro exterior de la guía de la válvula (admisión y escape inferior)	1,0015-1,0025	25,4381-25,4635			
8	(F*) Diámetro exterior de la guía de la válvula (escape superior)	0,997-0,996	25,324-25,350			
9	(G) Diámetro interior de la guía (escariado en el ensamblaje, excepto las guías endurecidas en aplicaciones de relleno sanitario)	0,5608-0,5615	14,244-14,262			
10	(G) Guía de la válvula para la holgura del vástago de la válvula					
	Para motores G/GSI: Admisión Escape (parte superior)	0,0028-0,0045	0,0711-0,01143			
		0,0010-0,0027	0,0254-0,0686			
	Escape cónico (parte inferior)	0,0028-0,0045	0,0711-0,1143			

	Para motores GL (admisión y escape)	0,0028-0,0046	0,0711-0,1144			
11	(H) Diámetro exterior del inserto del asiento de la válvula (admisión y escape)	3,002-3,003	76,251-76,276			
12	(I) Diámetro interior del inserto del asiento de la válvula (admisión y escape)	2,441-2,451	62,001-62,255			
13	(J) Altura del inserto del asiento de la válvula (admisión y escape)	0,550-0,555	13,970-14,097			
14	(K) Angulo del asiento del inserto del asiento de la válvula para motores G/GSI (admisión y escape)	30°±15'	30°±15'			
	Para motores GL: Admisión Escape	30°+30'-0'	30°+30'-0'			
		20°+30'-0'	20°+30'-0'			
15	(K*) Ancho del asiento del inserto del asiento de la válvula para motores G/GSI (admisión y escape)	0,172-0,203	4,370-5,160			
	Para motores GL: Admisión 30°	0,172-0,204	4,370-5,161			
	Escape 20°	0,188-0,250	4,780-6,350			

Fuente: propia

Es posible que existan casos donde las válvulas tanto de admisión como de escape no se vean en la necesidad de ser reemplazadas, de ser así, se deben verificar los parámetros requeridos de estos componentes para determinar si es posible que la culata continúe trabajando en óptimas condiciones con estas piezas. Para esto refiérase al anexo 1.



## 8. CAPÍTULO 2

### LIMPIEZA, DESARME Y DIAGNÓSTICO DE LA CULATA

#### 8.1 Limpieza y desarme

Las empresas que se desempeñan en el campo de la generación de energía mediante moto-generadores deben mantener sus equipos funcionando 24 horas 7 días a la semana, por esta razón cuando se debe realizar una operación de mantenimiento se debe llevar a cabo en el menor tiempo posible. Para minimizar el tiempo de operación y el reducir el costo de repuestos vitales para el funcionamiento de los motores, estas empresas se han visto en la necesidad de importar elementos como las culatas para remanufacturar.

En la mayoría de ocasiones las culatas se encuentran almacenadas a la intemperie generando corrosión en ésta, además, como son elementos que han estado en funcionamiento tienen una capa de carbón en la superficie inferior debido a la combustión de motor. Por tal razón, se debe realizar una buena limpieza en la culata para poder determinar si se encuentra en condiciones recomendables para repararse certificando que cumpla con las características necesaria para su correcto funcionamiento. Para llevar a cabo este proceso lo primero que se debe hacer es proceder a desarmar la culata.

##### 8.1.1 Desarme de la culata.

El proceso de reparación de estas culatas inicia con su desarme, puesto que, para poder realizar correctamente la limpieza de los alojamientos y lavado químico de la culata es necesario retirar los elementos que la conforman, además, estas piezas deben diagnosticarse para determinar posibles fallas o defectos de la culata.

Para dar inicio a este procedimiento es indispensable que cada empleado cuente con su respectiva orden de trabajo (anexo 2), esto se hace con el fin de llevar orden en la empresa y en la secuencia del proceso, también se emplean por el supervisor o líder de taller para elaborar un informe o reporte de seguimiento (anexo 3) con el fin de informar al cliente en qué etapa de la reparación se encuentran las culatas o si se presenta cualquier anomalía en alguna fase del proceso. Para desensamblar los componentes de la culata es imperativo seguir el procedimiento que se muestra a continuación.

#### **Procedimiento para extraer válvulas, guías y asientos de válvulas para culatas CG204702N**

##### **1. Descripción:**

Este procedimiento establece las acciones de se deben seguir en orden cronológico para efectuar de manera correcta la extracción de las válvulas, guías y asientos de admisión y de escape de las culatas CG204702N de los motores Waukesha.

## **2. Alcance:**

Este procedimiento abarca el área de ingeniería y taller de mantenimiento mecánico.

## **3. Definiciones y abreviaturas:**

N/a

## **4. Responsabilidades:**

### 4.1 Supervisor:

- Asegurar la competencia de los ejecutantes, la integridad de las personas, de los equipos, del medio ambiente y del proceso.
- Asegurar la vigencia del procedimiento y el cumplimiento de las normas establecidas dentro de las políticas de aseguramiento de calidad.
- Asegurar que el ejecutante realice el paso a paso de este procedimiento, cumpliendo con las políticas del Sistema de Gestión Integral.

### 4.2 Ejecutante:

- Asegurar el seguimiento paso a paso de este procedimiento y dar el adecuado manejo del cambio ante cualquier variación que se presente en el desarrollo de esta labor.

## **5. Herramientas y equipos:**

- Prensa para retirar válvulas.
- Martillo de goma.
- Prensa hidráulica.
- Herramienta de izaje.

## **6. Precauciones de salud y seguridad:**

Para realizar una actividad de este tipo primero debe estar evaluada por ssyt, además, el ejecutante debe utilizar los elementos de seguridad adecuados para ejecutar este procedimiento como, botas punta de acero, guantes carnaza, gafas de seguridad, entre otros.

Para realizar el izaje de cargas se debe tener en cuenta lo siguiente:

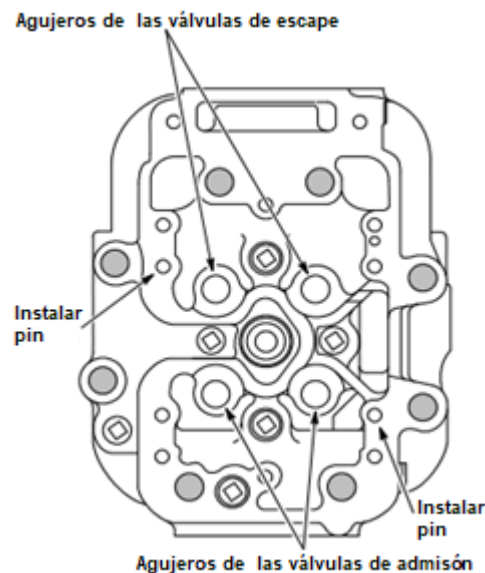
- Si se requiere el uso de algún tipo de herramienta de izaje, esta debe estar en buen estado y debe estar certificada.
- Una sola persona puede levantar una carga máxima de 20 Kilogramos.
- Para cargas mayores de 20Kg se puede solicitar ayuda solamente de una persona si la carga pesa menos de 40Kg.
- Cargas de más de 40 kilogramos deben levantarse con ayuda mecánica.

## 7. Descripción y actividades:

### 7.1. Extraer válvulas.

7.1.1. El ejecutante debe instalar la prensa para retirar válvulas en uno de los orificios de ½-13 x 5.5”, el cual le proporcione la posición más cómoda para realizar el trabajo. Esto debe realizarse en una superficie resistente y plana. Ver figura 9.

**Figura 9. Ubicación de orificios para el montaje de la prensa**



**Fuente:** Screw pin location [imagen] Dresser Waukesha. Usa: [Consultado el 6 de octubre de 2018]. Disponible en: Models affected.

7.1.2. Una vez esté ajustada la prensa para retirar válvulas, ésta debe acoplarse con el retenedor de los resortes y comprimir los resortes de la válvula.

7.1.3. Inmediatamente se compriman los resortes se deben extraer las cuñas cónicas de sujeción entre el vástago de la válvula y el retenedor o cazuela de resortes, y liberar la presión sobre éstos.

7.1.4. Posteriormente se deje de ejercer presión sobre los resortes, se retiran los retenedores, los resortes, las arandelas y los sellos de válvula.

7.1.5. Acto seguido el ejecutor debe levantar la culata e inmediatamente la válvula deberá deslizarse por la guía saliendo de ésta, si no se desliza basta con dar un golpe moderado con el martillo de goma en el vástago de la válvula para que sea expulsada de la culata. Este proceso debe repetirse en cada válvula.

## 7.2. Extraer asientos.

7.2.1. Lo primero que se debe hacer para retirar los asientos de las válvulas de la culata es soldar una válvula de las que se van a reemplazar al asiento que se vaya a retirar, este proceso debe hacerse justo donde la válvula y el inserto hacen sello.

7.2.2. Al finalizar la soldadura se procede a instalar la culata en una prensa hidráulica, dejando la superficie inferior hacia abajo, ya que, la prensa actuará sobre el vástago de la válvula. La cabeza de la válvula debe quedar elevada para que pueda desplazarse hacia afuera de la culata.

7.2.3. Una vez la culata se posicione adecuadamente en la prensa hidráulica, se extraen los asientos, el ejecutor debe tener en cuenta que este procedimiento debe realizarse con un avance de la prensa moderado para que no exista desprendimiento de material de la culata.

## 7.3. Extracción de guías.

7.3.1. Finalizada la extracción de los asientos y sin desmontar la culata de la presa hidráulica se procede a retirar las guías de las válvulas de la culata, para esto es necesario incorporar un extractor de guías en la prensa. Este proceso debe repetirse para cada inserto.

7.3.2. Después de instalar el extractor para guías de válvulas de culatas CG204702N, se inicia con la extracción de las guías, el ejecutor debe tener en cuenta que este proceso se ejecuta con un avance de la prensa moderado para evitar desgarramientos en el alojamiento de la guía. Este proceso debe repetirse para cada guía.

## 8.1.2 Limpieza

Una vez desarmada la culata el siguiente paso es realizar su limpieza, para empezar con este proceso se necesita una pulidora y un taladro ambas herramientas con accesorios de grata, para el taladro se requerirá una copa de 3”.

Con la pulidora se debe limpiar la superficie plana de la culata para eliminar posibles capas de corrosión o de carbón, para los alojamientos de los asientos de válvulas se usa el taladro con la copa de grata.

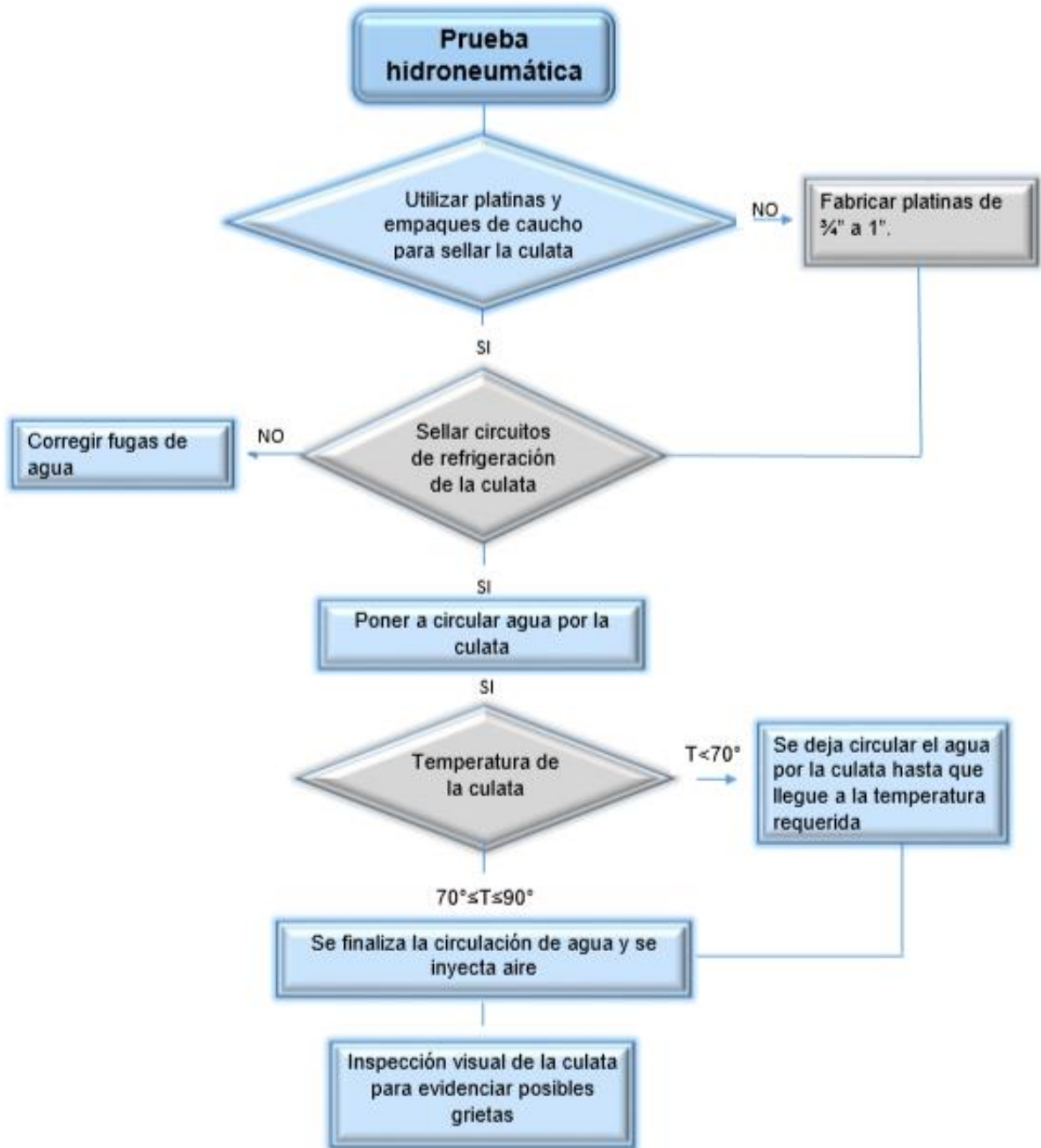
Luego de limpiar con ambas herramientas la culata, se introduce en un horno para realizar un lavado químico a alta presión con soda cáustica (anexo 4) a una temperatura de 80° Celsius durante 60 minutos, para retirar pintura, grasa, carbón, etc. Al finalizar el lavado químico se debe jugar la soda caustica con agua a alta presión, para este procedimiento se debe tener en cuenta el usar de gafas de seguridad, guantes de nitrilo, botas de caucho y delantal de lona, para evitar contacto con el químico.

## **8.2 Diagnóstico**

Para determinar el estado en el que se encuentra la culata es necesario realizar la metrología correspondiente, además se deben aplicar diferentes pruebas para verificar que no se presenten discontinuidades considerables que dejen la culata por fuera de condiciones operativas.

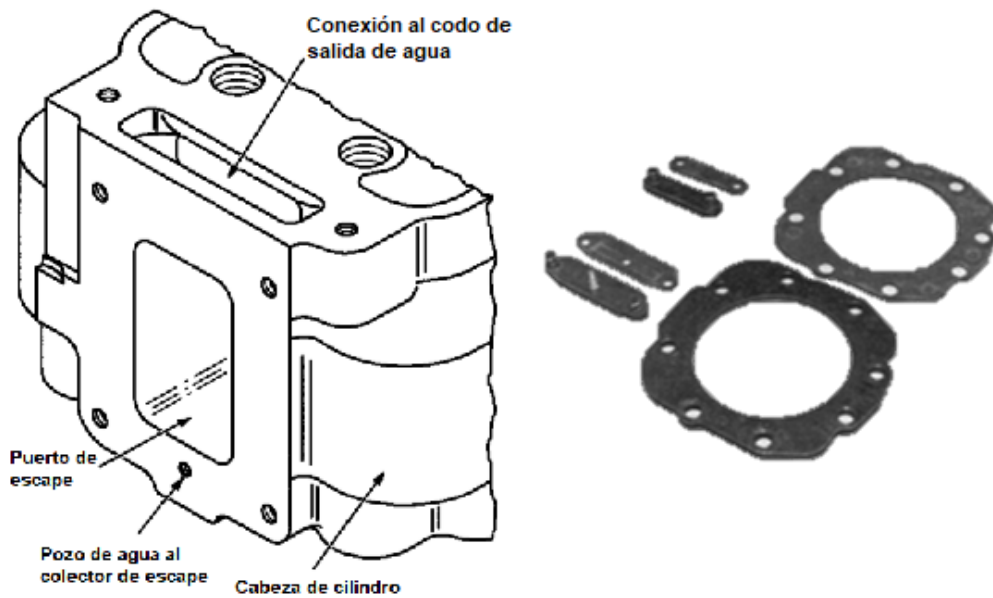
### **8.2.1 Prueba hidroneumática**

Una vez lavada la culata se procede a realizar la prueba hidroneumática. Esta prueba consiste en dilatar la culata para determinar posibles poros o grietas. A continuación, se muestra un flujo grama en el cual se expone como llevar a cabo este procedimiento.



Para ejecutar de manera correcta esta prueba, es esencial fabricar tres platinas de hierro de 3/4" a 1" de espesor, como se aprecia en la figura 10.

**Figura 10. Platinas para pruebas hidroneumáticas**



**Fuente:** Cylinder Head Capscrew Tightening and Torquing Sequence [imagen] Dresser Waukesha. Usa: [Consultado el 6 de octubre de 2018]. Disponible en: Waukesha VHP 12 cylinder G/GS/GL manual.

La primera platina debe tener la forma del empaque de culata, la segunda se fabrica para cubrir la conexión del codo de la salida de agua en la parte superior de la culata y la tercera sella el orificio de salida de agua centrado justo debajo del puerto de salida de los gases de escape, a las últimas dos platinas se les debe hacer un orificio de 3/8" o 1/2" para adaptar un accesorio de acople rápido y poder conectar la entrada y salida de agua caliente. Cada platina debe tener un empaque de caucho con su respectiva forma para garantizar que el ducto de refrigeración de la culata quede completamente sellado.

Antes de poner a circular el agua, ésta debe alcanzar una temperatura mayor o igual a 70° Celsius, inmediatamente el agua esté a esa temperatura se pone a circular a 14 psi por el interior de la culata hasta que la temperatura de la culata esté en un rango entre 70°C como mínimo hasta 90°C como valor máximo. Cuando esto suceda se detiene el movimiento del agua y se inyecta aire a una presión de 17psi a 30psi, la presión del aire no debe sobrepasarse de 50psi porque podría ocasionar rupturas en la culata. De esta manera la temperatura de la culata hace que ésta se dilate separando posibles grietas o poros y al inyectar el aire, si existe alguna clase de fisura en la culata por ahí saldrá aire y agua revelando su ubicación.

### **8.2.2 Prueba de tintas penetrantes**

En caso de hallar alguna rotura en la prueba hidroneumática el siguiente paso es realizar una prueba de tintas penetrantes (anexo 5). Esta prueba consiste en aplicar una serie de productos

sobre el área en donde se encuentra la rotura, con el fin de determinar el tamaño de dicha irregularidad. El procedimiento para ejecutar este tipo de prueba se muestra a continuación.

## **Procedimiento para realizar pruebas de tintas penetrantes**

### **1. Descripción:**

Este procedimiento establece la secuencia lógica para ejecutar de manera correcta una prueba de tintas penetrantes en cualquier superficie metálica.

### **2. Alcance:**

Este procedimiento identifica las dimensiones de anomalías en superficies metálicas y debe ser observado por el jefe de taller o supervisor.

### **3. Definiciones y abreviaturas:**

N/a

### **4. Responsabilidades:**

#### 4.1 Supervisor:

- Asegurar la competencia de los ejecutantes, la integridad de las personas, de los equipos, del medio ambiente y del proceso.
- Asegurar la vigencia del procedimiento y el cumplimiento de las normas establecidas dentro de las políticas de aseguramiento de calidad.
- Asegurar que el ejecutante realice el paso a paso de este procedimiento, cumpliendo con las políticas del Sistema de Gestión Integral.

#### 4.2 Ejecutante:

- Asegurar el seguimiento cronológico de este procedimiento y dar el adecuado manejo del cambio ante cualquier variación que se presente en el desarrollo de esta labor.

### **5. Herramientas y equipos:**

- Herramienta de izaje.
- Kit de tintas penetrantes.
- Trapos.

### **6. Precauciones de salud y seguridad:**



Para realizar una actividad de este tipo primero debe estar evaluada por ssyt, además, el ejecutante debe utilizar los elementos de seguridad adecuados para ejecutar este procedimiento como, botas punta de acero, guantes carnaza, gafas de seguridad, entre otros.

Para realizar el izaje de cargas se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Si se requiere el uso de algún tipo de herramienta de izaje, esta debe estar en buen estado y debe estar certificada.
- Una sola persona puede levantar una carga máxima de 20 Kilogramos.
- Para cargas mayores de 20Kg se puede solicitar ayuda solamente de una persona si la carga pesa menos de 40Kg.
- Cargas de más de 40 kilogramos deben levantarse con ayuda mecánica.

## **7. Descripción y actividades:**

7.1 Para remover residuos grasos aplique el removedor y/o limpiador directamente al área de prueba. Limpie el área con un trapo. Repita este procedimiento cuantas veces sea necesario. La última pasada deberá dar como resultado un trapo limpio. Permita que el área de prueba se seque.

7.2 Rocíe el área de prueba con la tinta penetrante. Espere de 10 a 30 minutos.

7.3 Rocíe el removedor/limpiador en un trapo limpio y no en el área de prueba. Limpiando en una sola dirección remueva todo el penetrante de superficie. Repita cuantas veces sea necesario.

7.4 Rocíe el área de prueba con el desarrollador, aplique una capa delgada. Permita que la capa se seque completamente. La aplicación apropiada se seca creando una capa blanca pareja.

7.5 Cuidadosamente inspeccione el área de prueba para ver si hay roturas. Un sólido de color brillante o una línea de puntos marca una rotura. Las roturas finas pueden ser vistas a los 15 minutos de aparecer. Las roturas grandes pueden ser vistas casi inmediatamente. Si la rotura es ancha y profunda la indicación crecerá y se esparcirá determinando el tamaño de ésta.

7.6 Limpie el área de prueba si no hay roturas.

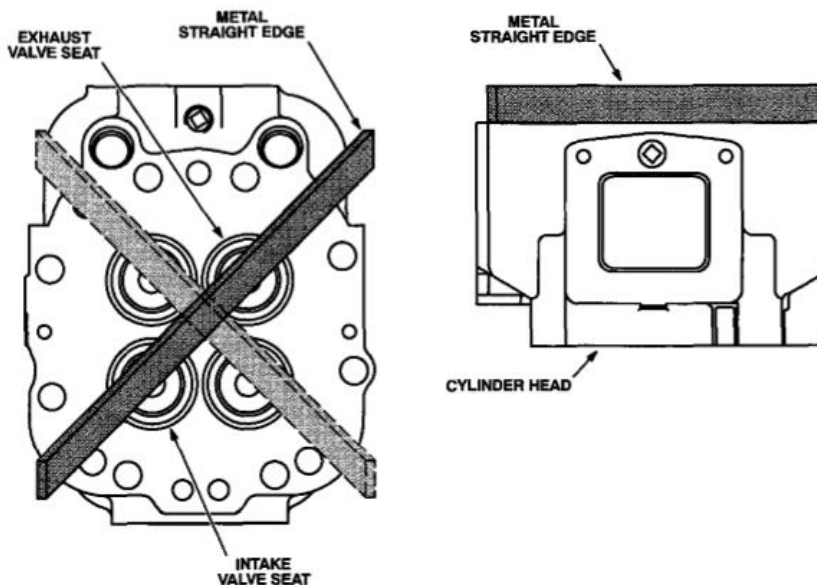
7.7 Descarte la culata si hay roturas.

### **8.2.3 Metrología de la culata**

Si los resultados de las pruebas son satisfactorios se procede a verificar la metrología de los diferentes parámetros de la culata.

Inicialmente se verifica la planitud de la superficie inferior de la culata, para esto debe emplearse una regla metálica que debe ubicarse diagonalmente de manera que intercepte los alojamientos de las válvulas de admisión y escape, como se muestra en la figura 11, inmediatamente debe deslizarse un calibrador de galgas por debajo de la regla para revisar si existe la presencia de alabeo de la culata, este procedimiento debe repetirse en ambas posiciones. El espacio entre la regla y la superficie no debe excederse de 0.002” o 0.051mm, de lo contrario se debe rectificar la parte inferior de la culata.

Figura 11. Planitud de la culata



**Fuente:** Cylinder Head - Intake Port Side [imagen] Dresser Waukesha. Usa: [Consultado el 6 de octubre de 2018]. Disponible en: Waukesha VHP 12 cylinder G/GS/GL manual.

Una vez verificada la altura de la culata se toman las medidas de los alojamientos de los asientos y de las guías de las válvulas tanto de admisión como de escape. Para medir los alojamientos de las guías se debe tener en cuenta que no son iguales, ya que, las guías de las válvulas de escape necesitan refrigerarse porque trabajan con los gases que se producen en la combustión y estos se encuentran a una temperatura elevada. Para realizar la toma de medidas se emplea una galga telescópica (telescopic gauge) y un tornillo micrométrico o micrómetro.

Para el registro de esta actividad se utiliza una lista de chequeo en la cual el técnico encargado de la verificación de la metrología determinará si las dimensiones de los alojamientos de la culata se encuentran en los rangos requeridos para continuar ejerciendo el trabajo para el que fue diseñada.

**Tabla 11. Lista de chequeo medidas estándar de los alojamientos de la culata**

Lista de chequeo						
Metrología de los alojamientos de la culata						
N°	Elemento a verificar	Medida (in)	Medida (mm)	Aplica	No aplica	Observaciones
1	(L) Extensión de la guía de la válvula por encima del saliente.	1.75±0.03	44.25±0.76			
2	(M) Orificio de la guía de la válvula en la cabeza (admisión y escape inferior)	1.000 - 1.001	25.400 - 25.425			
3	(M *) Orificio de la guía de la válvula en la cabeza (escape superior)	0.995 - 0.996	25.273 - 25.298			
4	(N) Profundidad del orificio del inserto del asiento de la válvula (admisión y escape)	0.6245 - 0.8285	20.9423 - 21.0439			
5	(O) Diámetro del orificio del inserto del asiento de la válvula (admisión y escape).	3.000 - 3.001	76.20 - 76.23			

**Fuente:** Propia

Una vez se determine el estado en el que se encuentra la culata, si ésta no es descartada por no cumplir los parámetros necesarios para ejercer el trabajo para el cual fue diseñada se dispone a realizar el respectivo proceso de reparación.

## 9.CAPÍTULO 3

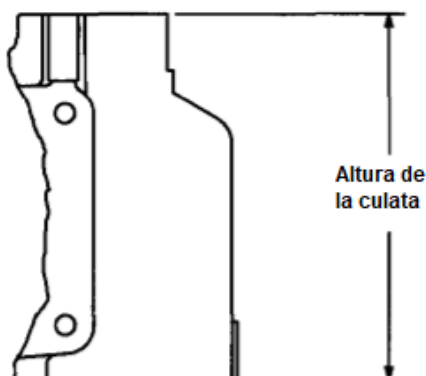
### RECTIFICADO DE CULATA E INSTALACIÓN DE ASIENTOS Y GUÍAS DE VÁLVULAS

#### 9.1 Rectificado

Después de finalizar con la toma de medidas de la culata se procede a ejecutar el procedimiento adecuado para su rectificación. Este proceso depende de los datos obtenidos en la toma de medidas.

Si al medir la planitud de la culata el espacio entre la regla metálica y la superficie inferior de la culata es mayor de 0.002" (0.051mm) se debe cepillar. Este procedimiento consiste en pulir uniformemente la superficie inferior de la culata empleando una máquina cepilladora para reducir el alabeo, en este proceso se debe remover la menor cantidad de material posible, ya que, en este proceso no se debe remover más de 0.020 pulgadas. Si se llegara sobrepasar este valor la resistencia de la fundición se reducirá haciéndola incapaz de resistir la presión que se ejerce al interior de la cámara de combustión provocando problemas de alineación incluyendo desalineación en los múltiples de escape y de admisión. Una vez se realice el proceso de cepillado se debe verificar la nueva altura de la cabeza de cilindro la cual debe estar en 9.5" +/- 0.020", de lo contrario será descartada.

Figura 12. Altura de la culata



**Fuente:** Cylinder Head - Intake Port Side [imagen] Dresser Waukesha. Usa: [Consultado el 6 de octubre de 2018]. Disponible en: Waukesha VHP 12 cylinder G/GS/GL manual.

Cuando se lleva a cabo el proceso de cepillado es importante tener en cuenta el valor de material removido, puesto que, a los alojamientos de los insertos de las válvulas de admisión y escape se les debe aumentar la profundidad la misma cantidad que fue removida a la superficie inferior de la culata, esto garantiza que el asiento conserve su posición y no sobresalga de la culata, ya que esto podría ocasionar una catástrofe.

Si las medidas de los alojamientos de los asientos de las válvulas en la culata no están entre los rangos estándar, deberán ser mecanizados en sobre medida de acuerdo con las indicaciones para instalar asientos a +0,020" o +0,030", tal y como se muestra en el anexo 6, con una interferencia entre los asientos y la culata de +0,002 a +0,004 pulgadas.

## **9.2 Instalación de asientos y guías de válvulas**

Una vez la culata esté rectificada y se encuentre en las condiciones requeridas para ejercer su labor se deben ensamblar los asientos y las guías de las válvulas, estos componentes son los primeros en ser instalados, ya que, para realizar el asentamiento de las válvulas es necesario que estos se encuentren en la culata.

Para realizar correctamente el ensamble de las válvulas tanto de admisión como escape el técnico ejecutor de esta actividad debe apoyarse del siguiente procedimiento.

### **Procedimiento para ensamblar guías de válvulas**

#### **1. Descripción:**

Este procedimiento dicta en orden cronológico las actividades que deben realizarse para efectuar de manera correcta el ensamble de las guías de las válvulas tanto de admisión como escape de las culatas CG204702N de Waukesha.

#### **2. Alcance:**

Este procedimiento abarca el área de taller de mantenimiento mecánico.

#### **3. Definiciones y abreviaturas:**

N/a

#### **4. Responsabilidades:**

##### **4.1 Supervisor:**

- Asegurar la competencia de los ejecutantes, la integridad de las personas, de los equipos, del medio ambiente y del proceso.
- Asegurar la vigencia del procedimiento y el cumplimiento de las normas establecidas dentro de las políticas de aseguramiento de calidad.
- Asegurar que el ejecutante realice el paso a paso de este procedimiento, cumpliendo con las políticas del Sistema de Gestión Integral.

##### **4.2 Ejecutante:**

- Asegurar el seguimiento cronológico de este procedimiento y dar el adecuado manejo del cambio ante cualquier variación que se presente en el desarrollo de esta labor.

## **5. Herramientas y equipos:**

- Herramienta de izaje.
- Grasa.
- Toalla.
- Prensa hidráulica de 20 toneladas.
- Instalador y/o removedor de guías CG204109P.
- Ensanchador de punta N/P 499953

## **6. Precauciones de salud y seguridad:**

Para realizar una actividad de este tipo primero debe estar evaluada por ssyt, además, el ejecutante debe utilizar los elementos de seguridad adecuados para ejecutar este procedimiento como, botas punta de acero, guantes carnaza, gafas de seguridad, entre otros.

Para realizar el izaje de cargas se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Si se requiere el uso de algún tipo de herramienta de izaje, ésta debe estar en buen estado y debe estar certificada.
- Una sola persona puede levantar una carga máxima de 20 Kilogramos.
- Para cargas mayores de 20Kg se puede solicitar ayuda solamente de una persona si la carga pesa menos de 40Kg.
- Cargas de más de 40 kilogramos deben levantarse con ayuda mecánica.

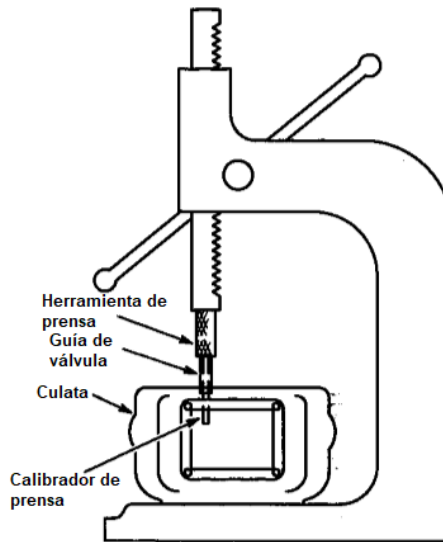
## **7. Descripción y actividades:**

7.1 Aplique una cantidad pequeña de grasa a la superficie exterior de las nuevas guías de válvulas de admisión y escape.

7.2 Posicione una toalla para prevenir que caigan pedazos de metal y escombros dentro de la culata.

7.3 Inserte las guías de válvulas nuevas en sus respectivos alojamientos. Siempre presione hacia dentro la guía de válvula desde la parte inferior de las culatas. Usando una prensa hidráulica y un instalador/removedor de guías (ver figura 13). Cualquier contacto entre la prensa y la parte baja de la culata deberá evitarse. Si son asentadas correctamente las guías se sobresaldrán aproximadamente. 1.75” de la parte de encima de los alojamientos de las guías.

**Figura 13. Instalación de guías**



**Fuente:** Cylinder Head - Assembly [imagen] Dresser Waukesha. Usa: [Consultado el 6 de noviembre de 2018]. Disponible en: Waukesha VHP 12 cylinder G/GS/GL manual.

7.4 Usando un ensanchador de punta ensanche las guías de las válvulas empezando desde el lado de inserción del asiento de la culata.

7.5 Cuidadosamente remueva la toalla para prevenir que pedazos de metal y escombros le caigan a la culata.

Cuando se ejecute este procedimiento el técnico debe tener en cuenta que las válvulas de las guías de escape están maquinadas con 2 diámetros exteriores y solamente pueden ser instaladas en una dirección. Además, no se debe aplicar grasa en la cintura de refrigeración de estas válvulas, también se debe tener en cuenta que el ensanchamiento de las guías de válvulas se inicia desde la superficie inferior de la culata y no se debe devolver el ensanchador.

Para la instalación de los asientos el ejecutor debe realizar los siguientes pasos, es obligatorio el uso de guantes y gafas para manejar el enfriamiento de los asientos de las válvulas:

- Congele cada inserto antes de instalarlo, ya que, enfriándolos disminuye el diámetro del asiento para asegurar una instalación fácil. Sumerja los elementos en el nitrógeno o en una solución de hielo seco con alcohol.
- Deje que el asiento permanezca sumergido hasta que la solución pare de hervir. En este punto la temperatura no disminuirá más.
- Usando un alambre doblado en forma de gancho recoja el inserto y posicónelo en la culata con el lado chanfleado mirando hacia fuera

- Empleando la prensa hidráulica introduzca uniformemente los insertos en sus respectivos alojamientos.
- Espere varios minutos hasta que la inserción se caliente a la temperatura de la culata. Mientras que la inserción se calienta, se expande formando un contacto metal a metal con el alojamiento. Use un calibrador de 0.001” para verificar que la inserción esté propiamente ajustada en la parte baja del alojamiento. Verifique que el inserto quede apretado a lo largo de su circunferencia.

Una vez se instalen los asientos y las guías de las válvulas de admisión y de escape es necesario volver a realizar una prueba hidroneumática para verificar la inexistencia de fisuras en la culata, ya que, si se realiza mal alguno de los procedimientos anteriores es posible que se generen roturas en la cabeza de cilindro.



## 10. CAPÍTULO 4

### SENTADO DE VÁLVULAS, ARMADO DE CULATA Y VALIDACIÓN DEL MANUAL

#### 10.1 Sentado de válvulas

El siguiente paso después de obtener resultados satisfactorios en la segunda prueba hidroneumática es el sentado de las válvulas, el asentamiento de las válvulas es el proceso en el cual se genera sello entre las válvulas y sus respectivos insertos, para esto se debe posicionar la culata en un banco de trabajo de tal forma que se apoye sobre los extremos de la superficie superior de la culata, es decir, con los asientos de válvulas hacia arriba y evitando interferencias con los ejes perpendiculares de las guías.

Las válvulas de las culatas Waukesha tienen un punto de color centrado en la cara de la válvula si el punto es naranja las válvulas son de admisión si el punto es verde las válvulas son de escape, luego de posicionar y lubricar las válvulas de admisión y de escape en su respectivo lugar se inicia con el proceso de asentamiento de válvulas. Para este procedimiento se requiere una chupa para asentar válvulas y una pomada de esmeril para válvulas. el proceso consiste aplicar pomada de esmeril (para iniciar el proceso se utiliza pomada gruesa y para finalizar pomada delgada) en el área de contacto de la válvula con el inserto y, empleando la chupa para válvulas se genera un movimiento rotativo invertido repetido al tiempo que se impacta la válvula contra el asiento para generar sello entre los elementos, esta acción debe repetirse hasta generar dicho sello. Al finalizar este procedimiento es esencial lavar y secar la culata antes de empezar con su armado.

#### 10.2 Armado de culata

Para finalizar con la reparación de la culata se concluye con el armado, para llevar a cabo el ensamble de las válvulas a la culata se debe continuar con el procedimiento.

#### Procedimiento para armado de culatas

##### 1. Descripción:

En este procedimiento se encuentran las actividades que se deben ejecutar para realizar correctamente el ensamble de las culatas CG204702N de Waukesha.

## **2. Alcance:**

Este procedimiento abarca el área de taller de mantenimiento mecánico.

## **3. Definiciones y abreviaturas:**

N/a

## **4. Responsabilidades:**

### **4.1 Supervisor:**

- Asegurar la competencia de los ejecutantes, la integridad de las personas, de los equipos, del medio ambiente y del proceso.
- Asegurar la vigencia del procedimiento y el cumplimiento de las normas establecidas dentro de las políticas de aseguramiento de calidad.
- Asegurar que el ejecutante realice el paso a paso de este procedimiento, cumpliendo con las políticas del Sistema de Gestión Integral.

### **4.2 Ejecutante:**

- Asegurar el seguimiento cronológico de este procedimiento y dar el adecuado manejo del cambio ante cualquier variación que se presente en el desarrollo de esta labor.

## **5. Herramientas y equipos:**

- Herramienta de izaje.
- Aceite.
- Prensa para resortes de válvulas.
- Martillo de goma.
- Herramienta de instalación de sellos de válvulas.
- Papel Wypall

## **6. Precauciones de salud y seguridad:**

Para realizar una actividad de este tipo primero debe estar evaluada por ssyt, además, el ejecutante debe utilizar los elementos de seguridad adecuados para ejecutar este procedimiento como, botas punta de acero, guantes carnaza, gafas de seguridad, entre otros.

Para realizar el izaje de cargas se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Si se requiere el uso de algún tipo de herramienta de izaje, esta debe estar en buen estado y debe estar certificada.
- Una sola persona puede levantar una carga máxima de 20 Kilogramos.

- Para cargas mayores de 20Kg se puede solicitar ayuda solamente de una persona si la carga pesa menos de 40Kg.
- Cargas de más de 40 kilogramos deben levantarse con ayuda mecánica.

## **7. Descripción y actividades:**

- 7.1 Aplique una cantidad pequeña de aceite lubricante en las válvulas e instálelas en la culata de los alojamientos donde fueron removidas. Para distribuir el aceite lubricante alrededor del vástago, gire las válvulas mientras que están siendo instaladas. Trabaje las válvulas hacia arriba y hacia abajo para asegurarse que resbalen suavemente en el asiento apropiado.
- 7.2 Posicione la culata con el lado de la cara de las válvulas hacia abajo en una superficie plana y limpia.
- 7.3 Usando una herramienta de instalación de sellos, deslice los sellos sobre las varillas lubricadas y golpee suavemente hasta que los sellos estén asentados. Asegúrese que los sellos estén completamente asentados y acoplados en las guías de las válvulas.
- 7.4 Instale dos arandelas sobre los hombros de la guía de válvula hasta que descansa en la fundición de la culata. Las arandelas se necesitan para retener la tensión apropiada del resorte interior.
- 7.5 Posición los resortes interiores y exteriores de la válvula sobre las guías de las válvulas de admisión y escape. Los resortes de admisión están esmaltados de naranja.
- 7.6 Posicione el retenedor de resortes en la parte de arriba de la entrada de los resortes interiores y exteriores de las válvulas. La brida de diámetro más pequeño cabe dentro del resorte del interior. La brida de diámetro más grande separa los resortes internos y externos.
- 7.7 Empleando la prensa para resortes de válvulas instale los retenedores en cada vástago. Ajuste cada mitad del retenedor de la varilla de la válvula. Los retenedores deberán apuntar hacia abajo y deben estar centrados para que no se vayan a desacoplar.

Cada elemento debe limpiarse con toallas Wypall antes de ser instaladas, para verificar si los elementos quedaron bien acoplados se le da un golpe al vástago de la válvula con el martillo de goma.

## **10.3 Validación del manual**

Para la validación del “Manual de procedimiento para la reparación general de las culatas CG204702N de Waukesha” fue necesario ejecutar este procedimiento en la industria para corroborar la viabilidad y la efectividad de los procesos descritos del mismo. La empresa RMH S.A.S modificó su metodología para ejecutar la reparación de estas culatas, implementando varios de los parámetros expuestos en este procedimiento. A continuación, se describen los parámetros implementados por la empresa:

### 10.3.1 Limpieza de culatas

El método empleado tradicionalmente para la limpieza de las culatas, se basa únicamente en el lavado químico con soda caustica, como consecuencia de esto, el elemento sale del lavado con impurezas que dificultan la identificación de fisuras en la prueba hidroneumática. Si existe la presencia de poros o fisuras en la culata y no se identifican en la prueba hidroneumática, acarrearán consecuencias que se verán reflejadas en costos para la empresa; ya que si se continua con el proceso de reparación de esta, los asientos y guías de válvulas que se inserten en la culata no se podrán reutilizar, además del tiempo invertido en la reparación de un elemento que no se encuentra en condiciones aptas para su reacondicionamiento, será perdido.

RMH S.A.S implementó la realización de la limpieza de las culatas, siguiendo el procedimiento descrito en este manual, ya que al ejecutar una limpieza previa al lavado químico con grata (pulidora y taladro) garantizará que la culata ingrese al horno de lavado con menor cantidad de partículas de corrosión o de carbón más fáciles de remover, asegurando que la culata salga del horno sin impurezas facilitando la identificación de fisuras o poros durante la prueba hidroneumática.

**Figura 14. Lavado de culata**



**Fuente:** Propia

### 10.3.2 Ensamble de asientos de válvulas

Al realizar el ensamble de los asientos de las válvulas, el procedimiento utilizado tradicionalmente por RMH S.A.S, indica que se debe lubricar el diámetro externo de los asientos y mediante el uso de una prensa hidráulica (teniendo en cuenta que el avance de esta debe ser moderado) introducir cada asiento en su respectivo alojamiento, al realizar la instalación de los asientos de esta manera, ocasionalmente se presenta desprendimiento de material, tanto del asiento como de la culata, por esta razón en este manual se indica la implementación de nitrógeno líquido o una solución de hielo seco y alcohol industrial con el fin de contraer el diámetro de los asientos y hacer más efectivo el ensamble.

**Figura 15. Asientos en enfriamiento con hielo seco**



**Fuente:** Propia

Este método garantiza que no se generara desprendimiento de material de ninguna de las piezas, además disminuye el tiempo utilizado en el posicionamiento de los asientos en la culata, puesto que, disminuye la fricción entre los dos componentes y el avance de operación de la prensa hidráulica tiene mayor eficacia.

**Figura 16. Ensamble asientos de válvulas parte uno**



**Fuente: Propia**

**Figura 17. Ensamble asientos de válvulas parte dos**



**Fuente: Propia**

**Figura 18. Ensamble asientos de válvulas parte tres**



**Fuente: Propia**

### **10.3.3 Prueba hidroneumática**

Siguiendo el procedimiento tradicional empleado por RMH S.A.S, se llevaba a cabo una prueba hidroneumática después del lavado químico para verificar la inexistencia de grietas, fisuras o poros que comprometieran el funcionamiento del componente, si los resultados de dicha prueba son satisfactorios se procede a continuar con la reparación de la culata, si se comete un error en alguna de las operaciones de ensamblaje de asientos y guías de válvulas, es posible que se generen grietas al interior de la culata. Eventualmente se han presentado casos donde se entregaron elementos que se creían reparados a los clientes, pero en el momento de la operación, la culata no funcionó adecuadamente, esto provocó garantías que deben ser asumidas por la empresa, que se ven reflejadas en pérdidas económicas, tiempos de operación y retrasos en nuevos contratos.

Por esta razón en este manual de procedimiento para la reparación de este tipo de culatas, se indica ejecutar una segunda prueba hidroneumática, justo después de que los asientos de válvulas recuperen la temperatura ambiente, proceso que incorporó RMH S.A.S. con el fin de garantizar que la empresa entregue el elemento en condiciones óptimas para realizar el trabajo para el que fue diseñado y evitar reprocesos y pérdida de contratos.

**Figura 19. Segunda prueba hidroneumática**



**Fuente:** Propia

#### **10.3.4 Hallazgos de la validación**

RMH S.A.S decidió implementar estos parámetros ya que son los más novedosos a la hora de realizar la reparación del componente y los que procuran una mejora continua y constante del proceso de mantenimiento de las culatas, garantizando resultados satisfactorios.

- Realizar la limpieza previa al lavado del componente, descrito en este procedimiento permite evidenciar imperfecciones que inhabilitan y ponen fuera de operación la culata, evitando pérdidas de tiempo en mano de obra, informando al cliente de las condiciones del elemento.

- Mediante la implementación y uso de nitrógeno líquido o una solución de hielo seco con alcohol industrial, se facilita el correcto ensamblaje de los asientos de las válvulas en la culata disminuyendo cinco (5) minutos por culata, optimizando los tiempos de operación.
- Al realizar una segunda prueba hidroneumática evita reprocesos e incrementos económicos, ya que garantiza la operatividad del componente y la satisfacción del cliente.

En consecuencia la validación del manual de procedimiento para la reparación general de las culatas CG204702N de Waukesha se realiza con expertos en el tema, quienes se desempeñan en diferentes áreas de la mecánica como proveedor de suministros Waukesha para Latinoamérica, mantenimiento de unidades de generación Waukesha y rectificación de motores Waukesha; esto con el fin de obtener diferentes puntos de vista y la aprobación para la aplicación de este trabajo en la reparación general de este tipo de culatas.

El ingeniero mecánico Jaime Ernesto Clavijo Amaya egresado de la fundación universidad de américa, quien se desempeña como proveedor de suministros Waukesha para Latinoamérica, es un experto conocedor del estado ideal de los componentes de los motores Waukesha para su correcto funcionamiento dentro del conjunto motriz. Este ingeniero brindó apoyo para la realización de este manual facilitando la adquisición de los manuales actualizados de los motores Waukesha.

El ingeniero mecánico especialista Juan Pablo Alvarez Atuesta egresado de Atlantic International University (AIU), quien se desempeña como jefe de mantenimiento de unidades de generación con motor Waukesha en los campos petrolíferos pertenecientes a las compañías Parex y Geopark, ubicados en Casanare, Boyacá, Santander y Arauca, brindó apoyo en la generación de información relevante a cerca de las condiciones de almacenamiento y operación de las culatas CG204702N de Waukesha.

Por último, el señor Diego Mayorga Sánchez gerente general de la rectificadora RMH S.A.S quien es el encargado de dirigir la reparación de los componentes de los motores Wauskesha incluyendo las culatas CG204702N, avaló el procedimiento descrito en este manual para la reparación correcta y eficiente de este tipo de culatas.

Finalmente, estos tres expertos avalan el procedimiento desarrollado para la reparación de las culatas CG204702N de Waukesha y sugieren, que sea implementado dentro de los campos y rectificadoras que realizan esta operación. Como garantía de lo anteriormente mencionado se presenta el anexo número siete (7) con las firmas de los expertos nombrados.



## **11. CONCLUSIONES**

Actualmente en el campo de la generación de energía mediante motores de combustión interna es necesario incorporar nuevas tecnologías que tienen como propósito lograr una mayor eficacia, un nivel de exactitud confiable y una disminución de riesgo de fallas; una de estas es la implementación de un manual de mantenimiento basado en confiabilidad para la cabeza de cilindro o culata de este tipo de motores.

De esta forma este manual permite identificar las modificaciones expuestas en boletines de servicio técnico expedidos por la compañía Dresser, cambiando elementos de la culata con el fin de mejorar el funcionamiento y alargar el ciclo de vida de esta.

Dentro del análisis expuesto se evidencia que este procedimiento se debe realizar con la misma secuencia lógica con la que se describe en este manual, puesto que, si el elemento no cumple con los parámetros necesarios para ser reparado ese será descartado inmediatamente y la compañía no entrará en gastos innecesarios.

Frente a la información recaudada se deduce que si se presentan fugas en una culata debido a una rotura esta no debe ser soldada, ya que, esto genera fragilidad en la fundición de la cual está fabricada la cabeza de cilindro, impidiendo que ésta cumpla con la función para la que fue diseñada.

Finalmente, la mayoría de las fallas de la culata son debidas a la escasa lubricación del vástago de la válvula ocasionando fricción entre los dos elementos (guía y vástago de la válvula), por tal razón se recomienda que el técnico encargado de realizar el ensamble de la culata sea generoso con la lubricación de estos componentes.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ <sup>1</sup> MELGAL, Jose; Manual de overhaul para motores de automóviles gasolina. Guatemala: Universidad Rafael Landivar. 2007.
- ✓ <sup>2</sup> TASCHLER, Joe; CONTENT, Thomas. General Electric adquiere Dresser Waukesha. Usa: Journal Sentinel, 2010.
- ✓ <sup>3</sup> HISTORY CHANNEL. General Electric [en línea]. Blogs History Channel. [Consultado: 22 de abril de 2018] Disponible en internet: <https://ar.tuhistory.com/biografias/general-electric>
- ✓ <sup>4</sup> SORIANO, Alzallú; ANTONIO, José. Bloque culata y cárter del motor de combustión. España: Ciclo formativo de grado medio en electromecánica de vehículos. 2016.
- ✓ <sup>5</sup> AMC. Culatas causas de posibles fallas [en línea]. Blogs AMC. [Consultado: 22 de abril de 2018] Disponible en internet: <http://www.amc.es/wp-content/uploads/2016/08/Poster-danyos-culatas-esp.pdf>
- ✓ DRESSER Waukesha. Waukesha VPH 12 cylinder G/GSI/GL manual. U.S.A: Dresser, Inc, 2004.
- ✓ DRESSER Waukesha. Waukesha VPH 12 cylinder G/GSI/GL Engines Parts Catalog. U.S.A: Dresser, Inc, 4/98 Second Edition.
- ✓ DRESSER Waukesha. VHP Service Bulletin Cylinder heads. U.S.A: Dresser, Inc, 2003/ 7-2912.
- ✓ DRESSER Waukesha. VHP Service Bulletin Cylinder heads Oversize exhaust valve guide. U.S.A: Dresser company, 98/ 7-2771.
- ✓ DRESSER Waukesha. VHP Service Bulletin Cylinder heads High Temperature Exhaust Valve. U.S.A: Dresser Inc, 2001/ 7-2858.
- ✓ DRESSER Waukesha. VHP Service Bulletin Cylinder heads Current valve stem seals, rocker arms and valve guide configurations. U.S.A: Dresser equipment group, Inc, 99/ 7-2740A.

# **ANEXOS**

## **Anexo 1: Procedimiento para verificación de resortes y válvulas.**

### **Procedimiento para verificación de los parámetros de las válvulas**

#### **1. Descripción:**

Este procedimiento describe la serie de acciones que deben ejecutarse cronológicamente para la inspección de las válvulas de admisión y de escape.

#### **2. Alcance:**

Este procedimiento identifica los parámetros necesarios para determinar si estos elementos pueden ser reutilizados.

#### **3. Definiciones y abreviaturas:**

N/a

#### **4. Responsabilidades:**

##### 4.1 Supervisor:

- Asegurar la competencia de los ejecutantes, la integridad de las personas, de los equipos, del medio ambiente y del proceso.
- Asegurar la vigencia del procedimiento y el cumplimiento de las normas establecidas dentro de las políticas de aseguramiento de calidad.
- Asegurar que el ejecutante realice el paso a paso de este procedimiento, cumpliendo con las políticas del Sistema de Gestión Integral.

##### 4.2 Ejecutante:

- Asegurar el seguimiento cronológico de este procedimiento y dar el adecuado manejo del cambio ante cualquier variación que se presente en el desarrollo de esta labor.

#### **5. Herramientas y equipos:**

- Tornillo micrométrico o micrómetro.
- Comparador de caratula o indicador dial.

- Bloques con corte V.

## 6. Precauciones de salud y seguridad:

Para realizar una actividad de este tipo primero debe estar evaluada por ssyt, además, el ejecutante debe utilizar los elementos de seguridad adecuados para ejecutar este procedimiento como, botas punta de acero, guates carnaza, gafas de seguridad, entre otros.

Para realizar el izaje de cargas se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Si se requiere el uso de algún tipo de herramienta de izaje, esta debe estar en buen estado y debe estar certificada.
- Una sola persona puede levantar una carga máxima de 20 Kilogramos.
- Para cargas mayores de 20Kg se puede solicitar ayuda solamente de una persona si la carga pesa menos de 40Kg.
- Cargas de más de 40 kilogramos deben levantarse con ayuda mecánica.

## 7. Descripción y actividades:

7.1 Cada válvula debe limpiarse antes de realizar la inspección de estas.

7.2 El diámetro del vástago deberá ser medido en tres posiciones del área de desgaste, además, en cada posición debe tomarse la medida dos veces cada una a 90° de la otra.

7.3 La rectitud del vástago puede examinarse usando dos bloques V y un indicador dial (ver figura 1). La lectura del indicador no deberá exceder las 0.002". Las válvulas dobladas deben ser descartadas.

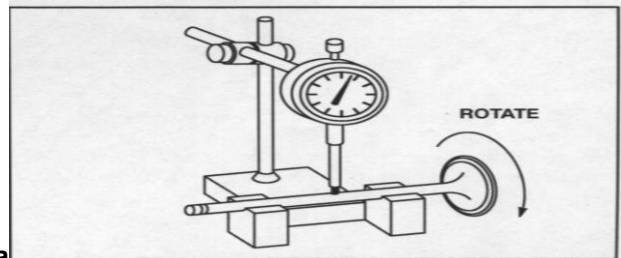
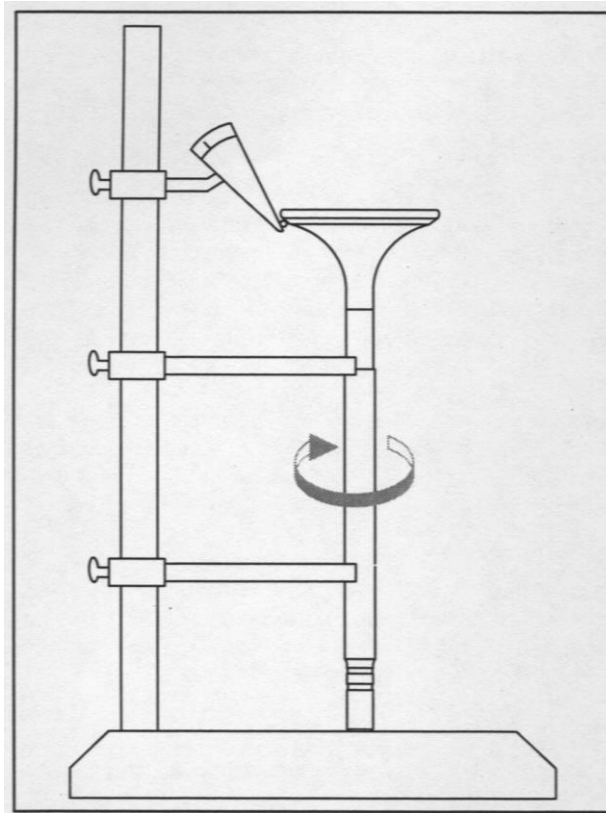


Figura 1. Verificación de la rectitud de la válvula

**Fuente:** Cylinder Head checking Valve Stems For Stralghtness [imágen] Dresser Waukesha. Usa: [Consultado el 6 de octubre de 2018]. Disponible en: Wikesha VHP 12 cylinder G/GS/GL manual.

7.4 La cabeza de la válvula debe ser perpendicular al vástago de lo contrario resultara un asentamiento incorrecto (ver figura 2). La desfiguración total debe estar dentro de 0.002" (0.050 mm).

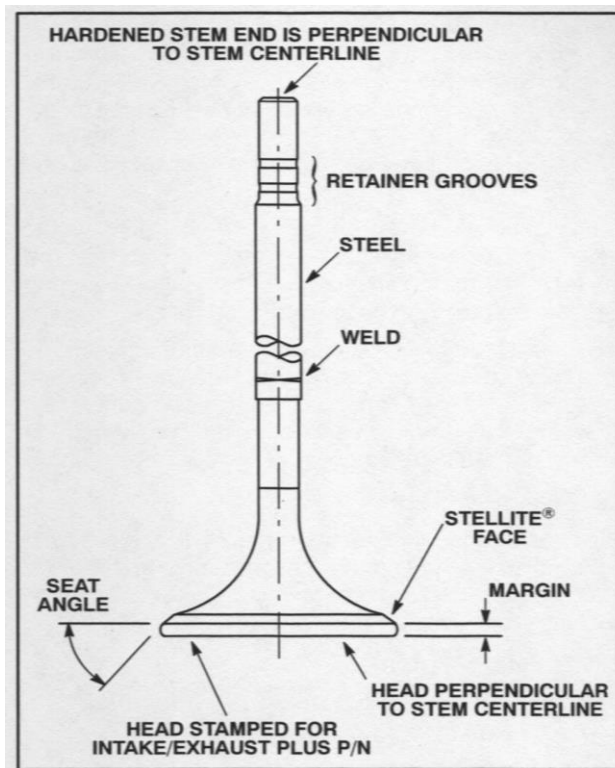
**Figura 2. Verificación de la perpendicularidad de la válvula**



**Fuente:** Cylinder Head Checking Head Perpendicularity [imagen] Dresser Waukesha. Usa: [Consultado el 6 de octubre de 2018]. Disponible en: Wikisha VHP 12 cylinder G/GS/GL manual.

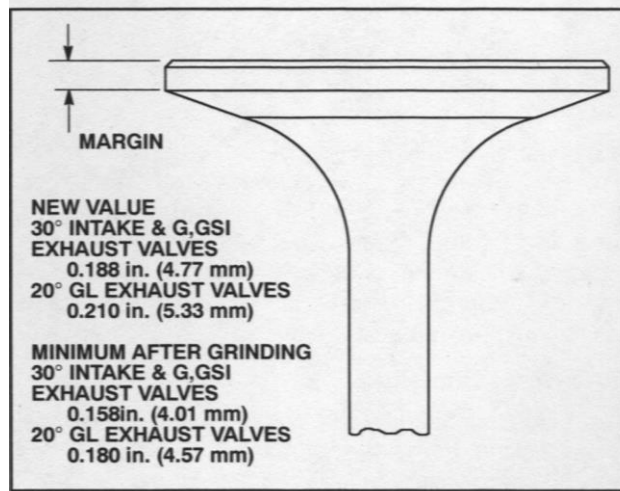
- 7.5 Es importante que esta superficie este plana y perpendicular para prolongar la vida de la válvula (ver figura 3).
- 7.6 Después de que la cara de la válvula sea pulida hasta que todas las marcas de desgaste estén removidas es importante inspeccionar la margen (ver figura 4). Si mucho material de la margen ha sido removido, la válvula tendrá la tendencia de quemarse, por esta razón la válvula debe descartarse.
- 7.7 Las válvulas deben ser inspeccionadas para verificar la presencia de roturas de línea de pelo las cuales no pueden ser vistas por la luz convencional. Deben ser inspeccionadas usando un proceso penetrante de esmalte.
- 7.8 Las dos ranuras retenedoras del vástago de la válvula deben ser examinadas para determinar si se han distorsionado. Las ranuras son maquinadas con un radio de 0.094". Cualquier válvula con ranuras distorsionadas deben ser descartada (ver figura 3).

Figura 3. Válvula de la culata



**Fuente:** Cylinder Head cylinder head valve [imagen] Dresser Waukesha. Usa: [Consultado el 6 de octubre de 2018]. Disponible en: Wikesha VHP 12 cylinder G/GS/GL manual.

Figura 4. Desgaste de la margen



**Fuente:** Cylinder Head Margin Wear [imagen] Dresser Waukesha. Usa: [Consultado el 6 de octubre de 2018]. Disponible en: Wikesha VHP 12 cylinder G/GS/GL manual.

## Anexo 2: Orden de trabajo.


Asignación de trabajos para reparación de culatas		
Cliente:		Número de orden:
Trabajo a realizar:	Número de serie:	Fecha de asignación:
Preliminares:		
Descripción del trabajo:		
Hallazgos:		Hora de inicio:
		Hora de finalización:
Observaciones:		Fecha de finalización:
		Firma operario:

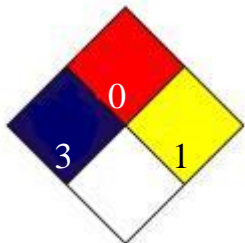


**Anexo 3: Informe de seguimiento.**

<b>TIPO DE REPORTE:</b>		<b>FECHA REPORTE:</b>	
<b>AREA:</b>		<b>ELABORADO POR:</b>	
<b>DESCRIPCIÓN:</b>		<b>REVISADO POR:</b>	
<b>SOLICITADO:</b>		<b>NÚMERO DE REPORTE:</b>	
<b>Objetivo</b>			
<b>Alcance</b>			
<b>Hallazgos</b>			
<b>Recomendaciones</b>			
<b>Registro fotográfico</b>			

## Anexo 4. Ficha técnica de la soda caustica.

	<h1>Hoja de Seguridad</h1>	<b>FA 03 01</b>
	<h2>SODA CAUSTICA ESCAMAS - CRISTAL</h2>	<i>Ver. : 2</i> <i>20 Agosto de 2009</i>
		<i>Página 1 de 5</i>



Pictograma NFPA



### 1. IDENTIFICACION DEL MATERIAL Y DE LA COMPAÑIA


Nombre Químico:	Soda Cáustica Escamas - Cristal
Sinónimos:	Hidróxido de Sodio, Lejía de Sosa, Sosa Cáustica, Hidrato Sodico.
Formula:	NaOH
Familia Química:	Bases Fuertes
Registro CAS:	1370-73-2
Numero UN:	1823
Información de la Compañía:	Nombre: Fujian Shan S.A. Dirección: Carretera central de Occidente Km 1.5 Vía Funza, Parque Industrial San Carlos, Etapa I Local 4
Teléfono de Emergencia:	5467000 – Funza

### 2. COMPOSICION E INFORMACION SOBRE INGREDIENTES

COMPONENTES	
Ingredientes	Hidróxido de Sodio
% p/p	96.6 min
TLV – TWA	No Reportado (ACGIH 2008)
TLV – STEL	C 2mg/m <sup>3</sup> (ACGIH 2008)
CAS	1370-73-2

### 3. IDENTIFICACION DE PELIGROS

<p><b>Visión General Sobre las Emergencias:</b> Corrosivo. Higroscópico. Reacciona con agua y otros materiales. Causa quemaduras a la piel y ojos. Puede ocasionar irritación severa del tracto respiratorio y digestivo con posibles quemaduras. En casos crónicos puede producir cáncer en e esófago y dermatitis por contacto prolongado con la piel.</p>	
<p><b>Efectos Adversos Para la salud</b></p>	
Inhalación:	Irritación del tracto respiratorio. Los síntomas son ardor de garganta, to y asma ocupacional.
Ingestión:	Quemaduras en la boca y esófago. Produce nauseas, vomito con sangr

	<b>Hoja de Seguridad</b>	<b>FA 03 01</b>
	<b>SODA CAUSTICA ESCAMAS - CRISTAL</b>	<i>Ver. : 2</i> <b>20 Agosto de 2009</b>
		<i>Página 2 de 5</i>

	dolor abdominal y diarrea. Puede ser fatal si perfora órganos vitales.
Contacto con la Piel:	Dolo, enrojecimiento o emblanquecimiento. En alta concentración caus ampollas persistentes y la perdida de las uñas
Contacto Ocular:	Produce irritación con dolor, enrojecimiento y lagrimeo constante. En casos severos quemaduras de la cornea e incluso ceguera.
Efectos crónicos:	Contacto prolongado produce dermatitis, fisuras e inflamación de la piel. Puede Producir cáncer al esófago

#### 4.PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación:	Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la víctima abrigada y en reposo.
Ingestión:	Lavar la boca con agua. Si esta consciente, suministrar abundante agua. No inducir el vomito. Buscar atención médica inmediatamente.
Contacto con la Piel:	Retirar la ropa y el calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.
Contacto Ocular:	Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Colocar una venda esterilizada. Buscar atención médica.
Nota para los médico	Después de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable, la comunicación directa con un médico especialista en toxicología, que brinde información para el manejo médico de la persona afectada, con base en su estado, los síntomas existentes y las características de la sustancia química con la que estuvo en contacto.

#### 5.MEDIDAS CONTRA INCENDIOS

**Peligros de Incendio y/o Explosión:** No es combustible pero en contacto con agua puede generar suficiente calor para encender combustibles. El contacto con algunos metales genera hidrogeno el cual es inflamable y explosivo.

**Productos de la combustión:** Oxido de Sodio

**Precauciones para evitar Incendio y/o Explosión:** Evitar el contacto con metales, combustibles y humedad. Mantener los empaques cerrados. Los equipos eléctricos, de iluminación y ventilación deben ser a prueba de explosiones.

**Procedimiento en caso de Incendio y/o Explosión:** Evacuar o aislar el área de peligro. Eliminar todos los materiales combustibles de la zona. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Inundar el lugar con agua, evitando llegar los contenedores lo cual produciría calor. Si los contenedores están cerrados, retirarlos del área de peligro.

**Agentes Extintores del Fuego:** No usar halón ni chorro de agua. Utilizar un agente adecuado al fuego circundante. El agua solo puede utilizarse en cantidades muy grandes

	<b>Hoja de Seguridad</b>	<b>FA 03 01</b>
	<b>SODA CAUSTICA ESCAMAS - CRISTAL</b>	<i>Ver. : 2</i>
		<i>20 Agosto de 2009</i>
		<i>Página 3 de 5</i>

respecto al hidróxido.

## 6.MEDIDAS PARA EL CONTROL DE DERRAMES Y FUGAS

Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Ventilar el area. No permitir que caiga en fuentes de agua y alcantarillas. No tocar el material. Represar y minimizar contaminación del suelo y corrientes de agua recogiendo en contenedores secos, con cierre hermético, con palas no metálicas. Realizar posteriormente una dilución gradual y por ultimo un neutralización con acido diluido.


## 7.MANUPULACION Y ALMACENAMIENTO

Mantenga los recipientes herméticamente cerrados. Estibe las fundas o sacos, en arrumes de máximo 3 metros de alto. No coloque las fundas o sacos directamente sobre pisos húmedos. Use pallets. Evite polvos contaminantes. Evite el daño físico a los empaques. Aísle las sustancias incompatibles. Almacene bajo techo, en lugar fresco, ventilado y con buen drenaje. No almacene este producto junto a materiales de rápida ignición. No mezcle con ácidos o materiales orgánicos. No almacene junto al aluminio o magnesio. Los sacos o fundas vacíos de este material pueden ser peligrosos por cuanto pueden tener residuos, además no deben ser limpiados para uso en otros propósitos temporales. Instale avisos de precaución donde se informe los riesgos y la obligación de usar los equipos de protección personal. Se debe Disponer de una ducha de emergencia y una estación lavaojos. Transporte en vehículos con plataforma cerrada. Siempre añada el hidróxido de sodio al agua, mientras agita, nunca lo contrario. Nota adicional: No comer, beber o fumar durante el trabajo.

## 8.CONTROL A LA EXPOSICION / PROTECCION PERSONAL

Controles de Ingeniería:	Ventilación local para mantener la concentración por debajo de los límites de salud ocupacional. Duchas y estaciones lavaojos
<b>Equipos de Protección Personal</b>	
Protección Ojos:	Gafas de Seguridad con protección lateral.
Respiratoria:	Respirador con filtro
Cutánea:	Careta, guantes, overol de PVC y botas de caucho.
Protección en caso de emergencia	Equipo de respiración de autocontenido (S.C.B.A.) y Ropa de protección TOTAL resistente a la corrosión.

## 9.PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

	<b>Hoja de Seguridad</b>	<b>FA 03 01</b>
	<b>SODA CAUSTICA ESCAMAS - CRISTAL</b>	<i>Ver. : 2</i>
		<i>20 Agosto de 2009</i>
		<i>Página 4 de 5</i>

Apariencia Olor, Estado Físico:	Sólido Blanco Inodoro en Forma de Escamas.
Gravedad específica	2.13 a 25 C
(Agua=1) Punto de Ebullición:	1390
( <sup>0</sup> C) Punto de Fusión: ( <sup>0</sup> C)	318
Viscosidad (cp): pH	4 a 350 <sup>0</sup> C
	14 en solución (5%)
Solubilidad:	Soluble en agua Alcohol y Glicerol.

## 10.REACTIVIDAD Y ESTABILIDAD

Estabilidad:	Estable bajo condiciones normales. Es sensible a la Humedad.
Condiciones a evitar:	Metales ligeros(Aluminio, magnesio, estaño, Zinc): El contacto con estos metales puede formar hidrogeno (Riesgo de explosión). Acidos, nitrilos, metales alcalinotérreos pulverulento, compuestos de amonio, cianuros, magnesio, nitrocompuestos orgánicos, fenoles y compuestos oxidables

## 11.INFORMACION TOXICLOGICA

Quemaduras severas por ingestión y contacto. Puede provocar desprendimiento del epitelio conjuntival y corneal.

LDLo oral conejo=0.5 g/kg (en solución al 10%)

Irritación de los ojos y la piel: el hidróxido de sodio ha sido extensivamente estudiado en animales porque este tiene la habilidad de causar severos daños a la piel y a los ojos. Los factores que determinan la extensión y reversibilidad de el daño incluye el estado físico, la concentración, la cantidad involucrada y la duración del contacto. Los efectos pueden variar de una irritación mediana a severa corrosión con destrucción del tejido, incluyendo la ceguera la muerte.

Toxicidad inhalación: Exposición de ratas a aerosoles formados a partir del hidróxido de sodio en solución (5 a 40%) resulta en irritación significante del tracto respiratorio.

## 12.INFORMACION ECOLOGICA

	<b>Hoja de Seguridad</b>	<b>FA 03 01</b>
	<b>SODA CAUSTICA ESCAMAS - CRISTAL</b>	<i>Ver. : 2</i> <i>20 Agosto de 2009</i>
		<i>Página 5 de 5</i>

Efectos perjudiciales en organismos acuáticos. Efecto toxico sobre peces aún en bajas concentraciones. efectos por desviación del pH. Mortal para peces a : 20 mg/L.

### 13. CONSIDERACIONES PARA DISPOSICION

Diluir cuidadosamente y neutralizar con ácido Clorhídrico diluido hasta pH neutro. Los residuos de la neutralización no son peligrosos. Diluir y desechar los residuos en un relleno sanitario para residuos químicos.

### 14. INFORMACION SOBRE TRANSPORTE

Clase Riesgo:	Etiqueta blanca-negra de sustancia corrosiva. No transportar con sustancias explosivas, sustancias que en contacto con agua puedan desprender gases inflamables, sustancias comburentes, peróxidos orgánicos, materiales radioactivos, sustancias incompatibles ni alimentos.
Numero UN:	1823

### 15. INFORMACION REGULATORIA

1. Ley 769/2002. Código Nacional de Tránsito Terrestre. Artículo 32. La carga de un vehículo debe estar debidamente empacada, rotulada y embalada, y cubierta conforme a la normatividad.
2. Decreto 1609 del 31 de Julio del 2002. Por el cual se reglamenta el transporte y manejo de materiales peligrosos por carretera.
3. Ministerio de Transporte. Resolución 3800 del 11 de Diciembre de 1998. Por el cual se adopta el diseño y se establecen los mecanismos de distribución del formato único de manifiesto de Carga.
4. Los residuos de esta sustancia están considerados en Ministerio de Salud. Resolución 2309 de 1986.

### 16. OTRA INFORMACION

La Información y recomendaciones que aparecen en esta hoja de seguridad de materiales solo se nuestro entender enteramente confiables. Los Consumidores y clientes deberán realizar su propia investigación y verificación sobre el uso seguro de este material

**Este documento es propiedad exclusiva de FUJIAN SHAN S.A.**

## SKL-SP2

### Penetrante Visible Removible al Solvente

SKL-SP2 es un penetrante portable removible al solvente, particularmente para operaciones de soldadura, y es pos-emulsificable para una mayor resolución de indicaciones de defectos. Produce un contraste de color rojo visible y tiene características de penetración sobresalientes. El SKL-SP2 es muy confiable para la ubicación de defectos abiertos e interrupciones superficiales y puede usarse en cerámicas no porosas y materiales similares. Se usa típicamente en soldaduras, forjas, recipientes a presión, piezas de fundición, trabajos en general realizados en metales, pruebas de filtración y en aplicaciones de plantas de energía y construcción.

El SKL-SP2 se incluye en la lista de productos calificados por las normas QPL SAE AMS 2644.

### BENEFICIOS

#### Procesamiento de inspecciones más rápidos

- Este proceso simple y confiable de tres pasos es una solución práctica y fácil para el mantenimiento preventivo y control.
- Esta opción cubre de forma rápida y completa toda la superficie de prueba debido a la alta humectación de la superficie.
- Es posible quitar el exceso de penetrante sin agua para eliminar la necesidad de secar las piezas antes de aplicar el revelador.

#### Producto fiable y práctico para usar

- Es fácil de transportar y usar para usarse en el campo, las latas de aerosol son prácticas y están diseñadas cuidadosamente para brindar una cobertura constante y uniforme, abarcando el máximo del área a probar
- Se puede utilizar bajo todas las condiciones sin necesidad de oscuridad ni luz UV.

#### Amplia versatilidad de aplicación

- Es posible inspeccionar una amplia variedad de componentes sin temor a la corrosión o al incumplimiento de especificaciones.
- Cumple con la norma AMS 2644, aprobado para END en aplicaciones industriales profesionales.

#### Máxima detección de indicaciones

- El color rojo vibrante con brillo produce indicaciones intensas y brillosas, especialmente cuando se utiliza con el revelador base solvente SKD-S2.

#### Comodidad y seguridad para el operador

- Apoya un entorno de trabajo más confortable para el operador promoviendo una mayor calidad en la inspección.
- Menor malestar por olores fuertes.
- Superación de requisitos en salud, seguridad y medio ambiente; no contiene NPE ni ftalatos.

## CARACTERÍSTICAS

- Removible con solvente
- Sensibilidad ISO 3452 nivel 2
- Puede utilizarse con el método B, método C y método D
- Proceso simple fácil de usar
- Color rojo vivo de alto contraste
- Resolución superior de defectos y discontinuidades
- Buena humectación sobre la superficie
- Acción capilar optimizada
- Eficaz en luz visible
- Muy baja toxicidad
- Poco olor
- Cumplimiento de especificaciones para END

## ESPECIFICACIONES

- AECL
- AMS 2644
- ASME
- ASTM E1417
- ASTM E165
- ISO 3452
- MIL-STD-2132
- MIL-STD-271
- NAVSEA T9074-AS-GIB-010/271
- NAVSEA 250-1500-1
- QPL SAE AMS 2644

## APLICACIONES

**Ubicación del defecto:** fisura en la superficie

**Ideal para:**

- Amplia variedad de aplicaciones
- Piezas de fundición
- Forjado
- Soldaduras
- Recipientes a presión
- Metalurgia

- Mantenimiento automotriz
- Productos tubulares
- Pruebas de filtraciones
- Metales ferrosos y no ferrosos
- Cerámica no porosa

## Ejemplos de defectos:

- Grietas
- Fugas
- Penetración de soldadura incompleta
- Fusión de soldadura incompleta
- Socavado
- Inserciones de escoria
- Inserciones de fundente
- Porosidad de soldadura

## PROPIEDADES

<b>Punto de inflamación</b>	>200 °F / 93 °C
<b>Densidad</b>	0,85 g/cc / 7,04 lb/gal
<b>Viscosidad (a 100 °F/38 °C)</b>	3,80 cs
<b>Sin NPE</b>	Sí

## RECOMENDACIONES DE USO

<b>Método NDT</b>	Pruebas de penetrantes, visible
<b>Tipo</b>	2
<b>Método(s)</b>	B/C/D
<b>Nivel de sensibilidad</b>	N/A
<b>Equipos requeridos</b>	No se requieren equipos especiales.
<b>Rango de temperatura</b>	40 a 125 °F / 4 a 52 °C
<b>Cobertura</b>	1 lata de aerosol cubrirá aproximadamente 65 ft <sub>2</sub> / 6 m <sub>2</sub> 1 galón cubrirá aproximadamente 1200 ft <sub>2</sub> / 111 m <sub>2</sub>



**ENVASE**

Lata en aerosol, caja de 12 latas 01-5155-78

Jarro de 1 gal / 3,78 L, caja de 4 01-5155-35

Cubeta de 5 gal/18,9 L 01-5155-40

Tambor de 55 gal/208 L 01-5155-45

**SALUD Y SEGURIDAD**

Revise toda la información relevante de salud y seguridad antes de usar este producto. Para obtener información completa sobre salud y seguridad, consulte la ficha de datos de seguridad del producto, disponible en [www.magnaflux.mx](http://www.magnaflux.mx)

## Anexo 6: Asientos en Sobre medida.

<b>Asiento de Válvula sobre medida 0.020</b>	<b>Inches (in.)</b>	<b>Metric (mm)</b>
Diámetro del alojamiento del asiento de admisión en la culata	3.020-3.021	76.708-76.7334
Diámetro del alojamiento del asiento de escape en la culata	3.219-3.220	81.7626-81.788
<b>Diámetro externo del asiento</b>	<b>Inches (in.)</b>	<b>Metric (mm)</b>
Admisión	3.022-3.023	76.7588-76.7842
Escape	3.222-3.223	81.8388-81.8642
<b>Espesor del asiento de válvula</b>	<b>Inches (in.)</b>	<b>Metric (mm)</b>
Admisión 20	0.2885-0.294	7.3279-7.4676
Escape 20	0.526-0.5465	13.36-13.8811

<b>Asiento de Válvula sobre medida 0.030</b>	<b>Inches (in.)</b>	<b>Metric (mm)</b>
Diámetro del alojamiento del asiento de admisión en la culata	3.030-3.031	76.962-76.9874
Diámetro del alojamiento del asiento de escape en la culata	3.229-2.230	82.0166-82.042
<b>Diámetro externo del asiento</b>	<b>Inches (in.)</b>	<b>Metric (mm)</b>
Admisión	3.032-3.033	77.0128-77.0382
Escape	3.232-3.233	82.0928-82.1182
<b>Espesor del asiento de válvula</b>	<b>Inches (in.)</b>	<b>Metric (mm)</b>
Admisión 20	0.2935-0.299	7.4549-7.5945
Escape 20	0.531-0.5515	13.48-14.008

<b>Profundidad de los alojamientos en la culata para asientos sobre medida en 0.020 &amp; 0.030</b>	<b>Inches (in.)</b>	<b>Metric (mm)</b>
Admisión	0.315-0.325	8.001-8.255
Escape	0.335-0.345	8.509-8.763

## **Anexo 7**

Señores

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Sede Tecnológica

Facultad de Tecnología e Ingeniería por ciclos propedéuticos

Bogotá diciembre 2018

**Ref: Validación del manual de procedimiento para la reparación general de las culatas CG204702N para los motores L7042, F3521, L5790, P9390 de tipo G/ GL/ GSI de la serie VHP de Waukesha.**

Después de leer y revisar de manera minuciosa el manual de procedimiento para la reparación general de las culatas CG204702N para los motores L7042, F3521, L5790, P9390 de tipo G/ GL/ GSI de la serie VHP de Waukesha realizado por Bryan Nicolas Alvarez Valderrama identificado con cedula de ciudadanía número 1010230398 de Bogotá estudiante de Tecnología en Mecánica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Nos permite certificar que el manual cumple con el objetivo de facilitar la reparación de manera eficiente, ya que, evita cometer errores comunes durante la realización de este tipo de trabajos.

La minimización de errores permite optimizar los recursos disponibles y reducir el tiempo de indisponibilidad de la máquina, logrando ponerla en línea en menor tiempo posible.

Por lo tanto, este manual podrá implementarse y estandarizarse en todos los campos donde existan este tipo de motores.

Cordialmente;

---

Jaime Ernesto Clavijo Amaya  
79470782  
Gerente de Jnc Dynamics Global Solutions SAS.  
3158457746

---

Diego Mayorga Sanchez  
79150025  
Gerente de RMH SAS  
3153338098

---

Juan Pablo Alvarez Atuesta  
79370021  
Jefe de mantenimiento de Rempower Solutions SAS  
3005718791