

Fecha de presentación del Informe: Día Mes Año **1. Datos generales del Proyecto**

Código del proyecto: 2711			
Título del proyecto: ANÁLISIS DEL <i>RUNNING-IN</i> EN EL COMPORTAMIENTO TRIBOLÓGICO DE MATERIALES SUSCEPTIBLES A ENDURECIMIENTO POR DEFORMACIÓN			
Facultad o Instituto Académico: INGENIERÍA			
Departamento o Escuela: ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Grupo (s) de investigación: Grupo de Investigación en Fatiga y Superficies (GIFS)			
Entidades: Universidad del Valle			
Palabras claves: <i>running-in</i> , endurecimiento por deformación, desgaste abrasivo, desgaste por deslizamiento.			
Investigadores ¹	Nombre	Tiempo asignado	Tiempo dedicado
Investigador Principal	Sara Aida Rodríguez	220 h/semestre	120 h/semestre
Coinvestigadores	John Jairo Coronado	220 h/semestre	120 h/semestre
Otros participantes	Fernando Delgado	20 h/semana	20 h/semana
	Brian Iglesias	20 h/semana	20 h/ semana
	Camilo Muñoz	20 h/semana	20 h/ semana
	Sebastián Saltarén	20 h/semana	20 h/semana
	Joyner Caicedo	4 h/semana	4 h/semana
	Bryan Arcila	4 h/semana	4 h/semana
	Oscar Zambrano	-	4 h/semana
Jonathan Muñoz	-	4 h/semana	

¹ Todas las personas relacionadas en el informe y que participen en el proyecto deben haber suscrito el acta de propiedad intelectual de acuerdo con los formatos establecidos.

2. Resumen ejecutivo:

El termino *running-in* hace referencia a una etapa de transición en un sistema tribológico. La transición tribológica puede ser inducida o impuesta por cambios en las condiciones de operación o puede ocurrir naturalmente como consecuencia del tiempo de operación del sistema sin intervención externa. Durante el *running-in* la fricción, temperatura y la tasa de desgaste cambian con el tiempo, este cambio es consecuencia de alteraciones en la rugosidad superficial, cambios en la composición química de las superficies, microestructura, dureza y distribución del tercer cuerpo. En este proyecto se analizó i) el efecto de la dureza inicial, ii) el endurecimiento por deformación, iii) la carga, iv) la rugosidad superficial, v) velocidad de deslizamiento, y vii) tamaño de abrasivo sobre el coeficiente de fricción y tasa de desgaste en la etapa de *running-in* y en su subsecuente etapa estable o estacionaria en materiales susceptibles a endurecimiento por deformación: fermanal, aceros al manganeso (Hadfield), y dos aceros inoxidable austeníticos, bajo condición de desgaste por deslizamiento, desgaste abrasivo a dos cuerpos, desgaste por impacto y fatiga en flexión rotatoria. Para lograr estos objetivos se realizaron ensayos de desgaste abrasivo (configuración pin-lija), ensayos de deslizamiento (configuración pin-disco), ensayos de desgaste por impacto por martillos basculantes y ensayos de fatiga en flexión rotativa y se usó microscopia electrónica de barrido para caracterizar las superficies de desgaste y fractura. Se midió la pérdida de masa usando una balanza analítica y se registró el coeficiente de fricción como una función del tiempo de ensayo para cada material. Todas las variables se correlacionaron usando métodos estadísticos.

Los resultados permitieron incrementar el conocimiento del fenómeno de desgaste, entender la influencia de cada una de las variables evaluadas e identificar los materiales con mejores características para ser usados en aplicaciones industriales; contribuyendo al fortalecimiento de las líneas de investigación en tribología y fatiga e integridad de componentes mecánicos del Grupo de Investigación en Fatiga y Superficies. En el marco de este proyecto se realizó una tesis de maestría y tres trabajos de pregrado en ingeniería mecánica. Y se publicó un artículo en la revista *Wear* indexada en categoría A1, se sometió a publicación un artículo a la revista *International journal of fatigue* indexada en categoría A1 y se presentaron cuatro trabajos en el

simposio de ingeniería.

Abstract

The term running-in refers to a stage of transition in a tribological system. The tribological transition can be induced or imposed by changes in operating conditions and it can occur naturally or as a result of operating time without external intervention system. During the running-in stage the friction, temperature and wear rate change over time, this change results from alterations in the surface roughness, changes in chemical composition of the surfaces, microstructure, hardness and distribution of the third body. In this project i) the effect of initial hardness, ii) strain hardening, iii) load, iv) the surface roughness, v) sliding velocity, and vii) size abrasive on the friction coefficient and wear rate at the running-in and the stationary stage were analyzed in materials susceptible to strain hardening such as fermanal, manganese steels (Hadfield) and two austenitic stainless steels, on condition of sliding wear, two body abrasive wear, impact wear and rotating bending fatigue. To achieve these goals abrasive wear tests (pin-sandpaper configuration), sliding wear tests (configuration pin on disc) and wear by impact using swinging hammers and rotating bending fatigue tests were performed and scanning electron microscopy was used to characterize fracture and wear surfaces. Mass loss was measured using an analytical scale and the friction coefficient as a function of the test time for each material is recorded. All variables were correlated using statistical methods.

The results allowed to increase the knowledge of wear phenomenon, understand the influence of each of the variables evaluated and identify materials with improved characteristics for use in industrial applications; helping to improve the research in tribology and fatigue and integrity of mechanical components of the Research Group of Fatigue and Surfaces. As part of this project a master's thesis and three undergraduate works in mechanical engineering were performed. Additionally one article was published in the Wear journal indexed in category A1, one article is in review in the International journal of fatigue indexed in category A1 and four works were presented at the symposium of engineering.

3. Síntesis del proyecto:

3.1 Tema

Desgaste de materiales endurecibles por deformación.

3.2 Objetivos: general y específicos

Los objetivos planteados en la propuesta de investigación fueron:

Objetivo general

Analizar la etapa de running-in en el desgaste por deslizamiento y desgaste abrasivo a dos cuerpos de materiales susceptibles a endurecimiento por deformación.

Objetivos específicos

Los resultados de la investigación desviaron los objetivos específicos para profundizar en aspectos de mayor relevancia para lograr el objetivo general. Los objetivos se modificaron así:

Objetivos específicos en la propuesta original	Objetivo específicos alcanzados
Diseñar y construir un tribómetro tipo pin sobre disco para ensayos de desgaste por deslizamiento y desgaste abrasivo a dos cuerpos, de acuerdo a la norma ASTM G99 y ASTM G132.	Diseñar y construir un tribómetro tipo pin sobre disco para ensayos de desgaste por deslizamiento y desgaste abrasivo a dos cuerpos, de acuerdo a la norma ASTM G99 y ASTM G132.
Analizar el efecto de la dureza inicial, el endurecimiento por deformación, la carga, la velocidad de deslizamiento y la rugosidad superficial sobre el coeficiente de fricción y la tasa de desgaste en la etapa de running-in en los siguientes materiales: fermanal, acero al manganeso, hierro fundido blanco con matriz austenítica y un acero inoxidable austenítico, bajo condición de desgaste por deslizamiento.	Analizar el efecto de la dureza inicial, el endurecimiento por deformación, la carga, la velocidad de deslizamiento y la rugosidad superficial sobre el coeficiente de fricción y la tasa de desgaste en la etapa de running-in en los siguientes materiales: acero al manganeso, y un acero inoxidable austenítico, bajo condición de desgaste por deslizamiento.

Analizar el efecto de la dureza inicial, el endurecimiento por deformación, la carga, el tamaño de abrasivo y la rugosidad superficial sobre el coeficiente de fricción y la tasa de desgaste en la etapa de running-in en los siguientes materiales: fermanal, acero al manganeso, hierro fundido blanco con matriz austenítica y un acero inoxidable austenítico, bajo condición de desgaste abrasivo a dos cuerpos.	Analizar el efecto de la dureza inicial, el endurecimiento por deformación, la carga, el tamaño de abrasivo y la rugosidad superficial sobre el coeficiente de fricción y la tasa de desgaste en la etapa de running-in en los siguientes materiales: fermanal, acero al manganeso, y un acero inoxidable austenítico, bajo condición de desgaste abrasivo a dos cuerpos.
	Analizar el efecto de la dureza inicial y el endurecimiento por deformación, sobre la tasa de desgaste bajo condición de desgaste por impacto en la etapa de running-in en dos aceros al manganeso.
Analizar el efecto de las variables de ensayo usadas en la etapa de running-in sobre el coeficiente de fricción y la tasa de desgaste en la etapa estable.	Analizar el efecto de las variables de ensayo usadas en la etapa de running-in sobre el coeficiente de fricción y la tasa de desgaste en la etapa estable.
Identificar los mecanismos de desgaste, los residuos de desgaste y la transformación microestructural en el régimen de running-in y compararlo con el régimen estacionario.	Identificar los mecanismos de desgaste, los residuos de desgaste y la transformación microestructural en el régimen de running-in y compararlo con el régimen estacionario.
	Analizar el efecto del endurecimiento por deformación de dos aceros inoxidables austeníticos sobre la resistencia a la fatiga en flexión rotativa.

3.3 Metodología

- Se diseñó y construyó un tribómetro tipo pin sobre disco para ensayos de desgaste por deslizamiento y desgaste abrasivo a dos cuerpos, de acuerdo a la norma ASTM G99 y ASTM G132.
- Se estudiaron cinco materiales endurecibles por deformación: fermanal, dos acero al manganeso y dos acero inoxidable austeníticos en deslizamiento y/o abrasión.
- Se realizaron ensayos de desgaste abrasivo a dos cuerpos (configuración pin-lija) a temperatura ambiente usando abrasivos de alúmina de dos tamaños diferentes.
- Se realizaron ensayos de desgaste por deslizamiento (configuración pin-disco) a temperatura ambiente usando discos de acero de bajo carbono usando dos velocidades diferentes de deslizamiento.
- Se midió la pérdida de masa usando una balanza analítica y se registró el coeficiente de fricción como una función del tiempo de ensayo para cada condición analizada en deslizamiento y abrasión.
- Los pines se obtuvieron por electroerosión con hilo. Por lo menos tres repeticiones, por cada condición de ensayo, fueron realizadas.
- Se utilizaron microscopios óptico, estereográfico y electrónico de barrido (SEM) para la caracterización microestructural y química de los materiales, superficies desgastadas y superficies de fractura.
- Las superficies desgastadas se caracterizaron mediante SEM, difracción de rayos X y microdureza.
- La microdureza y macrodureza se midieron usando durómetros Vickers.
- Se realizaron mediciones de rugosidad usando un rugosímetro Mitutoyo y un perfilómetro óptico marca Taylor Hobson modelo Talysurf CCI-MP.
- Se realizaron ensayos de desgaste por impacto (configuración martillos basculantes) a temperatura ambiente usando partes metálicas como material impactado a una rata de

120 gr/min. Martillos metálicos de dos composiciones químicas distintas, cada una sometida a tratamiento superficial de Shot peening por un minuto y sin tratamiento, fueron sometidos a impacto durante 100 minutos, en un tribómetro de 10 martillos basculantes. La velocidad perimetral de impacto fue 37 m/s. Se registró la micro dureza de los materiales durante el desarrollo de las pruebas para medir el endurecimiento por deformación.

- Por medio de un espectrómetro de masas se midió la composición química de los aceros probados.
- Se caracterizaron mecánicamente ambos materiales, registrando su micro dureza y su tenacidad al impacto Charpy.
- La microestructura de los materiales sin tratamiento de Shot peening se analizó por medio de microscopía óptica y por microscopía electrónica de barrido.
- Los mecanismos de desgaste se analizaron por medio de Stereo microscopía y microscopía electrónica de barrido (MEB).
- Para dos aceros austeníticos el efecto de la fuerza y la velocidad de la deformación sobre la dureza y la rugosidad obtenidas del proceso de Deep Rolling fueron analizadas usando un dispositivo que fue construido con este propósito.
- Se realizaron ensayos de fatiga por flexión rotativa de los dos aceros austeníticos con y sin endurecimiento superficial.
- Las superficies endurecidas se caracterizaron usando difracción de rayos X para determinar las transformaciones microestructurales y esfuerzos residuales.
- Se relacionaron las variables y los resultados de todos los ensayos con la técnica estadística ANOVA.

3.4 Resultados obtenidos

Como producto de este proyecto el Laboratorio de Tribología de la escuela de Ingeniería

Mecánica de la universidad del Valle diseñó y construyó un tribómetro tipo pin-disco robusto y confiable que permite la realización de ensayos tipo: Deslizamiento en seco y lubricado, deslizamiento con pista repetida circular y lineal, abrasión a dos cuerpos con diferentes porcentajes de repetición de pista. Las principales características del equipo construido son: rango de carga normal 0-60 N, medición en línea del coeficiente de fricción, velocidad de deslizamiento 0,5 – 10 cm/s, medición de desgaste en línea usando un LVDT para censar la disminución de la longitud del pin. Este equipo permite la instalación de un horno para pruebas en alta temperatura hasta 1000°C. Un equipo comercial con estas características tiene un valor mínimo de 90 millones sin importación ni aranceles.

Desde el punto de vista del fenómeno de desgaste analizado se identificó una relación entre la energía de falla de apilamiento y la resistencia al desgaste en abrasión a dos cuerpos para los aceros austeníticos endurecibles por deformación. Un acero FeMnAlC, un acero Hadfield y el acero 316L. Los aceros con las menores energías de falla de apilamiento mostraron las mejores resistencias al desgaste. El FeMnAlC tiene mayor resistencia que el 316L pero menor resistencia que el acero Hadfield. Sin embargo a la mayor carga todos los materiales tienen similar tasa de desgaste. Los principales micromecanismos de desgaste fueron microcorte y microarado con transiciones entre el microarado y el microcorte cuando se incrementa la carga.

El análisis del running-in en el desgaste abrasivo, la pérdida de masa y el endurecimiento de la matriz se correlacionaron con el coeficiente de fricción, rugosidad, microestructura y los mecanismos de desgaste. El coeficiente de fricción presentó una estabilización rápida en todos los materiales y niveles de carga. El acero Hadfield presentó un endurecimiento mayor durante el running-in con el abrasivo de mayor tamaño debido a que generó una mayor deformación de la superficie de desgaste, mientras que el acero AISI 316L no presentó una clara diferencia en el endurecimiento con el cambio de tamaño de abrasivo. No se presentó una diferencia significativa en el coeficiente de fricción con respecto al cambio de abrasivo en ningún material. Se identificó una transición de los micromecanismos de desgaste por medio de SEM, presentando microcorte en los primeros metros de recorrido, posteriormente la aparición de microarado permitió entre otras cosas el endurecimiento de la superficie. En el seguimiento a la evolución de la rugosidad de las superficies de desgaste se observó una leve reducción, que se relacionó con los mecanismos de desgaste, degradación de la superficie y reducción de la tasa

de desgaste.

En el caso de estos materiales, en deslizamiento usando como contracuerpo discos de acero SAE A-36, los cuales presentan una alta dureza superficial por trabajo en frío. Se concluyó que los mecanismos de desgaste por deslizamiento en su mayor parte están dominados por la deformación plástica, desgaste oxidativo, adhesión de partículas metálicas y una combinación entre los mencionados. En el periodo de running-in, sobre la tasa de endurecimiento la variable que mayor influencia tuvo fue la velocidad tangencial con importantes diferencias entre materiales, mientras que la pérdida de masa depende básicamente de la carga con pendientes de incremento diferentes para cada material. En la etapa estable la pérdida de masa se afecta con la velocidad tangencial y la interacción entre la velocidad tangencial y la carga normal. En cuanto al running-in, en las pruebas realizadas con el acero Hadfield las transiciones del coeficiente de fricción y el endurecimiento coinciden y se dan a una distancia de deslizamiento que fue establecida.

También se analizó el desgaste por impacto en aceros austeníticos al manganeso tipo Hadfield comúnmente usados en procesos de fragmentación de materia prima en la industria minera y la siderúrgica. Los resultados mostraron que el material con mayor porcentaje de carbono (1,45%C), y de manganeso (14,92 %Mn), pero menores porcentajes de cromo (2,27%Cr), níquel y molibdeno presentó menos micro arado, micro agrietamiento y mayor adhesión sin presentar micro corte y por tanto menor tasa de desgaste, que el material con menor contenido de carbono (0,62%C) y de manganeso (13,88 %Mn), pero mayores contenidos de cromo (2,61% Cr), níquel y molibdeno. La duración del periodo de running-in aumentó con la micro dureza inicial de los materiales pero no fue dependiente de su composición química. Se encontró también que el tratamiento de shot peening aumentó la resistencia al desgaste especialmente en la etapa posterior al running-in, es decir que el endurecimiento por deformación causado por el tratamiento de shot peening por corto tiempo tiene un efecto favorable en la resistencia al desgaste de la etapa estable en estos aceros.

Debido al incremento de la resistencia al desgaste con la deformación se buscó una forma de usar estas características en otra aplicación industrial, por tanto se probó una forma de generar la deformación de forma controlada usando el método de deep rolling y evaluar sus beneficios en el comportamiento a la fatiga en flexión rotatoria de los aceros austeníticos AISI 304 and

AISI 316. Los resultados mostraron que el deep rolling produce disminución de la rugosidad e incrementos en la dureza, fracción volumétrica de martensita y esfuerzos residuales compresivos que incrementan la resistencia a la fatiga de los dos materiales. También fue observado que a altos ciclos de carga, el acero AISI 304 presenta mejor respuesta a la fatiga después del deep rolling que el AISI 316. Este comportamiento está asociado a una mayor resistencia a la nucleación de fisuras y menor tasa de crecimiento de grieta debido a efectos metalúrgicos como incremento de las maclas de deformación y de la fracción volumétrica de martensita con el deep rolling para este material.

3.5 Principales conclusiones y/o recomendaciones

Esta investigación concluye que la energía de falla de apilamiento, la cual afecta directamente la rata de endurecimiento, afecta directamente la resistencia al desgaste abrasivo de los aceros austeníticos.

La etapa de running-in en abrasión es muy corta para el coeficiente de fricción mientras que para la pérdida de masa requiere mayor distancia, se logró verificar que la finalización del este periodo de transición está asociado a un cambio de micromecanismo de desgaste ya que durante el runnig-in predomina el microcorte mientras en la etapa estable predomina el microarado.

A diferencia de lo observado en abrasión, en deslizamiento la duración del runing-in coincide para coeficiente de fricción, endurecimiento de la superficie y pérdida de masa. Y la distancia a la cual finaliza depende de las variables de ensayo y la energía de falla de apilamiento del material.

Los resultados obtenidos demuestran que el fenómeno de running-in debe continuar estudiándose para potencializar los efectos positivos de los fenómenos que ocurren en esta etapa como, generación de campos de deformación y esfuerzos residuales, endurecimiento por transformación de austenita en martensita y cambios de la rugosidad.

4. Impactos actual o potencial:

El desarrollo de este proyecto proporcionó a la universidad un equipo de laboratorio robusto y confiable que permitirá el desarrollo de muchas investigaciones en el área de tribología. En cuanto al impacto del proyecto a nivel académico y educativo, básicamente se dio un paso en la comprensión del efecto del endurecimiento por deformación en el periodo del running-in y como ese comportamiento puede usarse para minimizar el desgaste en diferentes aplicaciones como en martillos de fragmentación de chatarra. Este tópico había sido poco investigado y los resultados del proyecto fueron socializados en revistas de alto impacto que permitirán a la comunidad científica y técnica el uso de estos resultados. Adicionalmente, para el desarrollo del proyecto se requirió desde el punto de vista educativo, el aprendizaje y socialización de técnicas de caracterización tribológica y se formaron un magister y tres estudiantes de pregrado. Este proyecto de investigación se socializó en un congreso internacional y en el simposio de ingeniería en dos años consecutivos. Lo cual muestra el impacto investigativo, académico y educativo del proyecto.

5. Productos:

Tabla No. 1. Cantidad y tipo de productos pactados en el *Acta de Trabajo y Compromiso* y productos finalmente presentados

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS				No. de PRODUCTOS PRESENTADOS			
Productos de nuevos conocimientos								
Artículo en revista ISI-SCOPUS:	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
Artículo completo publicado en revistas indexadas	A1	A2	B	C	A1	A2	B	C
	1	1			2			
Libros de autor que publiquen resultados de investigación	-				-			

TIPO DE PRODUCTOS	No. de PRODUCTOS PACTADOS		No. de PRODUCTOS PRESENTADOS	
Capítulos en libros que publican resultados de investigación	-		-	
Productos o procesos tecnológicos patentados o registrados	-		-	
☐ Prototipos y patentes	-		-	
☐ Software	-		-	
Productos o procesos tecnológicos usualmente no patentables o protegidos por secreto industrial	-		-	
Normas basadas en resultados de investigación	-		-	
Formación de recursos humanos	No. de estudiantes vinculados	No. de tesis	No. De estudiantes Vinculados	No. De tesis
Estudiantes de pregrado	2	2	3	3
Semillero de Investigación	2		2	
Estudiantes de maestría	1	1	1	1
Estudiantes de doctorado	-	-	-	-
Joven investigador	-	-	-	-
Productos de divulgación				
Publicaciones en revistas no indexadas	-		1	-
Ponencias presentadas en eventos (congresos, seminarios, coloquios, foros)	No. de ponencias nacionales 1	No. de ponencias internacionales 1	No. de ponencias nacionales *	No. de ponencias internacionales 1
Propuesta de investigación	-	-	-	-
Propuestas presentadas en convocatorias externas para búsqueda de financiación.	1		1	

* Aunque no se presentó la ponencia nacional, sí se presentaron 4 trabajos en total en el 6to y en el 7o Simposio de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle, además se publicó un artículo en una revista no indexada y se graduó un estudiante de pregrado adicional a los comprometidos.

Tabla No. 2. Detalle de productos

Producto #1

Tipo de producto:	Artículo en revista A1
Nombre General:	Wear348-349(2016)61–68 Doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.wear.2015.11.019
Nombre Particular:	<i>Effect of normal load on abrasive wear resistance and wear Micromechanisms in FeMnAlC alloy and other austenitic steels</i>
Ciudad y fechas:	Elsevier, Diciembre de 2015
Participantes:	O.A. Zambrano, Y. Aguilar, J. Valdés, S.A. Rodríguez, J.J. Coronado
Sitio de información:	Elsevier Editorial System(tm) for Wear
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Fatiga y Superficies

Wear 348–349 (2016) 61–68



Contents lists available at [ScienceDirect](http://www.sciencedirect.com)

Wear

journal homepage: www.elsevier.com/locate/wear



Effect of normal load on abrasive wear resistance and wear micromechanisms in FeMnAlC alloy and other austenitic steels



O.A. Zambrano^{a,b,*}, Yesid Aguilar^b, Jairo Valdés^a, S.A. Rodríguez^a, J.J. Coronado^a

^a Research Group of Fatigue and Surfaces (GIFS), Mechanical Engineering School, Universidad del Valle, Cali, Colombia

^b Research Group of Tribology, Polymers, Powder Metallurgy and Processing of Solid Waste (TPMR), Universidad del Valle, Cali, Colombia

ARTICLE INFO

Article history:

Received 18 April 2015

Received in revised form

18 November 2015

Accepted 22 November 2015

Available online 12 December 2015

Keywords:

FeMnAlC steel

Abrasive wear

Hadfield steel

AISI 316 L steel

Stacking Fault Energy

ABSTRACT

Little attention has been paid to the role of stacking fault energy (SFE) in the two-body abrasive wear of austenitic steels. Using a pin-abrasion test with 220 grit garnet paper as the counterbody, three austenitic steels of different SFEs were compared. The steels were: (i) FeMnAlC, (ii) Hadfield steel, and (iii) AISI 316 L steel. Following a pre-conditioning procedure, the normal loads on the 3 mm diameter test pins were 5 N, 10 N and 15 N, and the sliding speed along a spiral track of total length 430 m was 0.158 m/s. Data showed that the FeMnAlC steel had a higher wear resistance than AISI 316 L steel but lower wear resistance than the Hadfield steel. However, at the highest test load, all three steels had similar wear resistance. The steel with the lowest SFE had the highest abrasive wear resistance and the steel with the highest SFE had the lowest abrasive wear resistance. The main wear mechanisms were microcutting and microploughing. There was a transition from microploughing to microcutting as the normal load was increased.

© 2015 Elsevier B.V. All rights reserved.

Producto #2

Tipo de producto:	Artículo en revista A1
Nombre General:	International Journal of Fatigue (A1) En revision (IJFATIGUE-D-16-00039)
Nombre Particular:	DEEP ROLLING EFFECT ON FATIGUE BEHAVIOR OF AUSTENITIC STAINLESS STEELS
Ciudad y fechas:	Elsevier, Junio de 2016
Participantes:	J. Muñoz-Cubillos, J.J. Coronado, S.A. Rodríguez
Sitio de información:	Elsevier Editorial System(tm) for International Journal of Fatigue
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Fatiga y Superficies

Elsevier Editorial System(tm) for
International Journal of Fatigue
Manuscript Draft

Manuscript Number: IJFATIGUE-D-16-00039R1

Title: DEEP ROLLING EFFECT ON FATIGUE BEHAVIOR OF AUSTENITIC STAINLESS STEELS

Article Type: Original Research Paper

Keywords: deep rolling, austenitic stainless steel, fatigue strength, AISI 304, AISI 316

Corresponding Author: Mr. Jonnathan Muñoz Cubillos,

Corresponding Author's Institution:

First Author: Jonnathan Muñoz Cubillos

Order of Authors: Jonnathan Muñoz Cubillos; John J Coronado, Ph.D.; Sara A Rodríguez, Ph.D.

Manuscript Region of Origin: The Americas

*Manuscript
[Click here to view linked References](#)

DEEP ROLLING EFFECT ON FATIGUE BEHAVIOR OF AUSTENITIC STAINLESS STEELS

J. Muñoz, J.J. Coronado, S.A. Rodríguez

Research Group of Fatigue and Surfaces, Mechanical Engineering School, Universidad del Valle,
Cali, Colombia

jonnathan.munoz.cubillos@correounivalle.edu.co

Abstract

In the present study, the effect of deep rolling on the fatigue behavior of two austenitic stainless steels susceptible to strain hardening (AISI 304 and AISI 316) was investigated. The effect of the force and the deformation velocity, on the surface hardening and the final roughness produced by deep rolling treatment, were analyzed using a device built for this purpose. The microstructure of the materials was characterized by optical microscopy, the fracture surfaces were characterized using scanning electron microscopy, the residual stresses and microstructural changes produced by the deep rolling method were characterized by X-ray diffraction. Results show that the deep rolling produces increases in hardness, volume fraction of martensite and compressive residual stresses that increase the fatigue strength of both steels. Also, it was observed that at high cycle fatigue, the AISI 304 stainless steel presents a better fatigue response after deep rolling treatment than the AISI 316. This behavior is associated with a higher resistance to fatigue crack nucleation and growth rate due to metallurgical effects, such as deformation twins and a greater increase in the volume fraction of martensite.

Producto #3

Tipo de producto:	Artículo en revista no indexada
Nombre General:	International Journal of Fracture, Fatigue and Wear
Nombre Particular:	Effect of carbon content on tribological behavior of austenitic manganese steels under impact load
Ciudad y fechas:	Bruselas, Agosto, 2015.
Participantes:	Fernando Delgado John Jairo Coronado Marín Sara Aida Rodríguez Pulecio
Sitio de información:	http://www.ffw.ugent.be/
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Fatiga y Superficies

International Journal of Fracture Fatigue and Wear, Volume 3

Proceedings of the 4th International Conference on
Fracture Fatigue and Wear, pp. 180-188, 2015

EFFECT OF CARBON CONTENT ON TRIBOLOGICAL BEHAVIOR OF
AUSTENITIC MANGANESE STEELS UNDER IMPACT LOAD

F. Delgado^{1,2}, S.A. Rodríguez¹ and J.J. Coronado¹

¹Research Group of Fatigue and Surfaces, Mechanical Engineering School, Universidad del Valle,
Cali, Colombia

²Military Aviation School, Colombian Air Force, Cali, Colombia



International Journal of
Fracture Fatigue and Wear:

Conference Series proceedings
Volume 3, 2015

Proceedings of 4th International Conference on
Fracture Fatigue and Wear, FFW 2015, Ghent
University, Belgium, 27-28 August 2015

Published by
Laboratory Soete - Ghent University
Technologiepark Zwijnaarde 903
B-9052 Zwijnaarde, Belgium
<http://www.soetelaboratory.ugent.be/>
Edited by: Professor Magd Abdel Wahab
ISSN: 2294-7868

Abstract: Austenitic manganese steels are commonly used in applications which involve high contact pressure and impact between surfaces such as in mining machines, railroads, or in fragmentation of metals and plastics for recycling processes. This research analyses the wear behavior of austenitic manganese steels with two different chemical compositions, which were exposed to impact wear using a swing hammers tribometer. The highest peripheral speed of the hammers was 37 m/s and homogeneous metallic parts were used as processed material in the tribometer. Wear mechanisms such as adhesion between processed material and base material of the specimens as well as micro-cutting, micro-fracture and plastic deformation were identified. Specimens that contained 1.45 % C, 2.2% Cr, and 14.9% Mn presented lower mass loss and more noticeable strain hardening than those which contained 0.62 % C, 2.6% Cr, and 13.8 % Mn. The influence of hammer position inside the mill was neutralized by a suitable experiment design method. The running-in period was approximately 5 minutes for every set of hammers for both materials.

Keywords: Austenitic manganese steels; impact wear; running-in; wear mechanisms; strain hardening.

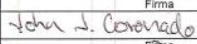
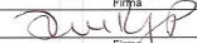
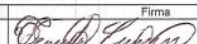
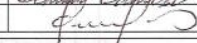
1 INTRODUCTION

Austenitic manganese steels are known for their remarkable high strain hardening and toughness. Those mechanical properties are a consequence of a manganese content which helps to stabilize austenitic matrix in the microstructure. Steels with the original composition (1.2% C and 12% Mn) were named Hadfield steels, although the term is used for other austenitic manganese steels with different carbon and manganese contents which can also include Cr, Ni or Mo. Fragmentation of metallic parts are among the most common applications of Hadfield steels. Curves which show the influence of carbon content on tensile strength and yield strength of austenitic manganese steels are presented by Higuera and Tristano [1]. The results for Hadfield steels with 12.2 – 13.8% Mn show a stable value for tensile strength (830 MPa) when the carbon content is in the range of 1% -1.8% C, but this value decreases gradually for the range 1 - 0.4% C (522 MPa for 0.4% C). Results for yield strength show a stable value (410 MPa) for carbon contents in the range of 0.9 -1.8% C, but also show a gradual decrease for 0.9-0.4% C (175 MPa for 0.4% C). The results also show the effect of Cr, Ni and Mo additions which causes a decrease on the tensile strength in a 1.15% C Hadfield steel. Garcia and Varela [2] have studied the influence of manganese content on wear resistance (pin on disk test) in four austenitic manganese steels (1-1.5% C, 4-6% Mn). The highest wear resistance was found on steel with 6% Mn (the highest Mn content among the four steels) and 1.5% C (the highest C content among the four steels). The austenitic manganese steel with the highest initial hardness had the highest mass loss among the four materials tested. Bayraktar and Khalid [3] examined the strain hardening behaviour of thin metallic sheets (1.1 mm thickness) made of Hadfield steel by means of uniaxial tensile tests and stress-strain curves. They found that a fast strain rate (2 s⁻¹) during tensile test caused less strain hardening compared with strain hardening at slow strain rate (7.5 x 10⁻⁴ s⁻¹). Crack initiation on a swing hammer has been analysed by Brusa and Morsut [4]. They studied the dynamical behaviour of a hammer which belongs to a scrap shredding machine by means of finite element method and multi body dynamics and related the results with wear and crack initiation caused on the hole where the hammer is supported by a shaft. Nevertheless the research did not focus on the tribological behaviour caused by the recurrent impacts between hammer and scrap, nor the hammer material was austenitic manganese steel. Some studies have been done to establish the abrasion resistance of Hadfield steels or other austenitic steels, or the mechanical behaviour of components under dynamical impact load, but there is few information about a quantitative tribological study of different austenitic manganese steels under impact load and the role of carbon content.

180

Producto #4

Tipo de producto:	Tesis de maestría
Nombre General:	Análisis del efecto del endurecimiento por deformación en el comportamiento tribológico del acero Hadfield bajo cargas de impacto
Nombre Particular:	Análisis del efecto del endurecimiento por deformación en el comportamiento tribológico del acero Hadfield bajo cargas de impacto
Ciudad y fechas:	Santiago de Cali – Abril de 2016
Participantes:	Fernando Delgado John Jairo Coronado Marín Sara Aida Rodríguez Pulecio
Sitio de información:	Biblioteca Mario Carvajal
Formas organizativas:	Grupos de Investigación en Fatiga y Superficies

 FACULTAD DE INGENIERÍA Coordinación Académica Programa Académico de INGENIERÍA MECÁNICA POSGRADO INGENIERÍA		ACTA DE SUSTENTACIÓN	
INFORMACIÓN GENERAL			
Título del trabajo		FECHA	DÍA MES AÑO
ANÁLISIS DEL EFECTO DEL ENDURECIMIENTO POR DEFORMACIÓN EN EL COMPORTAMIENTO TRIBOLÓGICO DEL ACERO HADFIELD BAJO CARGAS DE IMPACTO		25	2 2016
Estudiante(s)		HORA	05:00 p.m.
FERNANDO DELGADO GÓMEZ		Código	201101132
Nombre del director 1		Firma	
JOHN JAIRO CORONADO MARÍN			
N/A	Nombre del director 2	Firma	
N/A	SARA AIDA RODRIGUEZ PULECIO		
N/A	Nombre del Asesor 1	Firma	
N/A	Nombre del Asesor 2	Firma	
COMITÉ EVALUADOR			
Nombre del evaluador		Firma	
GONZALO FERNANDO CASANOVA GARCÍA			
ADOLFO LEON GOMEZ PERLAZA			
EVALUACIÓN			
Escala de evaluación			
Excelente	Muy bueno	Bueno	Regular
5.0 - 4.8	4.7 - 4.5	4.4 - 4.0	3.9 - 3.5
			Aceptable
			3.4 - 3.0
			Deficiente
			2.9 - 1
Nota definitiva documento final (a diligenciar por el director del programa académico)		Nota	Ponderación
Sustentación (a diligenciar por el jurado evaluador)		4.3	4.3
NOTA FINAL			
OBSERVACIONES			
DEFINICIÓN Y COMPROMISOS MENCIÓN			
Como evaluadores y de común acuerdo consideramos que, una vez realizada la sustentación, el trabajo merece mención y nos comprometemos a completar el trámite correspondiente para solicitarla.			
SI ☐ NO ☐ MERITORIA ☐ LAUREADA ☐			
La decisión anterior queda sujeta a la revisión del cumplimiento de todos los requisitos exigidos por la FACULTAD DE INGENIERÍA Coordinador de Posgrado Acta de Ingeniería			
 Firma del Director de Programa			

Producto #5

Tipo de producto:	Proyecto de grado – ingeniería mecánica
Nombre General:	ANÁLISIS DEL <i>RUNNING-IN</i> EN EL DESGASTE ABRASIVO DEL ACERO INOXIDABLE AUSTENITICO 316L Y DEL ACERO HADFIELD
Nombre Particular:	ANÁLISIS DEL <i>RUNNING-IN</i> EN EL DESGASTE ABRASIVO DEL ACERO INOXIDABLE AUSTENITICO 316L Y DEL ACERO HADFIELD
Ciudad y fechas:	Santiago de Cali – Noviembre de 2014
Participantes:	Camilo Muñoz Montenegro John Jairo Coronado Marín Sara Aida Rodríguez Pulecio
Sitio de información:	Biblioteca Mario Carvajal
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Fatiga y Superficies



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS DE GRADO
PROGRAMA ACADEMICO DE INGENIERIA MECANICA

Jurado conformado por los Profesores:

- Director: Ing. John Jairo Coronado Marín
Ing. Sara Aida Rodríguez Pulecio
- Jurados: Ing. Jairo Antonio Valdés Ortiz
Ing. Juan Felipe Santa

El día 20 de Agosto de 2014 a las 10:30 a.m. se llevó a cabo la sustentación de la tesis de grado presentada por el estudiante:

1. Efraín Camilo Muñoz Montenegro con código 0924809

TRABAJO DE GRADO TITULADO:

"ANÁLISIS DEL *RUNNING-IN* EN EL DESGASTE ABRASIVO DEL ACERO INOXIDABLE AUSTENITICO 316L Y DEL ACERO HADFIELD".

(☒) Aprobada
() Reprobada
() Pendiente

Regístrese esta calificación: Cuatro punto Cinco (4.5)

Distinción: SI ☐ NO ☒

El estudiante debe acogerse a las recomendaciones del jurado y presentar nuevamente el documento ante el director de trabajo. () Requiere (x) No requiere nueva sustentación.

El plazo para nueva sustentación y/o para presentación del documento final es el _____

John J. Coronado

John Jairo Coronado Marín Ph.D.
Director del Trabajo

Jairo Antonio Valdés Ortiz
Jurado

Sara Aida Rodríguez Pulecio

Sara Aida Rodríguez Pulecio Ph.D.
Co-director

Juan Felipe Santa
Jurado

Santiago de Cali, Agosto 19 de 2014

Producto #6

Tipo de producto:	Proyecto de grado – ingeniería mecánica
Nombre General:	ANÁLISIS DEL <i>RUNNING-IN</i> EN EL DESGASTE POR DESLIZAMIENTO DEL ACERO INOXIDABLE AUSTENÍTICO AISI 316L Y DE UN ACERO HADFIELD
Nombre Particular:	ANÁLISIS DEL <i>RUNNING-IN</i> EN EL DESGASTE POR DESLIZAMIENTO DEL ACERO INOXIDABLE AUSTENÍTICO AISI 316L Y DE UN ACERO HADFIELD
Ciudad y fechas:	Santiago de Cali – Noviembre de 2014
Participantes:	Brayan Iglesias Guerrero John Jairo Coronado Marín Sara Aida Rodríguez Pulecio
Sitio de información:	Biblioteca Mario Carvajal
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Fatiga y Superficies



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS DE GRADO
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA MECANICA

Jurado conformado por los Profesores:

•Director: Ing. John Jairo Coronado Marín
•Co-directora: Ing. Sara Aida Rodríguez Pulecio
Jurados: Ing. Julio Calcedo
Ing. Cristian Viáfara

El día 14 de Octubre de 2014 a las 1:30 p.m. se llevó a cabo la sustentación de la tesis de grado presentada por el estudiante:

1. Brayan Iglesias Guerrero con código 200923783

TRABAJO DE GRADO TITULADO:

"ANÁLISIS DEL *RUNNING-IN* EN EL DESGASTE POR DELISZAMIENTO DEL ACERO INOXIDABLE AUSTENÍTICO AISI 316L Y DE UN ACERO HADFIELD"

☒ Aprobada
☐ Reprobada
☐ Pendiente

Regístrese esta calificación: Cuota 40

Distinción: SI ☐ NO ☐

El estudiante debe acogerse a las recomendaciones del jurado y presentar nuevamente el documento ante el director de trabajo. () Requiere (X) No requiere nueva sustentación.

El plazo para nueva sustentación y/o para presentación del documento final es el _____

John J. Coronado
John Jairo Coronado Marín, Ph.D.
Director del Trabajo

Sara Aida Rodríguez Pulecio
Sara Aida Rodríguez Pulecio, Ph.D.
Co-directora

Julio Calcedo
Julio Calcedo, Ph.D.
Jurado

Cristian Viáfara
Cristian Viáfara, Ph.D.
Jurado

Santiago de Cali, Octubre 14 de 2014

Producto #7

Tipo de producto:	Proyecto de grado – ingeniería mecánica
Nombre General:	Diseño de un tribómetro tipo pin sobre disco para ensayos de desgaste abrasivo a diferentes temperaturas
Nombre Particular:	Diseño de un tribómetro tipo pin sobre disco para ensayos de desgaste abrasivo a diferentes temperaturas
Ciudad y fechas:	Santiago de Cali – Marzo de 2014
Participantes:	Juan Sebastián Saltarén Bouzas John Jairo Coronado Marín Sara Aida Rodríguez Pulecio
Sitio de información:	Biblioteca Mario Carvajal
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Fatiga y Superficies



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS DE GRADO
PROGRAMA ACADEMICO DE INGENIERIA MECANICA

Jurado conformado por los profesores:

•Director: Dra. Sara Aida Rodríguez
•Jurados: Dr. Jaime Sánchez Rodríguez
Dr. José Isidro García Melo

El día 17 de diciembre de 2013 a las 3 pm se llevó a cabo la sustentación de la tesis de grado presentada por el estudiante:

1. Juan Sebastián Saltarén Bouzas código 200833167

TRABAJO DE GRADO TITULADO:

DISEÑO DE UN TRIBÓMETRO DE TIPO PIN SOBRE DISCO PARA ENSAYOS DE DESGASTE ABRASIVO A DIFERENTES TEMPERATURAS.

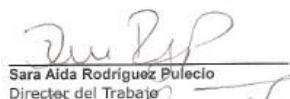
☒ Aprobada
☐ Reprobada
☐ Pendiente

Regístrese esta calificación: CUATRO OCHO (4.8)

Distinción: SI ☒ NO ☐

El estudiante debe acogerse a las recomendaciones del jurado y presentar nuevamente el documento ante el director de trabajo. () Requiere () No requiere nueva sustentación.

El plazo para nueva sustentación y/o para presentación del documento final es el _____


Sara Aida Rodríguez Pulecio
Director del Trabajo

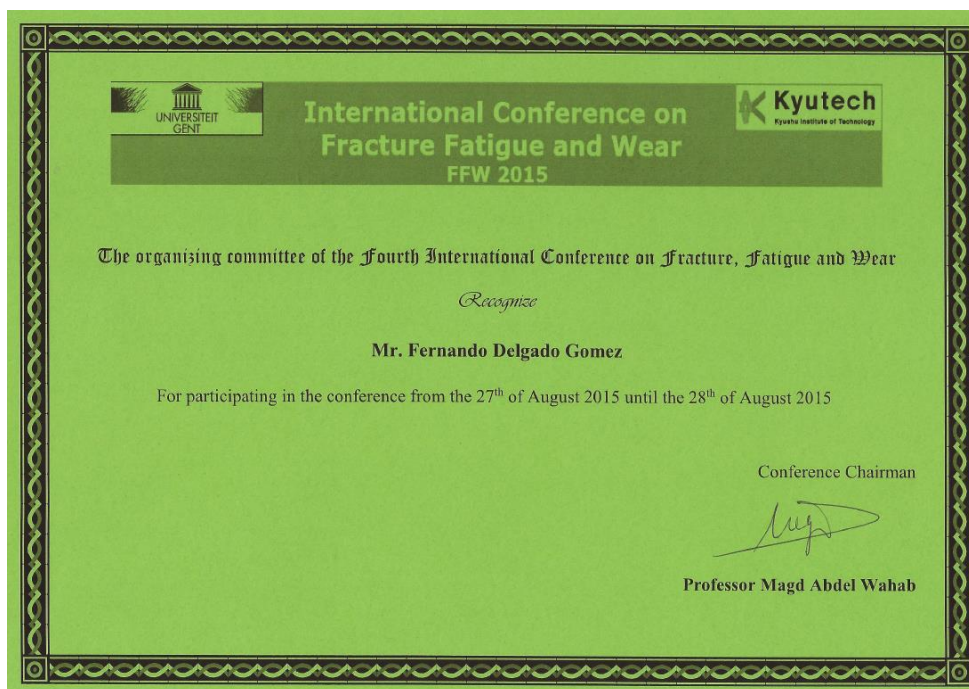

Jaime Sánchez Rodríguez
Jurado


José Isidro García Melo
Jurado

Santiago de Cali, Diciembre 17 de 2013

Producto #8

Tipo de producto:	Evento Científico – Congreso Internacional
Nombre General:	<i>4th International Conference on Fracture Fatigue and Wear</i>
Nombre Particular:	<i>Effect of carbon content on tribological behavior of austenitic manganese steels under impact load</i>
Ciudad y fechas:	Bruselas - Ghent University. 27-28 Agosto, 2015.
Participantes:	Fernando Delgado John Jairo Coronado Marín Sara Aida Rodríguez Pulecio
Sitio de información:	http://www.ffw.ugent.be/
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Fatiga y Superficies



Producto #9

Tipo de producto:	Simposio de Investigaciones
Nombre General:	6 Simposio de Investigaciones- Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, 2013
Nombre Particular:	Período de <i>running-in</i> en el desgaste de materiales
Ciudad y fechas:	Cali, Colombia– Noviembre 25-27 de 2013
Participantes:	Camilo Muñoz Brayan Iglesias Sara Aida Rodríguez Pulecio
Sitio de información:	UNIVERSIDAD DEL VALLE
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Fatiga y Superficies



Facultad de Ingeniería
Vicedecanatura de Investigación y Posgrados

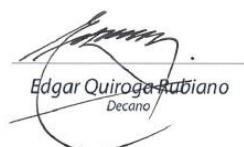
Certifica que los autores:

*Camilo Muñoz Montenegro, Brayan Iglesias,
Sara Aida Rodríguez*

Participaron en el 6° Simposio de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería
con su ponencia titulada

Período De Running-In En El Desgaste De Materiales

Realizado en Cali, entre el 25 y 27 de Noviembre de 2013


Edgar Quiroga Rubiano
Decano


Patricia Torres Lozada
Vicedecana de Investigación y Posgrados

Producto #10

Tipo de producto:	Simposio de Investigaciones
Nombre General:	6to Simposio de Investigaciones- Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle
Nombre Particular:	Desgaste de aceros endurecibles por deformación bajo cargas de impacto
Ciudad y fechas:	Cali, Colombia– Noviembre 25-27 de 2013
Participantes:	Fernando Delgado Sara Aida Rodríguez Pulecio John Jairo Coronado Marín
Sitio de información:	UNIVERSIDAD DEL VALLE
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Fatiga y Superficies



Producto #11

Tipo de producto:	Simposio de Investigaciones
Nombre General:	6to Simposio de Investigaciones- Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle
Nombre Particular:	Diseño y construcción de un tribómetro pin sobre disco
Ciudad y fechas:	Cali, Colombia– Noviembre 25-27 de 2013
Participantes:	Sebastián Saltarén John Jairo Coronado Marín Sara Aida Rodríguez Pulecio
Sitio de información:	UNIVERSIDAD DEL VALLE
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Fatiga y Superficies



Facultad de Ingeniería
Vicedecanatura de Investigación y Posgrados

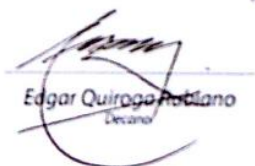
Certifica que los autores:

Sebastián Saltaren, John Jairo Coronado, Sara Aída Rodríguez

*Participaron en el 6° Simposio de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería
con su ponencia titulada*

Diseño y construcción de un tribómetro Pin sobre disco

Realizada en Cali, entre el 25 y 27 de Noviembre de 2013



Edgar Quiroga Padilla
Decano



Patricia Torres Lozada
Vicedecana de Investigación y Posgrados

Producto #12

Tipo de producto:	Simposio de Investigaciones
Nombre General:	7 Simposio de Investigaciones- Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, 2014
Nombre Particular:	Comportamiento tribológico del acero Hadfield bajo cargas de impacto
Ciudad y fechas:	Cali, Colombia– Noviembre 18-21 de 2014
Participantes:	Fernando Delgado Sara Aida Rodríguez Pulecio John Jairo Coronado Marín
Sitio de información:	UNIVERSIDAD DEL VALLE
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Fatiga y Superficies



SEMANA DE LA
INGENIERÍA
GESTIÓN DE LA CALIDAD & VISIBILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN



SIMPOSIO DE
INVESTIGACIONES



Universidad
del Valle

Facultad de Ingeniería
Vicedecanatura de Investigación y Posgrados

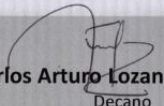
Certifica que los autores:

***Fernando Delgado Gómez, Sara Rodriguez y
John J. Coronado***

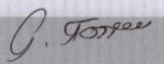
*Participaron en el 7° Simposio de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería
con su ponencia titulada*

***Comportamiento tribológico del acero hadfield bajo cargas
de impacto***

Realizado en Cali, entre el 18 y 21 de Noviembre de 2014



Carlos Arturo Lozano Moncada
Decano



Patricia Torres Lozada
Vicedecana de Investigación y Posgrados

Producto #13

Tipo de producto:	Propuesta de investigación externa
Nombre General:	OPTIMIZACIÓN DE LA RESISTENCIA AL DESGASTE DE RECUBRIMIENTOS DEPOSITADOS POR HVOF CON APLICACIONES EN TURBOMAQUINARIA.
Nombre Particular:	Propuesta presentada en la convocatoria de Colciencias, 715 - 2015 CONVOCATORIA PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN INGENIERÍAS
Ciudad y fechas:	Cali, Colombia– Julio 24 de 2015
Participantes:	Sara Aída Rodríguez Pulecio John Jairo Coronado Marín Jairo Antonio Valdés
Sitio de información:	COLCIENCIAS
Formas organizativas:	Grupo de Investigación en Fatiga y Superficies

0040.1476.2015

Rectoría



Santiago de Cali, 22 de Julio de 2015

Señores
COLCIENCIAS
Carrera 7B Bis No. 132 – 28
Bogotá D.C.

Asunto: Aval y compromiso institucional del proyecto

Respetados señores,

Por medio de la presente yo Iván Enrique Ramos Calderón, identificado con cédula de ciudadanía número 14.989.446, como Representante Legal de la Universidad del Valle, avalo el proyecto titulado "OPTIMIZACIÓN DE LA RESISTENCIA AL DESGASTE DE RECUBRIMIENTOS DEPOSITADOS POR HVOF CON APLICACIONES EN TURBO MAQUINARIA" a la Convocatoria 715, para proyectos de investigación y desarrollo en Ingenierías – 2015. Manifiesto que el proyecto no está siendo financiado con recursos de otra convocatoria de COLCIENCIAS u otras entidades del Estado.

De la misma forma, mediante la presente me permito establecer los compromisos que enuncio a continuación:

1. Interlocución:

Informo a COLCIENCIAS que las personas encargadas de ejercer la función de interlocutores válidos del proyecto son:

Nombre del interlocutor: Sara Aída Rodríguez
Documento de identidad: C.C 31.572.670
Correo electrónico: sara.rodriguez@correounivalle.edu.co
Teléfono: 3334899

Nombre del interlocutor: Luz Piedad Arrigui Fragua
Documento de identidad: C.C 06.988.746
Correo electrónico: luz.arrigui@correounivalle.edu.co
Teléfono: 3212100 Ext. 2716 - 3250

2. Aspectos éticos:

Informo a COLCIENCIAS que el proyecto presentado a la Convocatoria 715 para proyectos de investigación y desarrollo en ingenierías – 2015, no requerirá del concepto de un comité de ética dado que la propuesta de investigación no utilizará recurso vivo, agentes o muestras biológicas, datos personales, información proveniente de investigaciones previas realizadas en seres vivos o no tendrá impacto sobre la vida.

0040.1476.2015

Santiago de Cali, 22 de Julio de 2015

3. Contrapartida:

Se establece el compromiso que en caso que el proyecto resulte financiable por COLCIENCIAS, se aportará una contrapartida en especie de NOVENTA Y UN MILLONES CIENTO CUARENTA Y NUEVE MIL NOVECIENTOS NOVENTA Y NUEVE PESOS (\$91.149.999), discriminada de la siguiente manera:

Rubro	Total	Monto de contrapartida			
		Especie	% Especie	Efectivo	% Efectivo
UNIVERSIDAD DEL VALLE	\$91.149.999	\$91.149.999	100%	0	0%
Total	\$91.149.999	\$91.149.999		0	

4. Intención de acuerdo de propiedad intelectual:

Certifico que LA UNIVERSIDAD DEL VALLE cuenta con un Estatuto sobre Propiedad Intelectual aprobado por el Consejo Superior según acuerdo No. 023 de Marzo 18 de 2003, modificado según acuerdo No. 006 de julio 6 de 2012, cuyo objeto es establecer la política de asignación de derechos sobre las diversas formas de propiedad intelectual dentro de la Universidad del Valle.

5. De la aceptación de las condiciones y términos de referencia que establece Colciencias:

Acepto expresa e irrevocablemente que conocemos detalladamente las características, requisitos y condiciones de la Convocatoria 715, para proyectos de investigación y desarrollo en Ingenierías – 2015, de manera que nos sometemos a lo establecido en los Términos de Referencia determinados por Colciencias para el desarrollo de la misma y para la entrega del recurso en caso que el proyecto resulte financiable.

Con la presente manifestación inequívoca de voluntad, declaramos que en caso de ser beneficiados en la Convocatoria 715, para proyectos de investigación y desarrollo en Ingenierías – 2015, el recurso de financiación será recibido en los términos que Colciencias establece; comprendemos y aceptamos que la no aceptación o el incumplimiento de alguna de las condiciones establecidas, dará lugar a la pérdida definitiva del recurso.

Declaramos que la información suministrada es veraz y corresponde a la realidad. En caso de encontrarse alguna incoherencia o inconsistencia en la información o documentación suministrada, Colciencias podrá en cualquier momento, rechazar esta propuesta o finalizar el beneficio, sin perjuicio de las acciones legales correspondientes.

Reciban un cordial saludo,


IVÁN ENRIQUE RAMOS CALDERÓN
Rector

Producto #14

Tipo de producto:	Semilleros de investigación
Nombre General:	Brian Stevens Arcila Joyner Esteban Caicedo
Nombre Particular:	Brian Stevens Arcila Joyner Esteban Caicedo
Ciudad y fechas:	Cali, Colombia– Agosto - Diciembre de 2014
Participantes:	Brian Stevens Arcila Joyner Esteban Caicedo
Sitio de información:	Facultad de ingeniería
Formas organizativas:	Programa académico Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería



El Director del Programa Académico de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Valle

CERTIFICA

Que los estudiantes Bryan Stevens Arcila Sánchez con código 1133227 y Joyner Esteban Caicedo Zuñiga código 1036018, del programa académico de Ingeniería Mecánica, cursaron la asignatura **Pasantía de Investigación - Ingeniería 999034M** en el periodo académico agosto – diciembre de 2014.

Los estudiantes estuvieron vinculados al proyecto de investigación **“ANÁLISIS DEL RUNNING- IN EN EL COMPORTAMIENTO TRIBOLÓGICO DE MATERIALES SUSCEPTIBLES A ENDURECIMIENTO POR DEFORMACIÓN”** CI 2711.

La presente se firma en Santiago de Cali, el día treinta (30) del mes de junio de 2016.



HUGO CENEN HOYOS ESCOBAR

Director del Programa de Ingeniería Mecánica.



Firma del investigador principal

VoBo. Vicedecano de Investigaciones

*Por favor presente su informe impreso y en formato digital en hoja tamaño carta, letra arial 11,
con espacios de 1 1/2*