

# Implementación de brazo de reacción para el Torque de Suspensión Trasera de CAT 793.

*Autores: Eveiron José Caro Hernández 23552012601*

*Jeison José Algarín Suárez 23552014290*

*Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica.*

*Programa Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial*

*Universidad Antonio Nariño*

*sede Puerto Colombia*

*ecaro83@uan.edu.co*

*jalgarin06@uan.edu.co*

*Director*

*Prof. Rafael Antonio Ramírez Restrepo*

*rafael.ramirez@uan.edu.co*

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo, la elaboración de un brazo de reacción para la aplicación de torque controlado en pernos de la suspensión trasera del camión CAT-793, a partir de las recomendaciones del fabricante, modificaciones a herramientas existentes y experiencia de los operarios que son las personas que intervienen a diario estos equipos. Para ello se llevó a cabo una investigación documental, en la que se consultaron artículos científicos, trabajos de grado, libros y páginas web, entre otros tipos de documentos que permitieran tener una percepción general del tema. La construcción de este dispositivo cumple con las necesidades mecánicas conforme a los requisitos y las condiciones de seguridad de las herramientas ya en uso, dentro de las cuales se detectaron falencias al momento de ejecutar la tarea en función y así realizar el trabajo y conseguir la máxima flexibilidad y comodidad con relación a un trabajo eficiente y seguro. Como conclusión más relevante se obtuvo que el Brazo tipo E cumplió con todos los estándares de seguridad y de trabajo eficiente, entre otros aspectos se acomoda a la geometría del componente llevándolo así a ser escogido para hacer la tarea. Asimismo, es una herramienta que ayudara garantizar la alineación y seguridad para trabajar con el equipo.

**Palabras Clave:** Torque , herramientas , seguridad , brazo tipo E.

## ABSTRACT

The objective of this investigation is the development of a reaction arm for the application of controlled torque in bolts of the rear suspension of the CAT-793 truck, based on the manufacturer's recommendations, modifications to existing tools and the experience of the operators who They are the people who intervene on a daily basis in these teams. For this, a documentary investigation was carried out, in which scientific articles, degree projects, books and web pages were consulted, among other types of documents that allowed a general perception of the subject. The construction of this device meets the mechanical needs in accordance with the requirements and safety conditions of the tools already in use, within which flaws were detected at the time of executing the task in function and thus carrying out the work and achieving the maximum flexibility and comfort in relation to efficient and safe work. As the most relevant conclusion, it was obtained that the Type E Arm complied with all the safety and efficient work standards, among other aspects, it accommodates the geometry of the component, thus leading it to be chosen to do the task. It is also a tool that will help ensure alignment and safety to work with the team.

**Keywords:** Torque, tools, safety, type E arm.

## INTRODUCCION

1. La capacidad de una fuerza de hacer girar un objeto se define como torque (capacidad de giro que tiene una fuerza aplicada sobre un objeto), Sobre un cuerpo puede existir muchos torques actuando al mismo tiempo Un torque neto sobre un objeto que tiene un punto de rotación fijo

ocasiona una aceleración angular sobre él, la cual es inversamente proporcional a cierta cantidad. (Valcarce, 2014). “Como ya sabemos, se debe de ejercer una fuerza para hacer girar todo cuerpo en reposo, a esto se le es llamado torque y este determina qué tan eficaz es una fuerza para provocar o modificar el movimiento rotacional.”

2. El presente estudio se enfoca en evaluar cómo se relaciona la deformación radial de una tuerca estándar al ser apretada con la carga de tensión obtenida en el tornillo planteando un método alterno que aporte al conocimiento científico una herramienta complementaria para el cálculo de juntas atornilladas. Se analizan de manera teórica y experimental tuercas y tornillos estándar industriales tipo SAE grado 2. Utilizando el método de elemento finito en ANSYS, se analizaron las deformaciones presentes en una tuerca al aplicar las cargas estáticas axiales escalonadas, las cuerdas en la tuerca fueron simuladas utilizando elementos de contacto de fricción tipo “bolt thread” que distribuye las cargas y esfuerzos de acuerdo con los parámetros ingresados para el paso y diámetro de paso de la cuerda. (Torres, 2020)
3. La industria automotriz es una de las principales en la manufactura de productos terminados, esto hace que se convierta en uno de los ejes principales para el desarrollo del país. La competitividad y los tratados internacionales de esta industria hacen que las empresas se enfoquen en cada uno de sus indicadores de gestión, y entre los más importantes, está la productividad y el costo por unidad producida. El tema propuesto en el proyecto de esta investigación está enfocado en mejorar estos indicadores de gestión. Para esto se realiza un estudio comparativo sobre los recursos con los que cuenta una de sus líneas de ensamblaje para el proceso productivo manual y automático de ajuste de pernos y tuercas, como son las herramientas de torque, enfocado en mejorar los resultados a mediano y largo plazo, además se garantiza la calidad y seguridad en cada proceso realizado. (Galindez, 2017). “La industria automotriz comprende un gran número de valor industrial el cual tiene el objetivo final de producir y vender de vehículos automotores. Con todo esto se reúnen a todas las empresas dedicadas este tipo de diseño, planificación, fabricación de componentes, ensamblaje y comercio. Y dentro de la industria sus principales prioridades competitivas le

darán un giro de innovación hacia el futuro de la empresa teniendo como estrategias globales los nuevos productos, servicios y proveedores.”

4. La industria automotriz es regida por altos estándares de calidad, por lo que empresas como Continental deben buscar de manera continua mejorar sus procesos con el fin de obtener un menor número de incidentes con los clientes. El presente trabajo presenta un análisis en torno a un rechazo reportado por cliente debido a un tornillo suelto en el ensamble final, utilizando la metodología estructurada de resolución de problemas 8D y resultando en la implementación de un sistema de atornillado autónomo capaz de detectar la anomalía, parar la línea de producción y notificar a los responsables de mantenimiento para su corrección inmediata, esto con base en la metodología. (Soto, 2020) “El sistema de calidad en las empresas es de gran importancia, les exige como empresa a revisar las operaciones, productos y servicios, teniendo como objetivo poder identificar áreas que puedan requerir mejoras de calidad. Mediante diferentes estrategias se ayudan a las empresas a mejorar su desempeño global y proporcionar bases sólidas para las iniciativas de desarrollo sostenible.”
5. El apriete o torque de pernos y prisioneros, se ejecuta de acuerdo con requisitos establecidos en especificaciones suministradas por el Cliente y recomendaciones de fabricantes de pernos o prisioneros, documentación e información que forma parte del contrato. El torque de pernos y prisioneros es también ejecutado según planes de calidad previstos por la empresa, también por normas o códigos específicos que rigen su aplicación, cuando esto último es un requisito especificado contractualmente. (Araya, 2011)

“ Para mejorar los resultados de una empresa, poder posicionarse mejor en el mercado y dar un mejor servicio a los clientes, demostrarse competitiva e innovadora, se deben de contar con sistemas de gestión, calidad o seguridad en cada empresa. Las cuales garantizan que se cumplan los niveles de calidad y seguridad que se ajustan con los requisitos de los clientes, y que permiten a cualquier empresa posicionarse mejor en el mercado, constituyendo a su vez una importante fuente de información para los profesionales de cualquier actividad económica.”

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Al momento de ejecutar el trabajo de torque en los tornillos de la suspensión trasera del camión CAT 793, se evidenciaron condiciones inseguras con el equipo encargado del torque o ajuste del perno, dado que por la geometría del componente era complicado el ingreso de la herramienta y se hacía de manera insegura.

El objetivo de esta mejora es que el trabajador haga la actividad de manera segura, ágil y confiable lo cual nos permitirá una mejora en nuestro proceso al momento de intervenir esta aplicación en específico.

Analizando la necesidad que se presenta queremos desarrollar un dispositivo que nos ayude a realizar el trabajo de torque, teniendo en cuenta las geometrías en donde se encuentran ubicados los pernos.

¿Cuál es el desarrollo más conveniente para una herramienta para aplicar torque controlado en las tuercas de los pernos de la suspensión trasera del camión CAT-793, de modo que las operaciones de mantenimiento y reparación se realicen de forma ágil, precisa y segura?

## OBJETIVOS GENERALES

Elaborar un brazo de reacción para la aplicación de torque controlado en pernos de la suspensión trasera del camión CAT-793, a partir de las recomendaciones del fabricante, modificaciones a herramientas existentes y experiencia de los operarios que son las personas que intervienen a diario estos equipos.

## OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Elaborar el diseño conceptual del brazo de reacción para el torque de suspensión trasera, presentando diferentes alternativas.
- Seleccionar la mejor alternativa con base al diseño conceptual, con el propósito de escoger el material a partir del cálculo de los esfuerzos.
- Construir el brazo de reacción para el torque de la suspensión trasera del CAT 793.

## METODOLOGIA

Descriptiva y de innovación.

En la construcción de este prototipo que cumple con las necesidades mecánicas conforme a los requisitos y las condiciones de seguridad de las herramientas ya en uso, en las cuales se detectaron falencias al momento de ejecutar la tarea en función y así realizar el trabajo y conseguir la máxima flexibilidad y comodidad con relación al trabajo eficiente y seguro.

En este proceso de diseño comenzamos con etapas donde se identificaron las necesidades, estas fueron investigaciones preliminares, establecimos objetivos, su rendimiento y esas etapas fueron modificadas en el transcurso de las necesidades de la construcción, además del contacto con las personas involucradas y con el cliente directo para así ir mostrando el avance del prototipo y requerimiento de las partes interesadas.

### Fase I

- Conocer los procedimientos utilizados para la aplicación del torque.
- Toma de medidas y evidencias en la aplicación del proceso.
- Desarrollo de un diseño que garantice alineación y seguridad para trabajar con el equipo, en el cual se realizara un dibujo o esquema general de la idea a desarrollar.

### Fase II

- Análisis de elementos finitos para determinar la composición del material para la construcción del dispositivo y simulación del prototipo
- creación de un prototipo para presentar al cliente (garantizar así que cumpla con las necesidades pactadas y el ingreso correcto en el espacio a trabajar).

### Fase III

- Aprobación y fabricación de la herramienta.
- Control de calidad (verificar que el producto final cumpla con las medidas y especificaciones que se contemplaron en el diseño).
- Puesta en marcha de la herramienta en equipo.

## TAREAS ESPECÍFICAS TAREA DE LA FASE 1

1. Revisión bibliográfica de los diferentes tipos de brazo de reacción.
2. Entender claramente el procedimiento para la aplicación de torque en la suspensión trasera del CAT 793
3. Escoger el mejor diseño que cumpla con todas las necesidades que presentamos.

### TAREA DE FASE 2

1. Evaluación mecánica del brazo de reacción

### TAREA DE FASE 3

1. Construir el brazo de reacción.
2. Realizar control de calidad, que el dispositivo cumpla con todas las medidas dadas en el plano.
- 3- Realizar prueba de funcionamiento del brazo de reacción en la aplicación.

## RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADO

### 1. DISEÑO DE BRAZO DE REACCION Y EVALUACION EN EL MANEJO MECANICO

La herramienta fue diseñada bajo unas condiciones de estudios previos a su realización, donde evidenciamos que al momento de torque era inseguro porque quedaba comprometida la mano del operario y su ergonomía y afectaba la eficiencia de la herramienta y la ergonomía del trabajador, llevando así a diseñar un dispositivo donde su material fuera de bajo costo económico en el mercado y que cumpliera con las especificaciones técnicas del trabajo a realizar.

Entre esas especificaciones técnicas tenemos resistencia al torque, resistencia al impacto y durabilidad en condiciones adversas y de ambiente salubre. Se hizo un estudio previo de las herramientas que hubiera en el mercado y que se adaptaran a la tarea, concluimos que ningún dispositivo satisfacía lo requerido para hacer el trabajo de manera segura y con precisión.

Es entonces diseñamos el brazo de reacción tipo E el cual cumplió con todos los estándares de seguridad y de trabajo eficiente, entre otros aspectos se acomoda a la geometría del

componente llevándolo así a ser escogido para hacer la tarea.

### 1.1 Revisiones bibliográficas de distintos brazos de reacción.



Figura 1, multiplicador de fuerza fabricado en acero fundido de alta calidad. Nos muestra que es de fácil operación, pero de poca resistencia el trabajo pesado y de difícil acceso en la suspensión del CAMION 793.



Figura 2, Extensión multiplicador

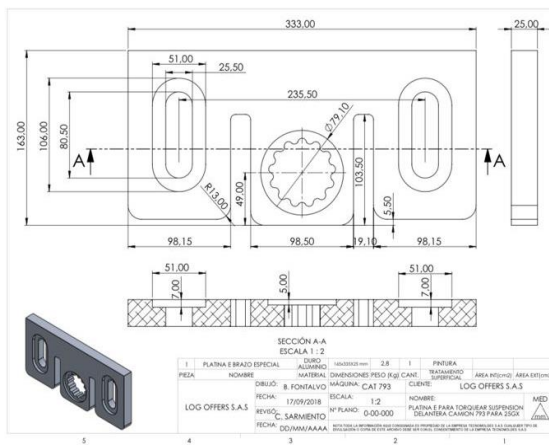
El multiplicador de torque permite grandes beneficios en la industria minera ya que un gran porcentaje de sus equipos son camiones pesados con un alto porcentaje de trabajos de precisión y control y estos aparatos nos garantizan un mejor desempeño al realizar torque controlado en cualquier trabajo a realizar en los camiones 793.

1.2 El torque es muy importante en la industria minera donde la seguridad es la máxima prioridad cuando se interviene un equipo minero, si cumplimos con ambos estándares en el proceso de montaje y desmontaje de partes pernada y tuercas con herramientas y dispositivos seguros garantizamos un trabajo confiable y seguro en el proceso de torque controlado.



Figura 3, llave de impacto rad y accesorios de trabajo.

### 1.3 Diseño y plano que cumplen con el diseño geométrico de la suspensión del CAT793



plano de brazo tipo E y sus distintas medidas y espesor.

El diseño del plano para el dispositivo del brazo de reacción tipo E fue implementado pensando en las características físicas propias de la suspensión donde observamos que está diseñada con unas **CARTELAS** que impiden que se haga de manera seguro el proceso de torque controlado. Siendo esta la mejor opción en seguridad y ergonomía contribuyendo así a la mejora continua del proceso, no obstante, evidenciamos que se agiliza así el trabajo del técnico y se alarga la vida útil de la herramienta ayudando a reducir los costos a corto y largo plazo de compra de nuevos equipos.

## 2. SIMULACION DEL BRAZO TIPO E EN CAMPO

Presentar un análisis de elementos finitos (F.E.M.) con el desempeño estructural de un brazo de reacción para el torque de tornillos de una suspensión delantera de camión CAT 793C, bajo las condiciones regulares de trabajo a las que se somete durante operación.

Una carga por Par de fuerza para torque equivalente a 1200 Lb-Ft ( 1267 N-m) en la estría central, lugar donde acopla la herramienta encargada de proporcionar tal fuerza.

Debido a la geometría simétrica de la pieza y su estría se contempla como indiferente el sentido de giro de la herramienta.

## 2. TECNOLOGÍA

Para calcular y procesar los resultados del análisis estructural se utilizó el método de Elementos Finitos. La tecnología que permitió la realización de los mismos proviene de los programas SOLID EDGE y NX-NASTRAN de SIEMENS.

## 3. CRITERIO DE FALLA

La tensión de Von Mises es una magnitud física proporcional a la energía de distorsión. En ingeniería estructural se usa en el contexto de las teorías de fallo como indicador de un buen diseño para materiales dúctiles.

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_2 - \sigma_2 \cdot \sigma_3 - \sigma_1 \cdot \sigma_3}$$

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1 \cdot \sigma_3 + \sigma_3^2}$$

## 4. MALLADO

Mallado tipo tetraédrico para cuerpos o elementos sólidos (tipo CTETRA)

Tipo de mallado	Tetraédrico
Número total de cuerpos mallados	1
Número total de elementos	104.358
Número total de nodos	157.299
Tamaño subjetivo de malla (1-10)	6

## 5. MATERIAL

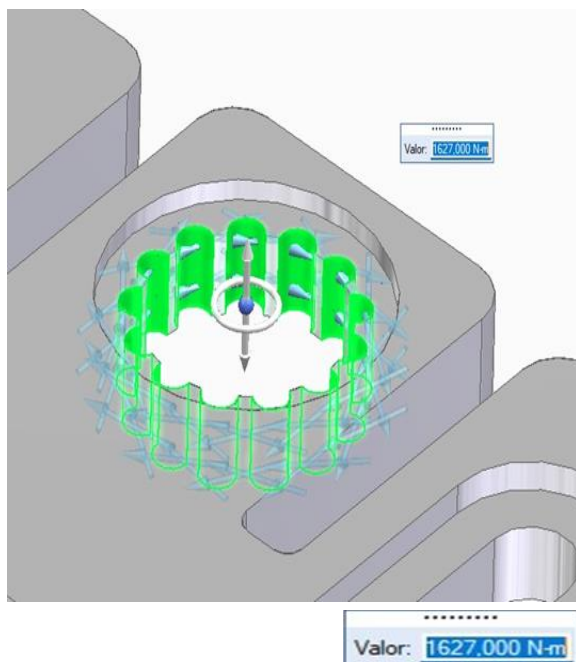
El material utilizado para el modelo es ASTM A500 GRADO C proveniente de suministro de especificaciones técnicas de tubos estructurales del proveedor.

Propiedad	Valor
Densidad	2712,000 kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente de expansión térmica	0,0000 /C
Conductividad térmica	0,180 kW/m-C
Calor específico	920,000 J/kg-C
Módulo de elasticidad	68947,570 MPa
Coefficiente de Poisson	0,330
Límite elástico	275,790 MPa
Tensión de rotura	310,264 MPa
% de elongación	0,120

## 6. CARGAS Y RESTRICCIONES

### 6.1. CARGA

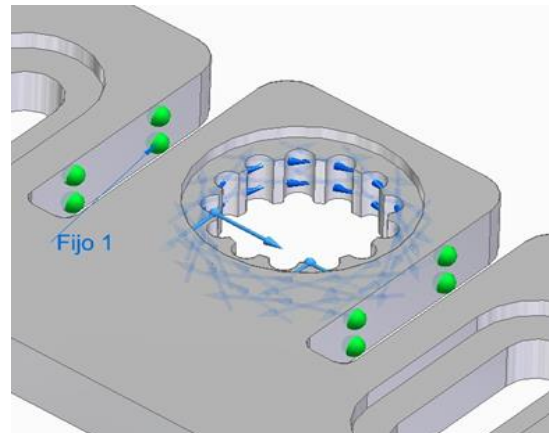
Se aplica una carga por par de fuerza sobre las canales de la estría donde la herramienta de torque acopla, con eje de giro sobre el centro de la operación y sentido horario, con una magnitud de 1200 Lbs-Ft (1627 M-m).



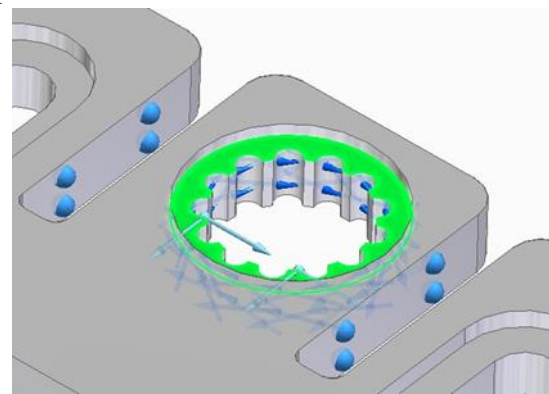
### 6.2. RESTRICCIONES

Se marcan por diferentes causales y de diferente forma, dos restricciones para el análisis del trabajo de la pieza; dos caras fijas en el eje vertical que hacen tope contra las cartelas de la suspensión del

camión (izq) y la cara de la cuna para la herramienta de torque, que se define sin interferencia ya que solo condiciona el desplazamiento del brazo de reacción evitando que se salga hacia arriba, esto sin generar carga significativa sobre el brazo (der).



Dos restricciones para el análisis del trabajo de la pieza

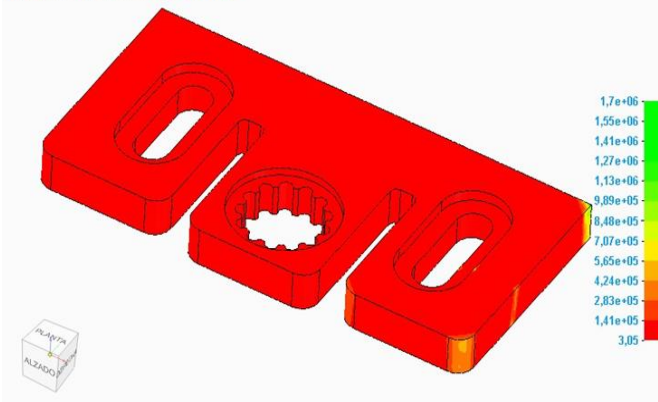


## 7. FACTOR DE SEGURIDAD

El factor de seguridad es un indicador general de hasta cuantas veces más puede soportar el brazo, la carga nominal de trabajo.

Componente resultante: Factor de seguridad				
Extensión	Valor	X	Y	Z
Mínima	3,05	49,250 mm	-74,000 mm	0,000 mm
Máxima	1,7e+06	166,500 mm	81,500 mm	25,000 mm

Pieza1.par: Estudio estático 1, Aluminio, 6061-T6  
 Tensión - Elemental  
 Contorno: Factor de seguridad  
 Fecha: lunes, 14 de noviembre de 2022 17:37



Componente resultante: Factor de seguridad

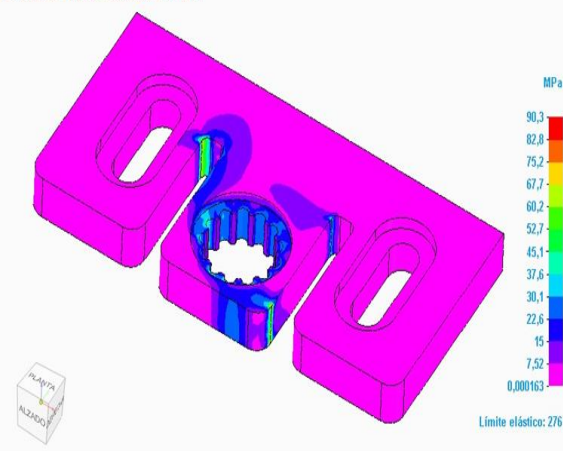
## 8. TENSIÓN

A continuación, se presentan dos resultados de gran importancia para la validación de la simulación.

La tensión de Von Mises nos muestra la relación entre la deformación y la tensión sobre cada punto superficial en toda la extensión de la geometría de la pieza.

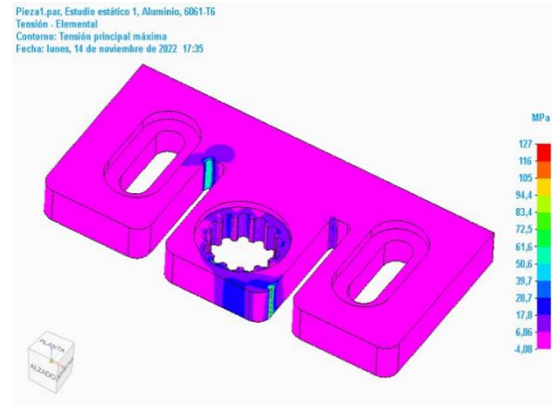
Componente resultante: Von Mises				
Extensión	Valor	X	Y	Z
Mínima	0,000163 MPa	166,500 mm	81,500 mm	25,000 mm
Máxima	90,3 MPa	49,250 mm	-74,000 mm	0,000 mm

Pieza1.par: Estudio estático 1, Aluminio, 6061-T6  
 Tensión - Elemental  
 Contorno: Tensión de Von Mises  
 Fecha: lunes, 14 de noviembre de 2022 17:39



Componente resultante: Von Mises

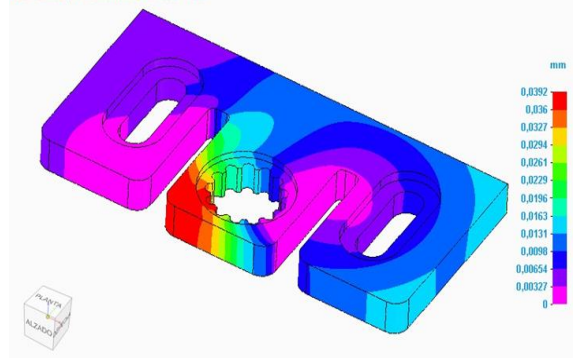
La tensión principal nos muestra de manera más focal las zonas de la pieza con las tensiones más altas, esto con el fin de escoger medidas de control puntuales con desahogos o redondeos en la geometría de la pieza para reducir estos concentradores de esfuerzo.



## 9. DEFORMACION

continuación, se presentan los resultados de desplazamiento de la geometría de la pieza durante

Pieza1.par: Estudio estático 1, Aluminio, 6061-T6  
 Desplazamiento - Nodal  
 Contorno: Traslación total  
 Fecha: lunes, 14 de noviembre de 2022 17:25



DEFORMACION DEL MATERIAL

## 10. PROPIEDADES DEL ESTUDIO

Propiedad estudio	del	Valor
Nombre del estudio		Estudio estático 1
Tipo de estudio		Estático lineal
Tipo de mallado		Tetraédrico
Solucionador iterativo		Activado
Verificación de geometría de NX Nastran		Sólo advertencia
Línea de comandos de NX Nastran		
Opciones de estudio de NX Nastran		

Opciones generadas de NX Nastran	
Opciones predeterminadas de NX Nastran	
Opción de sólo resultados de superficie	Activado

El brazo de reacción soporta la carga sin llegar al límite de la deformación elástica.

- Los resultados generados por el software deben ser llevados a la práctica apoyados en el criterio y la experiencia del receptor del informe y sirven como una guía muy precisa para la predicción de fallas y deformaciones en la estructura analizada.
- El programa SOLID EDGE – NASTRAN asume que la estructura analizada es totalmente monolítica, sin porosidades, grietas ni defectos en la composición de los materiales utilizados, por tal razón es recomendable que los procesos de fabricación sean realizados por personal capacitado y que se tomen las medidas adecuadas para el control de la calidad de cada uno de ellos.
- Se recomienda que toda perforación o desbaste sea realizado con un proceso mecánico, ya sea taladrado, fresado o pulido. No se recomienda el uso de oxicorte para la realización de agujeros o remoción de rebaba ya que esto afectaría las propiedades del material

## 2.1 Estudio y pruebas de los distintos materiales para la elaboración del dispositivo

1. Platina de material duro aluminio con tratamiento especial, con alta resistencia mecánica a la deformación y torsión. composición química

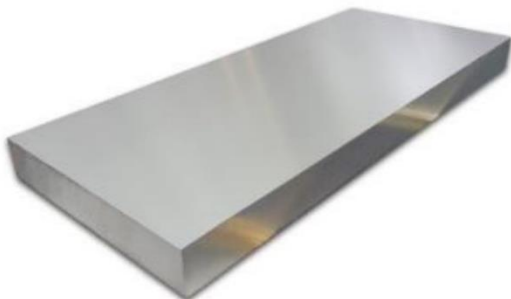
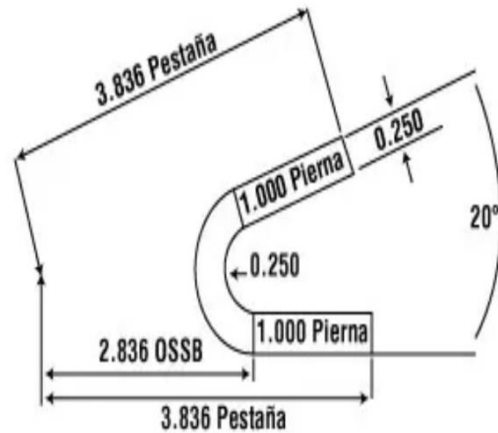


Figura 1, Platina de material duro aluminio

prueba de dobles y resistencia de una platina de duro aluminio



Holgura de doblez (BA)

$$BA = (0.017453 * Ir) + (0.0078 * Mt) * \text{GRADO DE ANGULO DE DOBLEZ}$$

$$BA = (0.17453 * 0.25) + (0.0078 * 0.25) * 160$$

$$BA = (0.00436325 + 0.00195) * 160$$

$$BA = 0.00631325 * 160$$

$$BA = 1.010$$

COTIZACION EN EL MERCADO ACTUAL

Precio del material	Metros y pulgadas	Maquinado y fresado
\$ 315.000	163mm*333mm	\$ 152.000

2. Platina de material ASTM A36  
Con tratamiento térmico calentado a 850 grados y enfriado en aceite.



Figura 2. Platina de material ASTM A36



Prueba de dobles de una sección de metal acero ASTM A36



Denominación Platina A 36, propiedades mecánicas  
ASTMA36/A36M y NPT350.400.  
Tolerancia dimensional ASTM A6 y NTP241.105

cambio en el espesor de la lámina metálica.

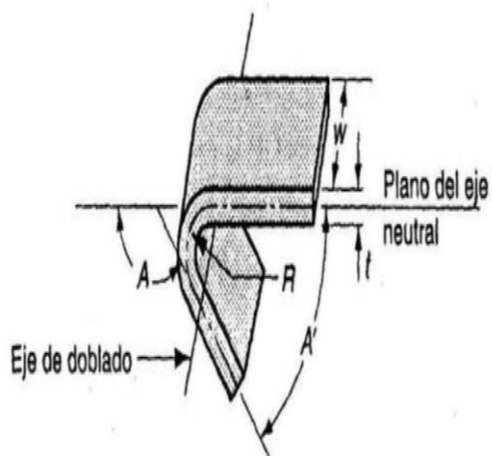


Diagrama de esfuerzo-deformación unitaria

COTIZACION EN EL MERCADO ACTUAL

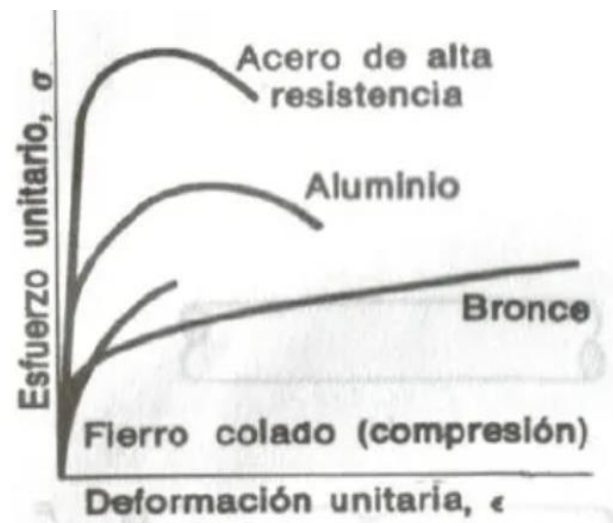
Precio del material	Metros y pulgadas	Maquinado y fresado
\$420.000	163mm*333mm	\$ 160.000

- Platina en acero inoxidable con alta resistencia a la corrosión muy utilizada en trabajos de resistencia al impacto ya que sus componentes y tratamiento térmicos son sometidos a rigurosos análisis de ensayos.



Figura 3, Platina en acero inoxidable

Prueba de resistencia de una platina en acero inoxidable.



COTIZACION EN EL MERCADO ACTUAL

Precio del material	Metros y pulgadas	Maquinado y fresado
\$758.000	163mm*333mm	\$ 230.000

2.2 Herramienta subestándar, que utiliza el cliente en los camiones 793. Donde la herramienta actual no cumple con las medidas de seguridad y ergonómicas adecuadas

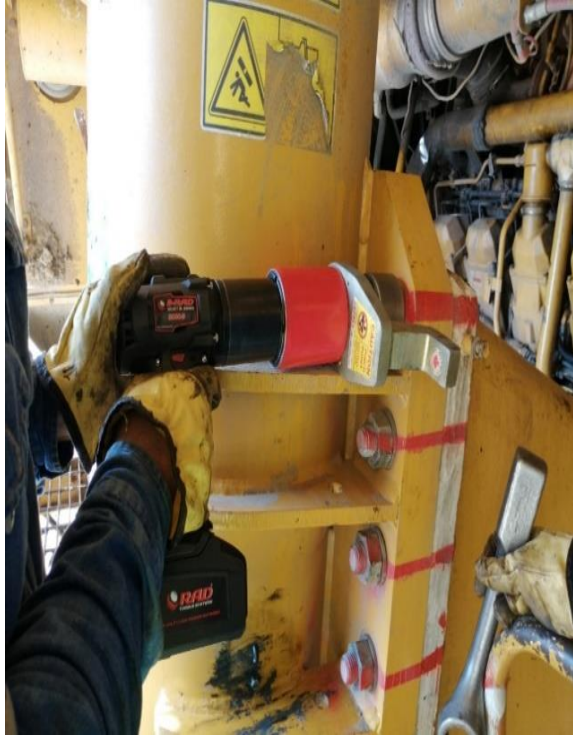


Figura 2.2 simulación en campo de una herramienta subestándar para hacer la operación.

### 3. FABRICAR Y ENSAYAR EN CAMPO EL BRAZO TIPO E

Se evidencio mediante un estudio de mercado análisis de costo y otros criterios como pruebas de dobles y dureza, que el material DURO ALUMINIO cumple con las características y variables necesarias para la fabricación del dispositivo, evidenciando criterios de aceptación:

Criterios: costo de la herramienta ya fabricada que, por funcionalidad, su peso, su costo económico, pero ante todo la seguridad que le brinda al operario.

La función que cumplirá es la adecuada ya que es un proceso de alto rendimiento y calidad, por lo cual la herramienta cumple con todos los estándares y especificaciones requeridas por el cliente.

Tenemos que la mano de obra de la fábrica del dispositivo es mucho más barata pero el enfoque técnico sería la durabilidad de la herramienta con diferencia a las demás propuestas del mercado y la calidad del producto es más durable en lo que respecta a calidad y tiempo de uso.

### 3.1 DISPOSITIVO EN VISTA FRONTAL



3.2 Mediciones del dispositivo y pruebas mecánicas corroborando así que cumpla con las especificaciones de dureza del material y su respectiva resistencia.



Figura 3.2 dispositivo y sus mediciones

3.3 prueba del dispositivo tipo E en el área de trabajo, en suspensión trasera del camión 793 donde analizamos que la herramienta es utilizada con una pistola neumática de impacto donde el operario trabaja de manera segura.



Figura 3.3 prueba del dispositivo en campo evidenciando que el operario realiza el trabajo con calidad, ergonomía y de forma segura.

#### CONCLUSIONES

1. Se presentaron los conceptos para el estudio del problema que se venía evidenciando en el trabajo de torque y fue necesario hacer estudio de mercado y diferentes diseños de dispositivos que se ajustara a el complejo diseño de la suspensión y sus diferentes componentes para así brindarle al cliente una herramienta económica y que cumpliera con los estándares requerido enfatizando en la seguridad y la agilización del trabajo
2. Se diseño y estudio cuál sería la figura geométrica adecuada, se presentaron tres alternativas de materiales los cuales incluían costo del material ,calidad del material donde escogimos el material duro aluminio que nos dio los resultados más acertados que se adaptaría a la compleja figura cilíndrica de la suspensión del camión, también se hicieron diferentes estudios de cuál sería el mejor material que cumpliría así con la ejecución de la tarea y sus diferentes esfuerzos mecánicos siendo el brazo tipo E la más acertada.
3. Una vez concluida la elaboración del brazo tipo E se consideró que es necesario seguir haciendo pruebas en campo para seguir mejoras futuras en el dispositivo, si el cliente lo requiere o mejorando otros aspectos relacionados con el brazo de reacción para el torque de la suspensión trasera del CAT 793.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Araya, J. (2011). PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN DETORQUE CONTROLADOMETODO MANUAL. *Scrib*, 9.
- Galindez, W. R. (2017). ANÁLISIS DEL SISTEMA DE GESTIÓN Y CONTROL DE. *Torque emsambladora*, 126.
- Soto, C. A. (2020). Autorregulación de torque fuera de especificación mediante Metodología Jidoka de paro de línea de producción. *CIATEQDIGITAL REPOSITORIO*, 54.
- Torres, P. j. (2020). Estudio del efecto de pregarga en la deformación de una junta atornillada. *Repositorio Dspace*, 82.
- Valcarce, A. (2014). Torque y Momento de Torsión. *Relación entre cantidades angulares y*, 17.