

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

**Diseño y construcción de un prototipo de una máquina roladora de tubo
cuadrado de 50x50x2 mm semiautomática**

Sebastián Martín Paredes González

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de

Ingeniero Mecánico

Quito

Enero de 2009

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio Politécnico

HOJA DE APROVACION DE TESIS

**Diseño y construcción de un prototipo de una máquina roladora de tubo
cuadrado de 50x50x2 mm semiautomática**

Sebastián Martín Paredes González

Edison Bonifaz, Ph.D.

Director de la Tesis.

Laurent Sass, Ph.D.

Miembro del comité de Tesis.

Andrés Proaño, M.S.

Miembro del comité de Tesis.

Fernando Romo, M.S.

Decano del Colegio Politécnico.

Quito, Enero de 2009

© Derechos de autor

Sebastián Martín Paredes González

2008

© Derechos de autor

Sebastián Martín Paredes González

2009

A mi familia por su amor, apoyo y confianza

Que me alentaron a realizar este proyecto.

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a Edison Bonifaz, Laurent Sass y Nelson Herrera por su invaluable ayuda brindada en cada etapa de este proyecto, de igual manera a todos mis profesores de carrera que me impartieron conocimientos y alentaron a llevar adelante todas mis ideas y proyectos.

Resumen

Este proyecto consiste en el diseño y construcción de un prototipo de máquina roladora de tubo cuadrado de 50x50x2mm semiautomática. El desarrollo de este proyecto es respuesta a las necesidades de producción de partes estructurales de carrocerías para buses. El objetivo de esta propuesta es remplazar el antiguo proceso manual de doblado de tubo a través de golpes, por un proceso controlado, ágil y preciso que mejore los niveles de producción. Además de estos beneficios, la construcción nacional de esta máquina posee las ventajas de un servicio de mantenimiento local inmediato y permanente que permite mantener la vida útil de la máquina.

Abstract

This project consists to design and build a prototype of a semiautomatic rolling machine for 50x50x2mm square tube. The development of this project is the answer to the needs of producing structural parts for bus body. The objective of this proposal is to replace the old manual process of folding tube through beatings, by a controlled process, fast and accurate to improve production levels. In addition to these benefits, the national construction of this machine has the advantages of a local service immediately and continuing to maintain the life of the machine.

Índice

	Pág.
1. Introducción.....	1
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivo General.....	3
1.4 Objetivos Específicos.....	3
2. Fundamento Teórico.....	3
2.1 Cálculo de cargas necesarias para deformar un tubo cuadrado de 50x50x2 mm de acero.....	7
2.1.1 Cálculo de esfuerzos mínimos mediante método convencional.....	7
2.1.2 Cálculo de esfuerzos mínimos mediante la aplicación del programa de elementos finitos.....	12
2.1.3 Generación de los radios de rolado.....	17
2.1.4 Cálculo de esfuerzos máximo de deformación mediante la aplicación de programa de elementos finitos.....	19
3. Diseño de la máquina prototipo.....	20
3.1 Identificación de las partes y piezas.....	21
3.2 Diseño de rodillos.....	28
3.2.1 Simulación de rodillo mediante programa de elementos finitos.....	29
3.3 Diseño del eje de rolado superior con su bloque de alojamiento.....	30
3.3.1 Simulación de esfuerzos mediante FEA en CATIA del eje superior de rolado.....	34
3.3.2 Simulación de esfuerzos mediante FEA en CATIA del bloque de alojamiento del eje superior.....	36
3.4 Diseño de tornillo, tuerca de potencia y bloque de alojamiento.....	38
3.5 Diseño de guías y caja de transmisión.....	46
3.6 Diseño de los ejes de rolado inferiores.....	48
3.7 Selección de rodamientos.....	50
3.7.1 Selección de rodamientos cónicos para el eje de rolado superior.....	50
3.7.2 Selección de rodamientos axiales para el tornillo de potencia.....	53
3.7.3 Selección de rodamientos esferoidales para los ejes de rolado inferior.....	55
3.8 Dimensionamiento de los moto reductores.....	57

3.9 Cálculo de la segunda etapa de reducción.....	59
3.10 Diseño de la masa de soporte.....	61
3.11 Selección de capas protectoras anticorrosivas y lubricantes.....	63
4. Automatización de la máquina.....	64
4.1 Necesidades.....	64
4.2 Diseño de la automatización.....	65
4.2.1 Diagrama de la automatización.....	69
5. Presupuesto de construcción del prototipo.....	71
6. Construcción de la máquina roladora.....	73
6.1 Maquinado de los rodillos de rolado.....	74
6.2 Maquinado del eje superior de rolado.....	75
6.3 Maquinado del bloque de alojamiento del eje de rolado superior y tornillo de potencia.....	77
6.4 Maquinado del tornillo de potencia.....	83
6.5 Maquinado y ensamble de la caja de transmisión	84
6.6 Construcción de los ejes inferiores del rolado.....	86
6.7 Construcción de la placa base y mesa de soporte.....	87
6.8 Ensamble de la máquina.....	89
6.9 Prueba.....	92
6.10 Ensamble del módulo de control.....	93
6.11 Acoplamiento del módulo de control a la máquina e implantación de la automatización.....	95
6.12 Prueba final de rolado.....	97
7. Conclusión general.....	98
8. Conclusiones específicas.....	98
9. Recomendaciones.....	99
10. Bibliografía.....	100
Anexos.	

1 Introducción.

El diseño y construcción de una máquina roladora de tubos cuadrados de 50x50x2mm nace de la necesidad de producir partes estructurales de carrocerías para buses, que posean un proceso de manufactura adecuado, rápido, preciso, regular y garantizando una calidad constante en todas las partes.

Para poder realizar el diseño de la máquina roladora de tubos cuadrados se establecieron parámetros básicos como: la fuerza mínima requerida para doblar el tubo y la selección del proceso de deformación más eficiente para las partes estructurales de las carrocerías. El diseño del prototipo se desarrolla mediante un proceso continuo, el cual exige una retroalimentación a través de las diferentes etapas del diseño. El resultado de este desarrollo se puede apreciar en el capítulo 3.

La automatización del proceso de rolado de los tubos cuadrados es necesaria para alcanzar las metas de rapidez, precisión y capacidad de repetición de partes estructurales iguales, que exige el proceso de manufactura. Esto se debe a que la automatización nos permite controlar variables como: velocidad y desplazamiento en el proceso de rolado, mediante la implementación de diferentes dispositivos electrónicos. El detalle de la automatización se muestra en el capítulo 4.

Después del diseño del prototipo y establecido el nivel de automatización se procede a construir la máquina roladora de tubo cuadrado de 50x50x2mm, demostrado en el capítulo 6. Esta etapa duró seis meses, ya que la construcción y ensamble de las partes y piezas es complicado por la falta de experiencia. También se implementa la automatización con el acoplamiento de los sistemas mecánicos y electrónicos en un solo cuerpo. Al final de todo se realizan las diferentes pruebas y se evalúa el funcionamiento de la máquina.

1.1 Antecedentes.

Los sectores manufacturero, industrial y artesanal demandan máquinas que posean mejoras tecnológicas para incrementar la calidad y la velocidad en las operaciones de producción.

Allanándose a esta necesidad de mejoras, el sector fabricante de carrocerías para buses busca cambiar el antiguo proceso de conformado de tubos estructurales, que se lo realizaba mediante golpes. Este proceso manual no posee ningún control y no garantiza la integridad estructural de las partes.

Como una solución a esta necesidad, en el mercado se encuentra maquinaria para doblar tubos con características automáticas o manuales. Las máquinas automáticas son eficientes pero costosas, debido al proceso de importación que deben pasar, mientras que las máquinas manuales son económicas pero ineficientes. De esta manera, una máquina prototipo para doblar tubos con niveles de automatización aplicables en la producción nacional, cumpliría con los requerimientos del mercado.

1.2 Justificación.

El desarrollo de tecnologías que mejoren los niveles de producción en el sector artesanal y de la pequeña industria, es una prioridad nacional que se ha venido impulsando continuamente desde el estado. La máquina prototipo, desarrollada en la presente tesis, permitirá que la manufactura de los sectores metalmecánicos, alcancen mejores índices de productividad con mayor rentabilidad.

Este prototipo de roladora tiene el objetivo de mejorar la producción, la calidad y la seguridad industrial, en el sector artesanal y en la pequeña industria.

La meta del prototipo es rolar tubos de acero cuadrado de 50x50x2 mm de forma rápida, precisa y repetitiva. La principal aplicación es el doblado de partes estructurales de carrocerías para buses que poseen geometrías redondeadas.

Por esta razón, la empresa “Carrocerías Parego” busca una solución técnica para el mejoramiento de la producción de partes estructurales para el ensamble de sus buses. Carrocerías Parego apoya la realización de esta tesis con la información y financiamiento requeridos para realizar este trabajo.

1.3 Objetivo General.

- Diseñar y construir un prototipo de una máquina roladora de tubos.

1.4 Objetivos Específicos.

- Calcular las tensiones y deformaciones que se producen en el doblado del tubo cuadrado 50x50x2 mm.
- Diseñar la máquina roladora de tubos.
- Establecer los límites de automatización.
- Elaborar planos y diagramas.
- Construir y probar la máquina.

2 Fundamento Teórico.

Para poder cumplir con los requerimientos de conformado de tubos estructurales de carrocerías, la selección del proceso de deformación plástica más eficiente, es la tarea más crítica.

La geometría final de los tubos estructurales, la velocidad deseada para el proceso de manufactura, el control de deformaciones y el presupuesto son factores determinantes al momento de diseñar la máquina.

La geometría de los tubos estructurales que se desea obtener para las carrocerías son los siguientes:

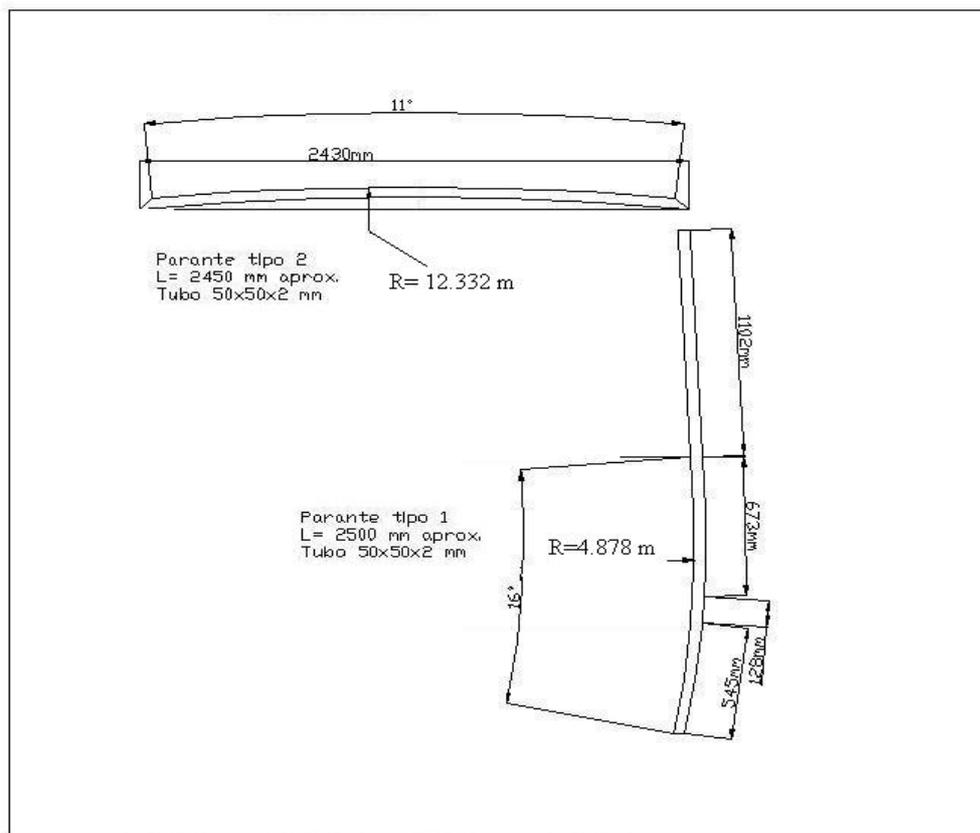


Figura 1. Partes estructurales curvas de una carrocería urbana. (Mayor detalle de procedencia ver anexo 2)

Como se puede apreciar en la figura 1, los radios de curvatura de las partes estructurales son de 12.332m y 4.878m, por lo cual, se descartaría un sistema de doblado a través de palanca como se muestra en la figura 2, el cual se utiliza para doblar radios de curvatura abruptos a comparación de los radios de curvatura deseados.



Figura 2. Dobladora Manual de tubo BAILEIGH modelo RDB-300 [1]

Otros método que se podría utilizar para obtener las geometrías y deformaciones deseadas es mediante la utilización de una prensa hidráulica con la implementación de una matriz para cada parte estructural, sin embargo, este sistema no brindaría la versatilidad deseada para la producción de partes. Además su costo sobrepasa los límites económicos impuestos por la empresa auspiciante.



Figura 3. Dobladora Plegadora Hidráulica Durma Serie Hap Cn 2 Ejes [2]

Otro sistema de deformación es el rolado continuo que funciona a través de tres rodillos, los cuales se encargan de deformar los tubos de manera continúa con un radio mínimo de un metro en el caso de tubo cuadrado de 50x50x2mm.

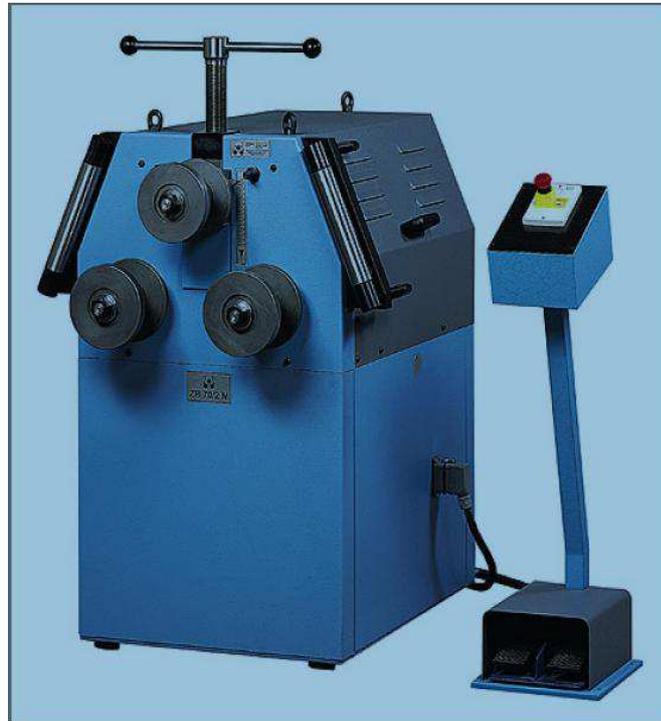


Figura 4. Roladora semiautomática Zopf modelo 70/2. [3]

El procedimiento de rolado nos permite obtener las geometrías deseadas para las partes estructurales mediante un proceso continuo y controlado, sin afectar de manera drástica la integridad del tubo; además su implementación no posee costos elevados como los otros sistemas y justifica su construcción local. De esta manera se escoge el rolado continuo para implementar el diseño y construcción del prototipo de la máquina semiautomática para deformar tubos cuadrados de 50x50x2 mm.

A diferencia de la máquina roladora que se muestra en la figura 4, en la máquina que se plantea diseñar, el desplazamiento vertical por el tornillo de potencia será motorizado. Esto

permitirá tener un mayor control y facilidad de programación de partes estructurales con diferentes radios de curvatura.

2.1 Cálculo de cargas necesarias para deformar un tubo cuadrado de 50x50x2 mm de acero.

Para poder establecer las cargas que se deben aplicar sobre el tubo cuadrado de 50x50x2 mm, se debe determinar el estado de tensiones que se producen al momento de aplicar una carga sobre el tubo que se encuentra doblemente apoyado. El nivel de las tensiones debe superar el límite elástico para poder obtener deformaciones permanentes, sin embargo, si se aplican niveles de carga excesivas se obtendrán deformaciones muy elevadas en el tubo provocando que este pierda sus propiedades mecánicas. Este análisis es muy riguroso y demanda de la utilización de software de uso comercial, basado en el método de los elementos finitos.

2.1.1 Cálculo de esfuerzos mínimos mediante método convencional.

Para el cálculo de carga mínima se emplea la siguiente expresión obtenida de Gere [4]:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max} y}{I_{tubo}} \quad (1)$$

Donde σ_{max} es el esfuerzo máximo de flexión, M_{max} es el momento de flexión, y es la distancia del eje neutro al exterior del tubo e I_{tubo} es el momento de inercia del tubo de 50x50x2 mm.

Para el cálculo del momento de inercia del tubo cuadrado de de 50x50x2 mm se emplea la siguiente expresión obtenida de Avallone [5]:

$$I_{tubo} = \frac{H^4 - h^4}{12} \quad (2)$$

Donde H es el ancho exterior del tubo y h es el ancho interior del tubo.

La figura 5 muestra los valores de y , h y H que determinan las características del tubo.

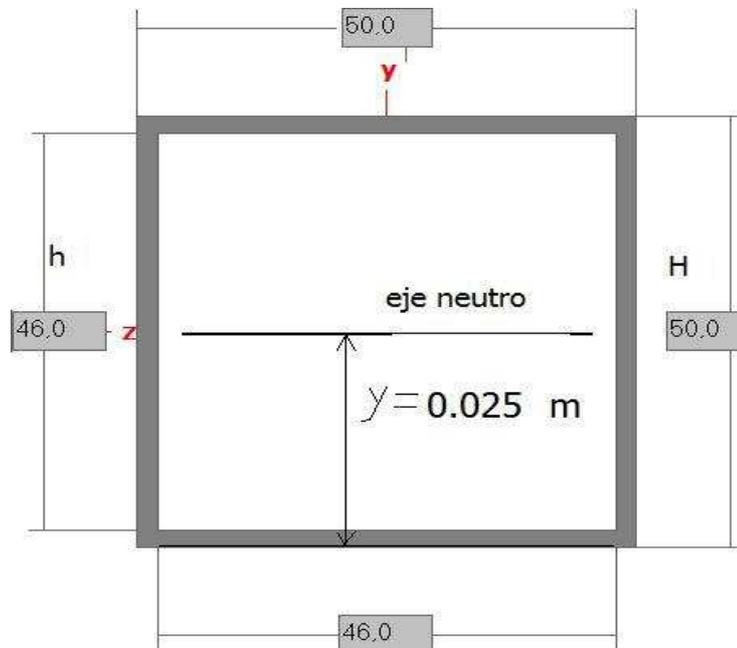


Figura 5. Gráfico esquemático de un tubo cuadrado de 50x50x2 mm.

El momento de flexión máximo para la aplicación de carga en medio de los apoyos es [6]:

$$M_{max} = \frac{PL}{4} \quad (3)$$

Donde P es la carga a aplicarse y L es la distancia entre los apoyos que es 0.56 m. En la figura 6 se puede apreciar la posición de la aplicación de la fuerza P en medio del tubo, que genera el momento máximo de flexión.

La distancia de 0.56m entre los apoyos se determinó al realizar un pre diseño, ver figura 7, de la máquina roladora de tubos considerando dimensionamiento de los espacios que ocupan los elementos mecánicos como chumaceras, ejes, etc.

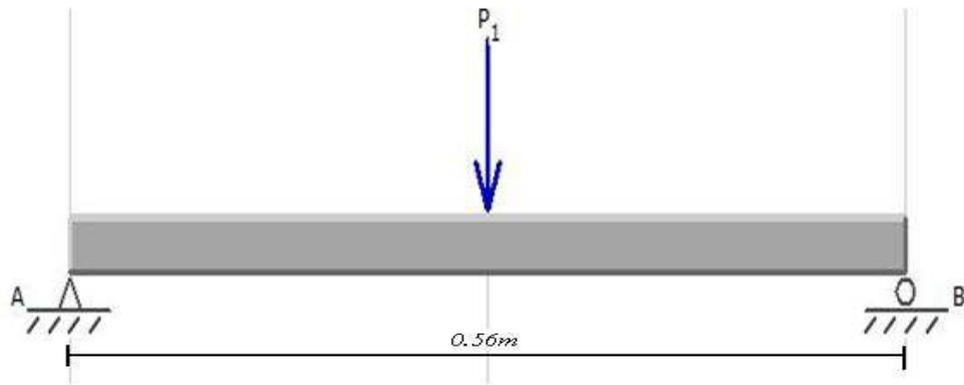


Figura 6. Tubo doblemente apoyado.

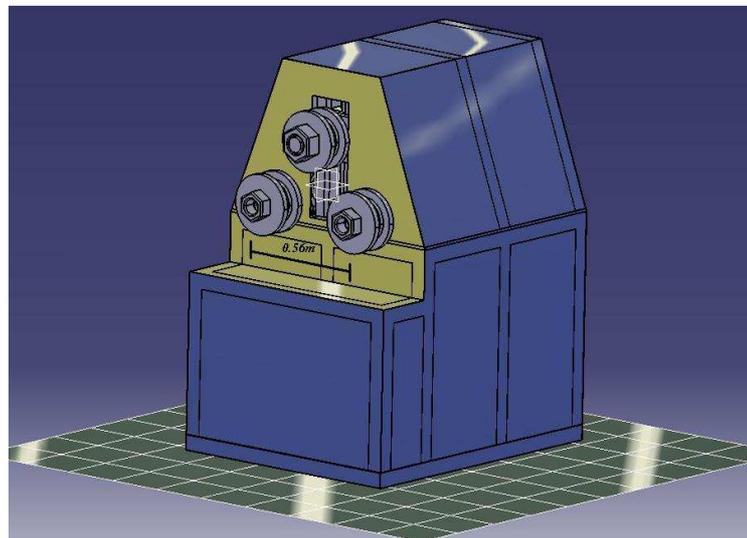


Figura 7. Pre diseño de la máquina roladora de tubo cuadrado de 50x50x2mm.

Se reemplaza las ecuaciones (2) y (3) en (1) y se obtiene:

$$\sigma_{max} = \frac{3PLy}{(H^4 - h^4)} \quad \text{[1]}$$

La carga mínima P se obtiene al vencer el límite elástico S_y que es de 250 MPa , de esta manera se iguala el esfuerzo de flexión máximo límite elástico, $\sigma_{max} = 250 \text{ MPa}$ y se obtiene un valor de P igual a 10550.9 N .

Por lo tanto, la fuerza P mínima a aplicarse es de 10550.9 N , consecuentemente, al aplicar más carga se vencerán esfuerzos mayores al límite elástico y empezarán a producirse deformaciones permanentes.

Con la obtención de P se calcula el desplazamiento por deflexión y se obtiene las siguientes gráficas:

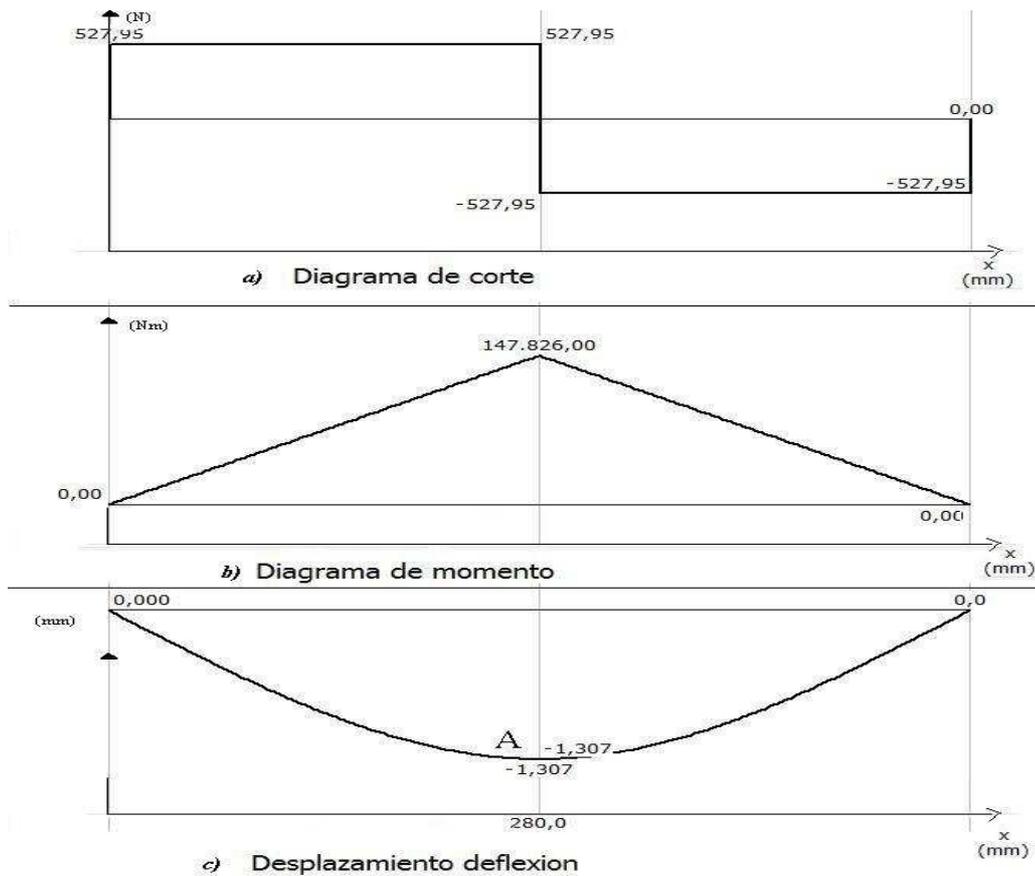


Figura 8. Diagramas de corte, momento y deflexión por la aplicación de la carga P .

Como se muestra en el diagrama de deflexión, figura 8c, se produce un desplazamiento hacia abajo del punto central A de 1.3 mm al aplicar la carga P , esto significa que después de sobrepasar esta distancia ocurrirán deformaciones permanentes como se demuestra analíticamente.

Al momento de aplicar la carga P también se generan esfuerzos cortantes, que se calculan con la siguiente expresión [7]:

$$\tau_{max} = \frac{3V}{2A} \quad (5)$$

$$\tau_{max} = 41.21 \text{ MPa}$$

Donde τ_{max} es el esfuerzo cortante máximo, V es la fuerza de corte producida por la carga $P=10550.9 \text{ N}$ y A es el área del tubo. Con este resultado se confirma que no se producen deformaciones plásticas angulares por efectos de corte en la flexión, pero este valor contribuye en la tensión equivalente o esfuerzo de Von Mises.

“El esfuerzo 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](#)” [8]. “La energía de Von Mises se puede calcular fácilmente con la siguiente expresión:

$$\sigma_{VM} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[(\sigma_x)^2 + (\sigma_y)^2 + (\sigma_z)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Donde $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ son los esfuerzos axiales en los tres planos y $\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$ son los esfuerzos cortantes en los tres planos” [9].

La expresión simplificada para la tensión de Von Mises para este caso es:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\sigma_{MAX}^2 + 3\tau_{max}^2} \quad (7)$$

$$\sigma = 250 \text{ MPa}, \tau = 41.21 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{VM} = 259.99 \text{ MPa}$$

La función de fluencia de Von Mises se define por [10]:

$$F = \sigma_{VM} - S_y \quad (8)$$

El criterio de fluencia es dado por:

$F < 0$: Deformación elástica.

$F \geq 0$: Deformación plástica.

Utilizando la función de fluencia de Von Mises se obtiene que $F \geq 0$, y de esta manera se demuestra que se cubre la necesidad de producir deformaciones plásticas.

2.1.2 Cálculo de esfuerzos mínimos mediante la aplicación de programa de elementos finitos.

“El método de los elementos finitos o diferencias finitas (MEF en castellano o FEM en inglés) es un método numérico general para la aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales parciales muy utilizado en diversos problemas de [ingeniería](#) y [física](#).”[11]

Para optimizar los cálculos y encontrar las cargas necesarias que se deben aplicar en el tubo, se utilizará un programa de elementos finitos llamado CATIA. En este programa se procederá a modelar el tubo, imponer las condiciones de borde y definir los diferentes niveles de mallado para determinar los esfuerzos máximos y deformaciones producidas al aplicar la carga.

En el estudio de los esfuerzos producidos en el tubo se obtiene mayor exactitud al aplicar el método de elementos finitos, ya que al momento de modelar se consideran factores antes despreciados para simplificar los cálculos. Un ejemplo de esto es la optimización de la geometría del tubo.

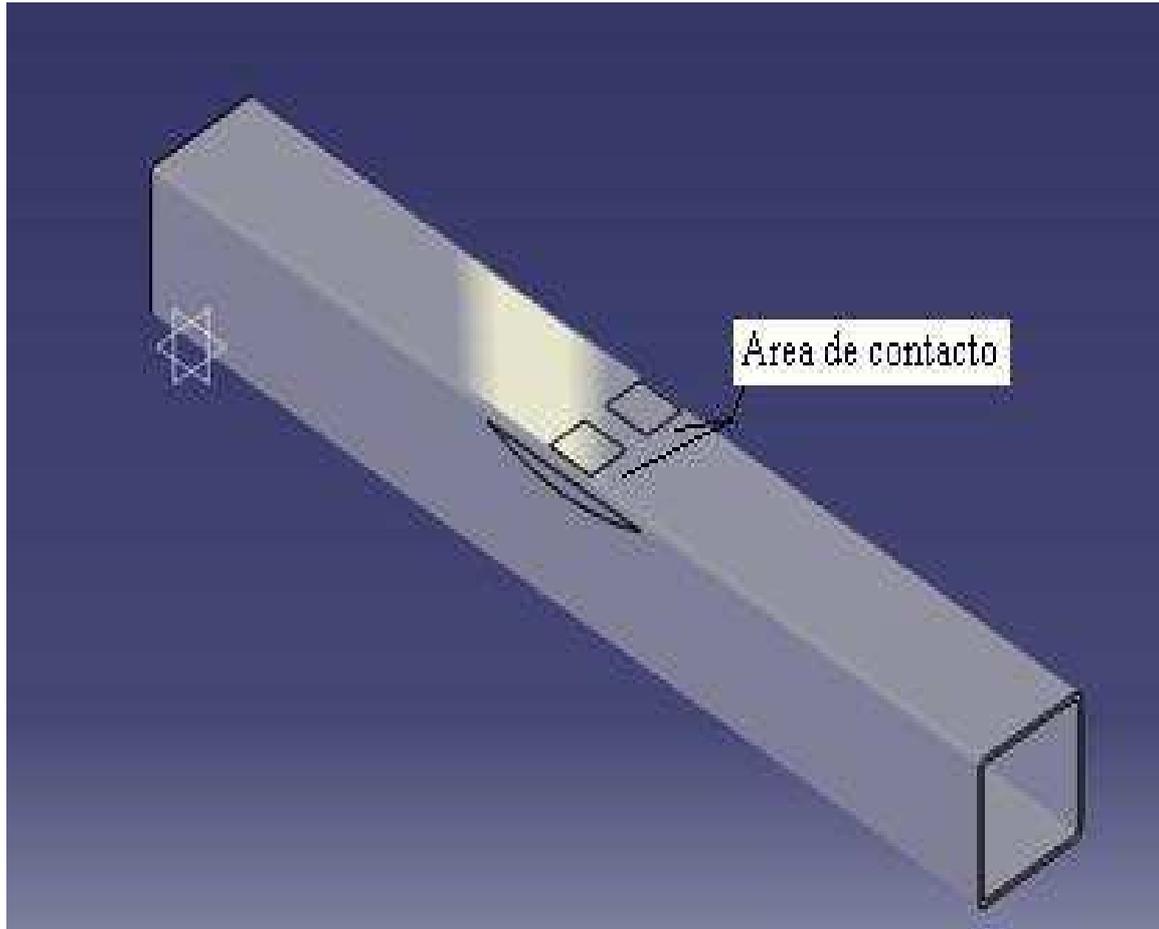


Figura 9. Tubo de 50x50x2mm modelado en CATIA

La aplicación de la carga sobre el tubo, se muestra en las figuras 9 y 10, producido por el contacto entre el tubo y el rodillo superior.

Mediante diversas simulaciones de elementos finitos en donde se varió la magnitud de carga y las formas de área de contacto se llegó a optimizar la forma de la superficie de contacto entre el tubo y el rodillo, como se puede apreciar en las figuras 11 y 12. Esto se debe que al momento de aplicar la fuerza de aplastamiento ocurre una deformación en el medio de la cara superior del tubo, haciendo que pierda su integridad estructural, mientras que si se ubica una ranura en medio del rodillo rolador, mitigamos de manera considerable este efecto negativo. (Ver figura 11 y 12)

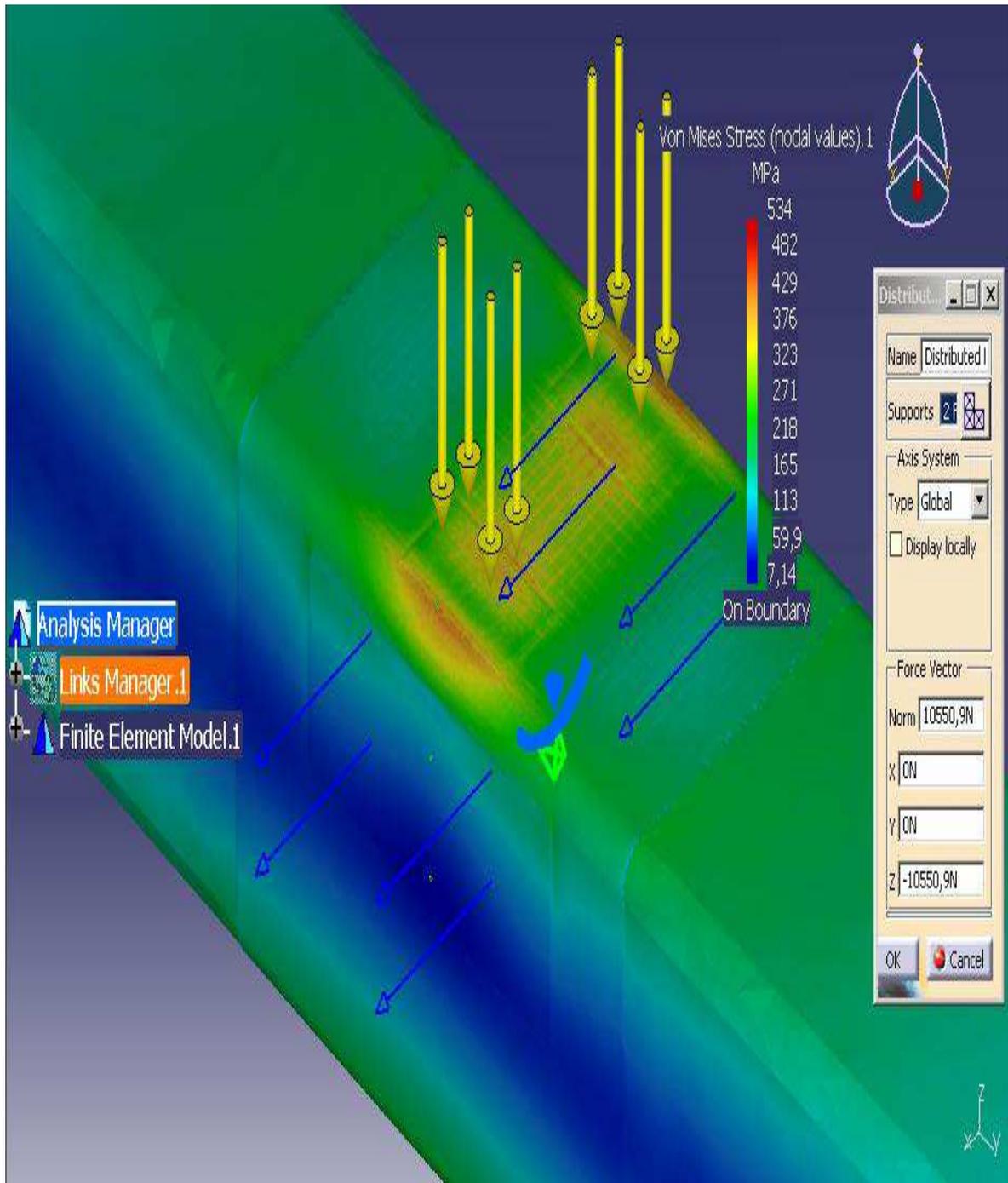


Figura 10. Simulación de Carga de 10550.9 N sobre tubo el 50x50x2mm con ranura en el medio del rodillo con diferentes niveles de mallado para mayor precisión.

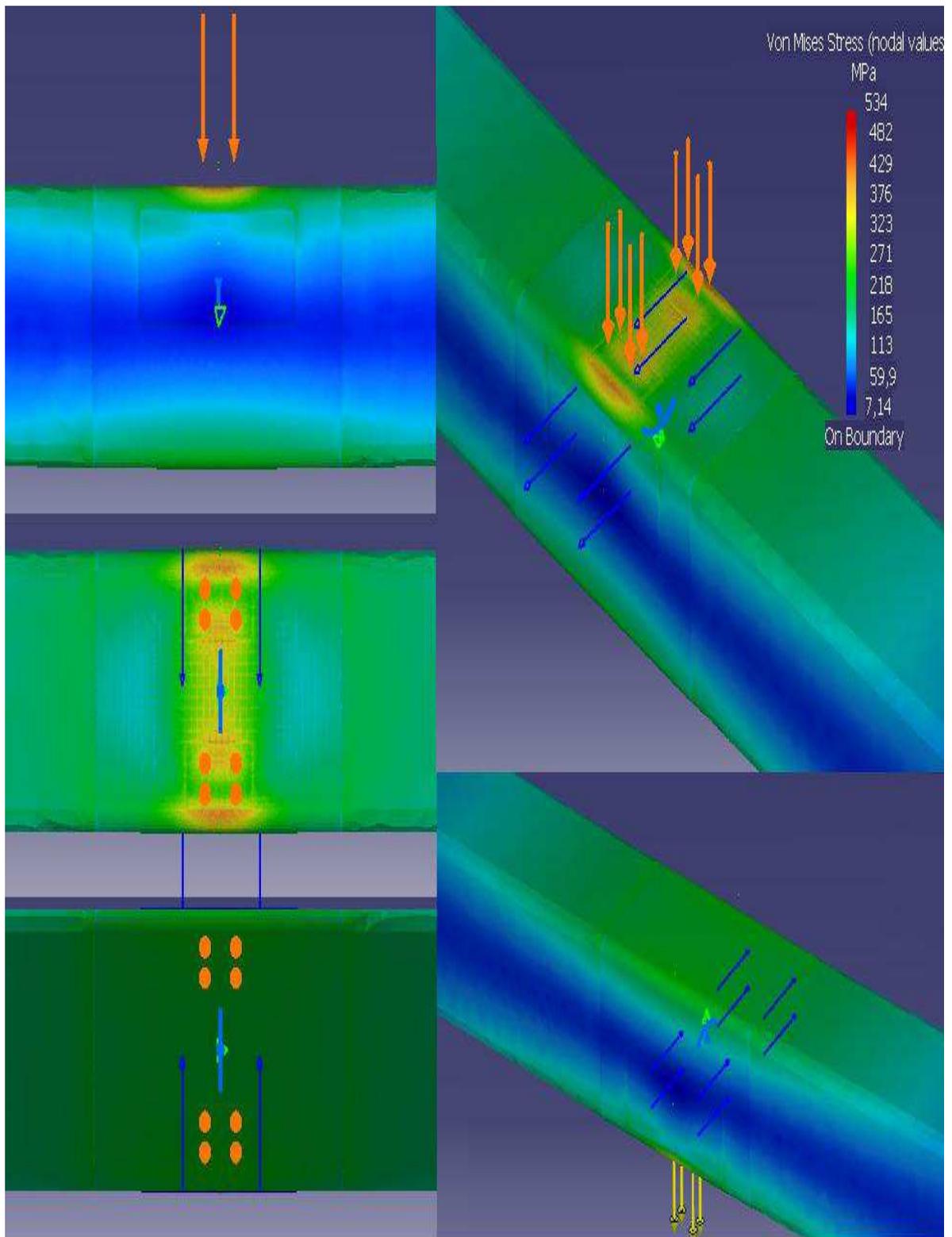


Figura 11. Simulación de Carga de 10550.9 N sobre el tubo de 50x50x2mm con ranura en el medio del rodillo con mallado fino.

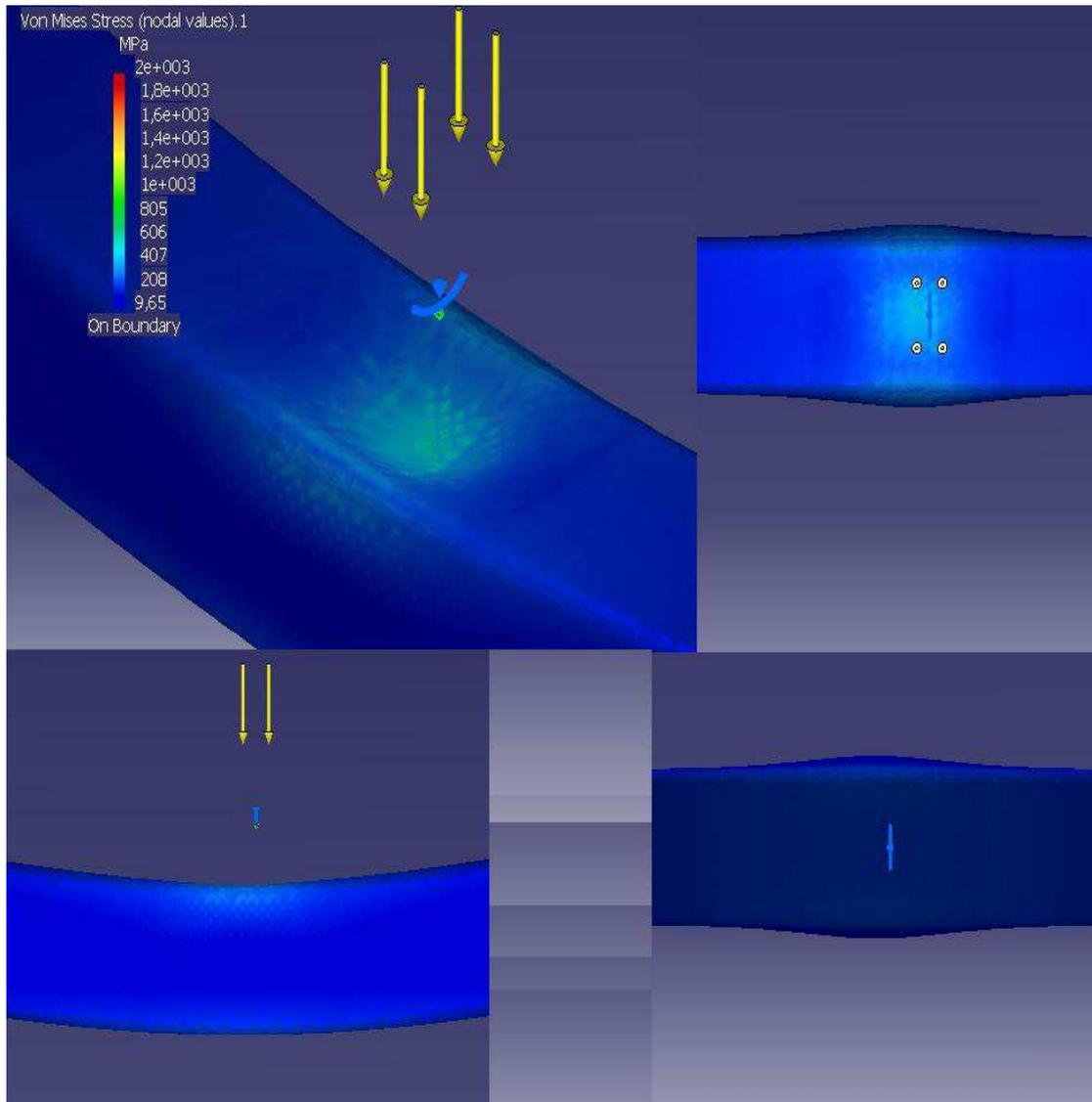


Figura 12. Simulación de Carga de 10550.9 N sobre el tubo de 50x50x2mm sin ranura en el medio del rodillo con mallado fino.

Se puede apreciar comparando las figuras 11 y 12, que utilizando la ranura en el medio del área de contacto entre el rodillo y el tubo, se logra disminuir las deformaciones en el medio de la cara superior y se transmite de mejor manera la carga aplicada hacia las paredes laterales. Esto es muy importante, ya que las deformaciones permanentes generadas en las paredes laterales del tubo producen la curvatura de rolado.

También se observa que la magnitud del Esfuerzo de Von Mises está dada por la escala de colores, siendo valores mayores a 250 MPa los deseados, pues estos indican un valor superior de los esfuerzos con respecto al límite elástico.

2.1.3 Generación de los radios de rolado.

Con la aplicación de la carga de 10550.9 N en las diferentes simulaciones mostradas en las figuras 10, 11 y 12 se determina que este valor es la magnitud mínima para alcanzar deformaciones permanentes en el tubo. Sin embargo, para obtener mayores deformaciones y menores radios de curvatura en los tubos rolados se necesita aplicar mayor carga.

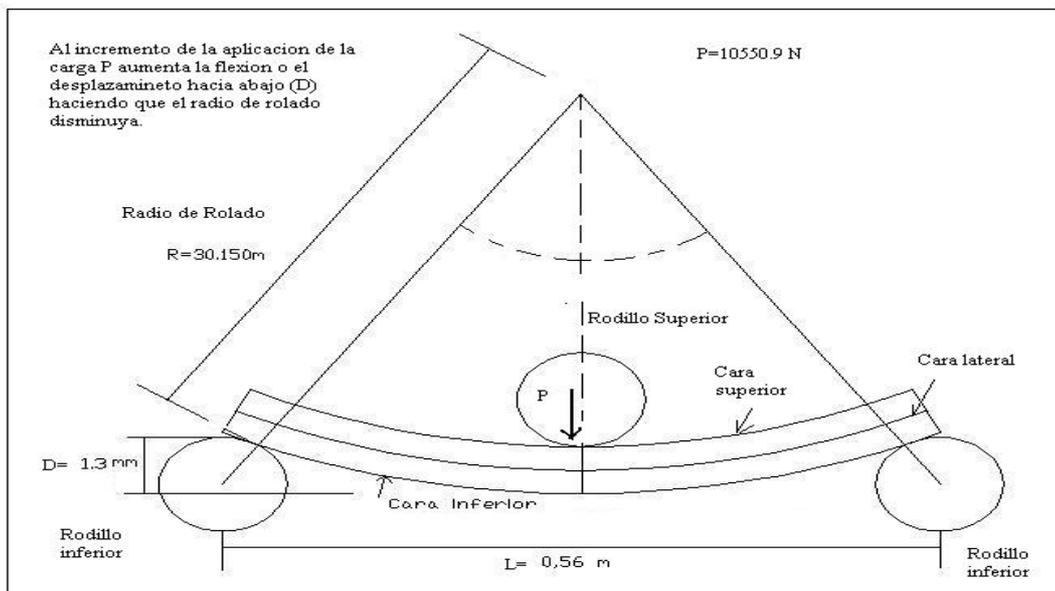


Figura 13. Representación esquemática de geometrías generada al aplicar una carga de 10550.9 N sobre el tubo de 50x50x2mm.

En la figura 13 se puede apreciar la relación que existe entre la aplicación de carga y el desplazamiento de deflexión D . Con este desplazamiento en el proceso de rolado se genera la curvatura del tubo, que para este caso de carga mínima de deformación genera un radio de 30.15 metros. De esta manera, al incrementar el desplazamiento hacia abajo por flexión

del tubo se podrá obtener radios menores de curvatura. Se debe recordar que los radios de rolado requeridos para fabricar las partes estructurales en la carrocerías que se observan en la figura 1 son de 12.332 y 4.878 m.

El radio de curvatura se obtiene al aplicar la siguiente expresión [12] que dará como resultado la ecuación general de la circunferencia:

$$\det \begin{bmatrix} x & y & x^2 + y^2 & 1 \\ x_1 & y_1 & x_1^2 + y_1^2 & 1 \\ x_2 & y_2 & x_2^2 + y_2^2 & 1 \\ x_3 & y_3 & x_3^2 + y_3^2 & 1 \end{bmatrix} = 0. \quad (9)$$

Donde (x_1, y_1) , (x_2, y_2) y (x_3, y_3) son tres puntos que se encuentran sobre la curva.

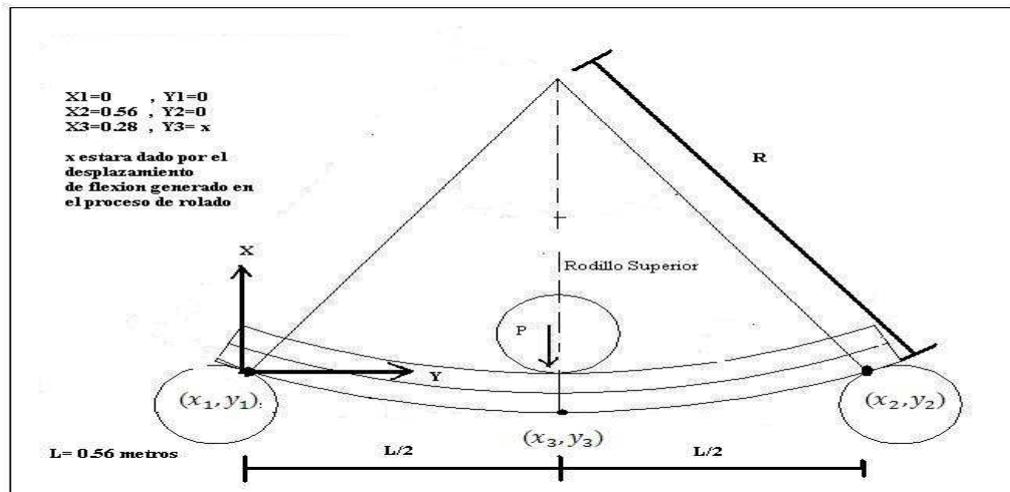


Figura 14. Representación de puntos sobre la circunferencia generada en el proceso de rolado para determinar el radio de curvatura del tubo cuadrado de 50x50x2mm.

Resolviendo el determinante con el remplazo de puntos de acuerdo a la geometría de la figura 14, se obtiene la ecuación general de la circunferencia. Esta ecuación permite conocer el radio de curvatura del tubo rolado.

2.1.4 Cálculo de esfuerzos máximo de deformación mediante la aplicación de programa de elementos finitos.

Regresando a la determinación de cargas, la carga máxima que se va aplicar es de 3 toneladas ó 29400 N, ya que esta carga genera esfuerzos de Von Mises que llegan al límite de rotura en el tubo, el esfuerzo último de rotura del acero A36 material usado en el tubo es de 450 a 550 MPa. Con esta carga de 3 toneladas se garantiza deformar el tubo y de cubrir posibles demandas extras de carga por pérdidas generadas en el funcionamiento de los mecanismos de la máquina o rolado ocasional de tubo cuadrado de 50x50mm con mayor grosor de pared.

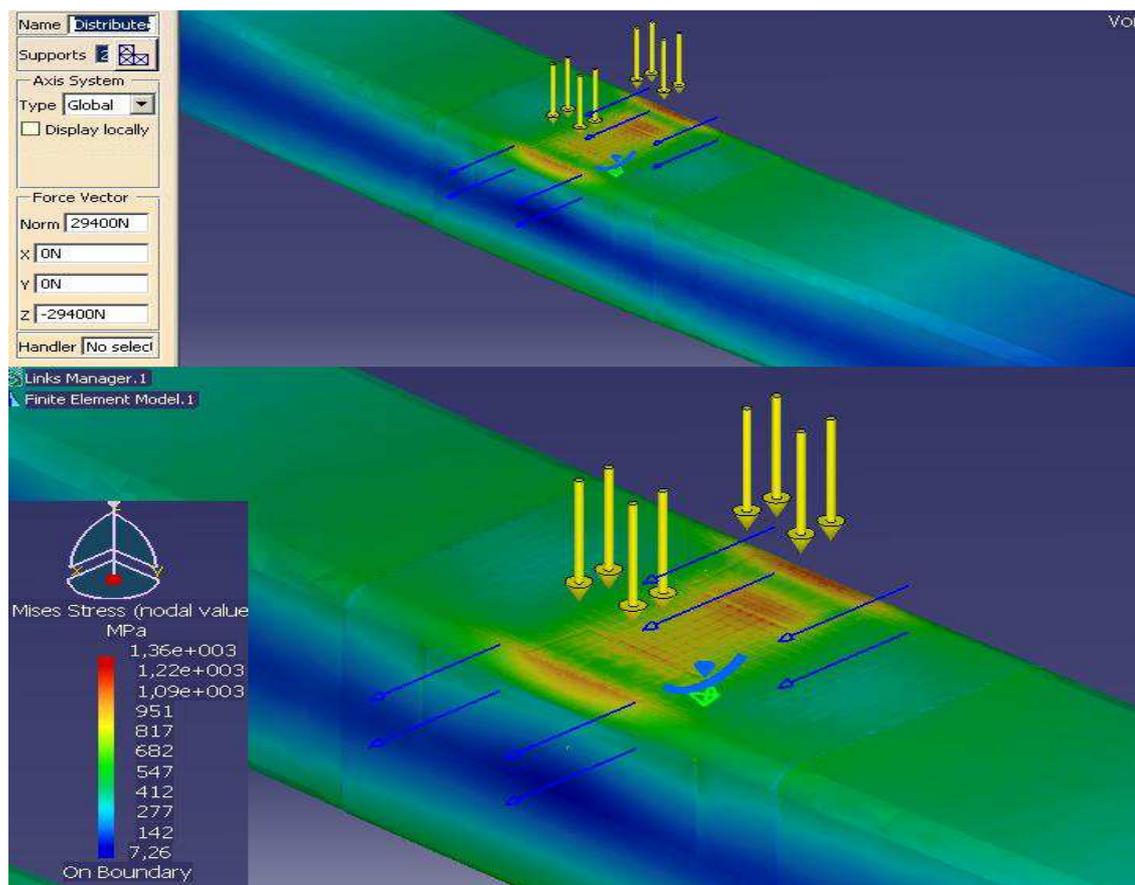


Figura 15. Simulación de Carga de 29400N ó 3 toneladas sobre el tubo de 50x50x2mm sin ranura en el medio del rodillo con mallado fino.

En la figura 15 se aprecia los esfuerzos de Von Mises generados por la aplicación de carga de 3 toneladas que llegan al límite de rotura.

Con la información obtenida de la carga mínima y la carga máxima se está en capacidad de dimensionar los ejes de soporte, el tornillo de potencia, los motores y todos los elementos del prototipo de máquina roladora de tubos.

3 Diseño de la Máquina prototipo.

El prototipo de máquina tiene un diseño preliminar que se realizó y se muestra en la figura 16.

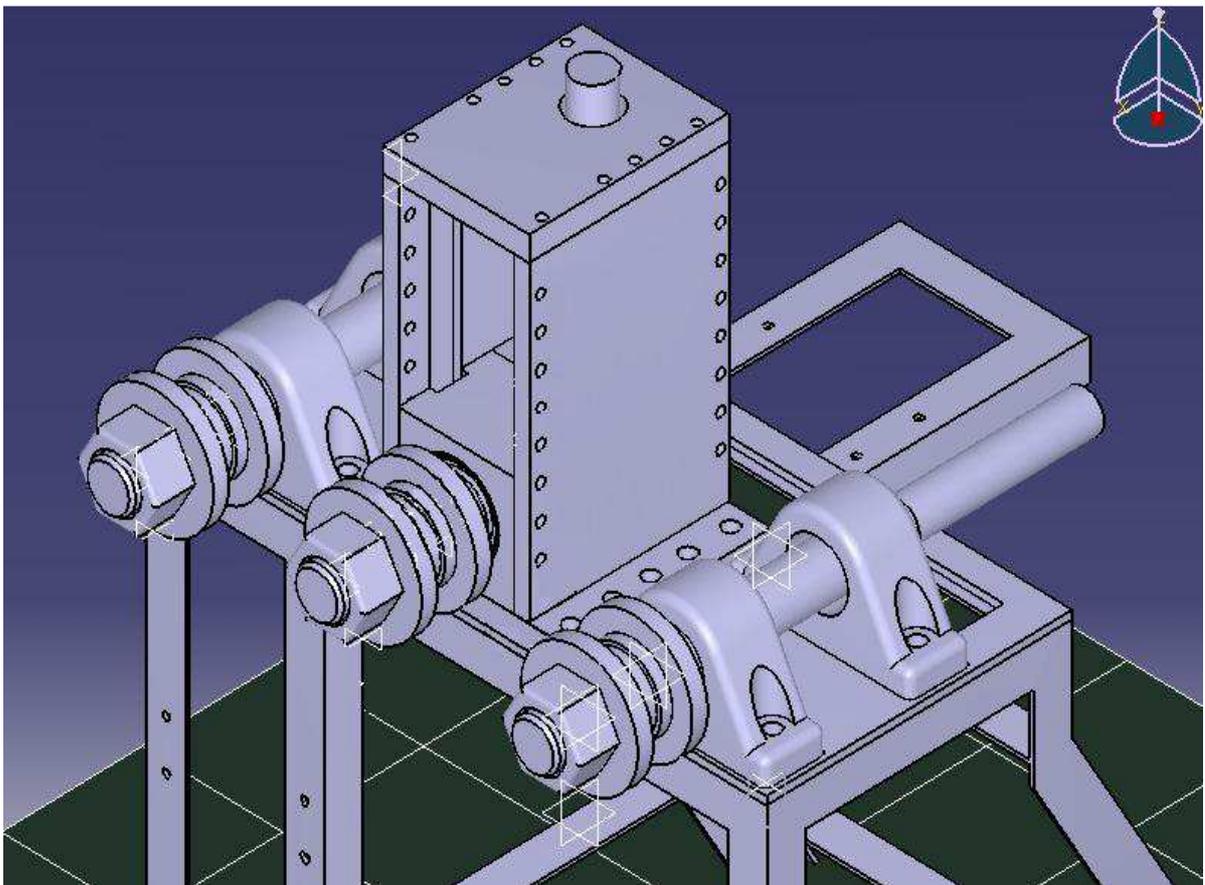


Figura 16. Bosquejo guía del posible diseño del prototipo.

Este servirá de referencia en el proceso de diseño y cálculo del prototipo, ya que recoge todas las características deseadas en la máquina.

El diseño y dimensionamiento de las partes, así como los cálculos realizados se muestran en los subcapítulos siguientes. Los programas de computadora utilizados en el diseño fueron AUTOCAD y CATIA.

Cabe destacar que el diseño de las partes y piezas no es un proceso individual, al contrario, es iterativo y en conjunto, lo cual exige una retroalimentación en cada parte de los diseños para lograr un ensamble y funcionamiento óptimo. De esta manera, los diseños, diagramas y planos que se muestran en los puntos siguientes son los resultados del proceso de diseño.

3.1 Identificación de las partes y piezas.

El prototipo de la máquina roladora de tubos consta de la siguiente lista de partes y piezas:

Rodillos de rolado.- En número de tres, estas partes son las que se encargan de albergar al tubo cuadrado de 50x50x2mm durante el proceso de rolado, se encargan de transmitir la carga y los movimientos de rolado. Se encuentran ubicadas sobre los ejes de rolado.

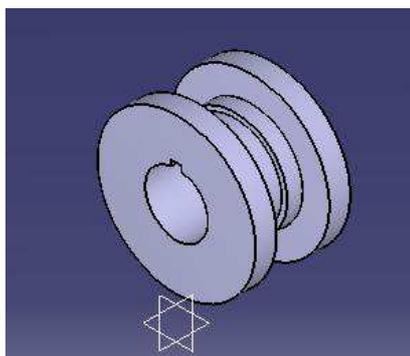


Figura 17. Rodillo de rolado.

Eje superior de rolado. –Es una pieza que se encarga de alojar al rodillo de rolado. Éste tiene rotación libre y se desplaza de forma vertical para aplicar la carga de rolado. Se

encuentra alojado en el bloque de alojamiento de eje superior, sobre 2 rodamientos cónicos.

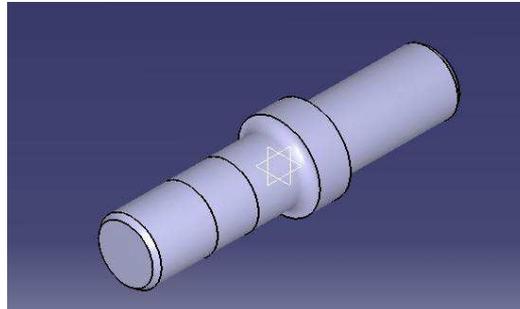


Figura 18. Eje superior de rolado.

Bloque de alojamiento del eje superior de rolado.- Su función es transmitir la carga de roldado hacia el eje de rolado superior. Se conecta directamente con el bloque de alojamiento del tornillo de potencia. El bloque de alojamiento sujeta al eje de superior roldado y también guía el movimiento vertical mediante el contacto de los canales laterales verticales con la caja de transmisión.



Figura 19. Eje superior de rolado.

Rodamientos del eje superior.- Son cónicos, los cuales son capaces de soportar grandes cargas axiales y radiales que se presentan al momento de aplicar la carga de roldado mediante el eje de rolado superior.

ERROR: ioerror
OFFENDING COMMAND: image

STACK: