

**SOLUCION DE PROBLEMAS EN EQUIPOS DE USO
QUIRURGICO: SIERRA OSCILANTE NEUMATICA**

VLADIMIR CATAÑO GUTIERREZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2004

**SOLUCION DE PROBLEMAS EN EQUIPOS DE USO
QUIRURGICO: SIERRA OSCILANTE NEUMATICA**

VLADIMIR CATAÑO GUTIERREZ

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

Director

ALFREDO PARADA CORRALES

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2004

DEDICATORIA.

A mi **Papa**,

A mi **Mama**,

A mi **Novia**

y a mis **Hermanos**.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar mis más sinceros agradecimientos al ingeniero **Alfredo Parada Corrales** director del proyecto, por su apoyo, consejos, amistad y confianza; al ingeniero **Leonardo Jaimes** codirector y Jefe de mantenimiento, y al doctor **José Gabriel Jaimes** gerente de la empresa Quirúrgicos Especializados S.A. por darme la oportunidad de trabajar y ser parte de su equipo.

Al señor **Hernán Garnica**, Jefe de operaciones del centro de mecanización del CIC en Guatigurá.

Al equipo de trabajo de la empresa: Marga, Vivi, Mile, Sol, Soni, Susa, Robert, Álvaro, Rolando, Ludwin y la señora Juanita Rueda, que de una u otra forma contribuyeron con la realización del proyecto.

Vladimir Cataño Gutiérrez.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA.	2
1.1. Reseña histórica.	2
1.2. Política de calidad.	2
1.3. Requerimientos y/o necesidades.	3
2. PROPUESTA CINEMATICA.	4
2.1. Descripción del diseño actual.	4
2.1.1. Problemas.	6
2.2. Propuesta preliminar.	8
3. DISEÑO.	9
3.1. Parámetros de diseño.	9
3.2. Parámetros generales del diseño.	9
3.2.1. Requerimientos de funcionamiento.	9
3.2.2. Requerimientos quirúrgicos.	10
3.2.3. Requerimientos de fabricación o manufactura.	10
3.3. Propuesta conceptual preliminar.	10
3.4. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE MATERIALES.	12
3.4.1. Requerimientos quirúrgicos.	12
3.4.2. Disponibilidad de materiales en el mercado local.	13

3.4.3. Propiedades de los materiales.	13
3.4.4. Selección de los materiales a usar.	15
3.5. ANÁLISIS DINAMICO.	16
3.5.1. Potencia máxima.	16
3.5.2. Conducción de la potencia y DCLs.	17
3.5.3. Análisis inercial.	18
3.6. FATIGA APLICADA A SECCIONES CRÍTICAS.	20
3.6.1. Justificación del método.	20
3.6.2. Análisis de diferencial critico para el Eje excéntrico.	20
3.6.2.1. Factores que afectan la resistencia a la fatiga.	23
3.6.2.2. Método Mises-Goodman para el calculo del factor de seguridad.	24
3.6.3. Análisis del diferencial critico para la Horquilla.	26
3.6.4. Análisis de diferencial critico para el Eje porta-cuchilla.	29
3.7. AJUSTES Y SELLOS.	33
3.7.1. Ajuste “Horquilla - Eje porta cuchilla”.	34
3.7.2. Sellos.	35
4. MANUFACTURA.	60
4.1. Tratamiento térmico.	38
4.1.1. Proceso del tratamiento térmico.	38
4.2. Botón.	39
4.3. Accesorios comerciales.	41
4.3.1. Rodamientos inoxidables.	41
4.3.2. Resorte.	41
4.3.3. Bristol para el botón.	41
4.3.4. O-rings.	41
4.3.5. Chavetas de retención.	41

5. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.	43
6. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	45
6.1. Registro de equipo.	45
6.2. Programa de inspección.	47
6.3. Informes de inspección.	49
6.4. Recomendaciones sobre el programa de MP.	51
7. CONCLUSIONES.	52
BIBLIOGRAFÍA.	54

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Sierra oscilante De-Soutter.	5
Figura 2: Cinemática del dispositivo actual.	6
Figura 3: Prensa cuchilla actual.	7
Figura 4: Mecanismo para sujetar la herramienta.	11
Figura 5: Ejes principales de inercia de la cuchilla o herramienta.	19
Figura 6: Diferencial A.	21
Figura 7: Esfuerzo flector vs. ángulo de rotación, diferencial A.	22
Figura 8: Diferencial C.	24
Figura 9: Esfuerzo cortante vs. ángulo de rotación, diferencial C.	25
Figura 10: Esfuerzo flector afectado vs. ángulo de rotación, diferencial D.	26
Figura 11: Diferencial D.	27
Figura 12: Esfuerzo flector nominal vs. ángulo de rotación, diferencial D.	27
Figura 13: Diferencial F.	29
Figura 14: Esfuerzo cortante vs. ángulo de rotación, diferencial F.	29
Figura 15: Esfuerzo flector vs. ángulo de rotación, diferencial F.	30
Figura 16: Diferencial G.	31
Figura 17: Esfuerzo cortante vs. ángulo de rotación, diferencial G.	32
Figura 18: Esfuerzo flector vs. ángulo de rotación, diferencial G.	32
Figura 19: Cilindrado, Botón.	39
Figura 20: Refrentado, Botón.	40
Figura 21: Roscado con macho M3, Botón.	40

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Composición y propiedades mecánicas de aceros inoxidable.	15
Tabla 2: Cilindrado exterior.	37
Tabla 3: Cilindrado interior.	37
Tabla 4: Herramientas de roscado.	37
Tabla 5: Especificaciones de las chavetas de retención.	42
Tabla 6: Registro de equipo.	46
Tabla 7: Hoja de vida de equipo.	50

NOMENCLATURA

GLOSARIO

- ARP: Administradora de Riesgos Profesionales.
- ARS: Administradora del Régimen Subsidiado en Salud.
- CPM: Ciclos Por Minuto.
- DCS: Dynamics Compression Screw.
- DCL: Diagrama de Cuerpo Libre
- DHS: Dynamics Hip Screw.
- EPS: Entidad Promotora de Salud.
- HSS: High Speed Steel.
- IPS: Institución Prestadora de Salud.
- LPM: Litros Por Minuto.
- SS: Stainless Steel.
- ZZ: Referencia para rodamientos que denota sello metálico.

NOTACIÓN

- A, B, C, ..., G: Diferenciales finitos críticos para el análisis de fatiga.
- a: Ancho de la sección.
- a: Avance.
- c: Distancia desde el eje neutro hasta las fibras más alejadas en una sección sometida a momento flector.
- d: Diámetro equivalente o diámetro menor de la sección.
- D: Diámetro mayor o exterior de la sección.
- d: Profundidad de corte.

e: Excentricidad.

F: Fuerza.

h: Distancia entre ejes de inercia.

I: Momento de inercia.

K: Factores que modifican el limite de endurancia o resistencia a la fatiga.

M: Momento flector.

N: factor de seguridad.

O: Eje de rotación de la cuchilla.

P: Presión.

Q: Caudal.

Q: Primer momento de área de una sección sometida a esfuerzo cortante.

q: Sensibilidad a la entalladura.

R: Distancia en la Horquilla, medida desde el punto de contacto con la camisa hasta su pivote.

r: Radio de entalladura.

Rev: Revolución.

Se: Resistencia o límite de endurancia para especímenes ideales.

Se': Resistencia o limite de endurancia afectado por los factores excepto Kf.

Se's': Resistencia o límite de endurancia afectado por los factores excepto Kfs.

Sus: Resistencia ultima al corte.

Sut: Resistencia ultima del material a tracción.

t: Ancho de la sección transversal respecto al eje neutro, de una sección sometida a esfuerzo cortante.

t: Tiempo.

T: Torque.

V: Fuerza cortante.

V: Volumen.

Vc: Velocidad de corte.

*
W: Potencia.

LETRAS GRIEGAS

Ø: Diámetro.

α : Aceleración angular, rad/s²

α : Relación entre concentradores de eje sólido y hueco.

Δ : Diferencia entre condiciones finales e iniciales.

η : Eficiencia.

θ : Ángulo, rad.

π : Constante Pi, 3.1416.

σ : Esfuerzo flector, Mpa.

Σ : Sumatoria de fuerzas, momentos o torques.

τ : Esfuerzo cortante, Mpa.

ω : Velocidad angular, rad/s.

SUBÍNDICES

A, B,..., G: Se refiere a los diferenciales que se estén analizando.

a: Esfuerzo alterno

c: Confiabilidad.

centro: Esfuerzo en el centro de la sección.

d: Se refiere al factor de tamaño, Kd.

f: Concentración de esfuerzos a fatiga.

fs: Concentración de esfuerzos a fatiga en corte.

hueco: Se refiere al orificio en el Eje excéntrico.

- l: Se refiere al factor de carga.
- m: Esfuerzo medio.
- m: Se refiere a la eficiencia mecánica.
- máx: Esfuerzo máximo.
- o: Referente a los análisis alrededor del eje o punto O.
- porta cuchilla: Referente al Eje porta cuchilla.
- s: Referente a corte o esfuerzos cortantes.
- s: Se refiere al factor de acabado superficial.
- T: Se refiere al factor de trabajo con temperatura.
- t: Referente a la concentración de esfuerzos estáticos
- v: Se refiere a la eficiencia volumétrica.

RESUMEN

TÍTULO:

**SOLUCION DE PROBLEMAS EN EQUIPOS DE USO QUIRURGICO:
SIERRA OSCILANTE NEUMATICA.***

AUTOR:

Vladimir Cataño Gutiérrez. **

PALABRAS CLAVES:

Quirúrgico, Diseño conceptual, Manufactura, Montaje, Mantenimiento.

DESCRIPCIÓN:

El objetivo de este proyecto es proveer a la empresa QUIRÚRGICOS ESPECIALIZADOS S.A., de una renovada sierra oscilante, la cual estará dotada de mejoras que permitirán obtener altos índices de confiabilidad y prolongados periodos de operación debido a un diseño compacto y simple en su cabezal, que reemplaza satisfactoriamente el mecanismo anterior y reproduce los parámetros de corte fielmente. Además, la implementación de un programa de mantenimiento preventivo, que busca asegurar dicha confiabilidad y evaluar el comportamiento del equipo a lo largo de su vida útil.

Se evaluaron los problemas que presenta el equipo actual para así proponer un diseño acorde con los requerimientos quirúrgicos, de operación, montaje, y de manufactura. Diferentes análisis como: fatiga, selección de materiales, manufactura, montaje, sellos y desgaste, se tuvieron en cuenta a la hora de realizar el diseño.

De la misma manera se realizaron pruebas de funcionamiento en condiciones aproximadas a las reales (elementos óseos vacunos) para comprobar el buen comportamiento del nuevo mecanismo y del equipo en general, esto a su vez

* Trabajo de grado

** Facultad de Ciencias Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. Alfredo Parada Corrales.

nos brinda información acerca de la rata de desgaste y temperaturas de trabajo para sustentar todo lo concerniente al mantenimiento de la sierra.

Finalmente se obtuvo un equipo con varias ventajas en comparación con su contraparte importada, dichas ventajas incluyen: sencillez en su funcionamiento, simplicidad de las piezas que lo conforman, facilidad tanto de fabricación como de montaje y algo que se puede destacar es su consecución de repuestos debido a que todos sus componentes están debidamente especificados en planos y proceso de construcción.

SUMMARY

TITLE:

TROUBLESHOOT IN SURGICAL USE EQUIPMENT: SAGITTAL SAW.*

AUTHOR:

Vladimir Cataño Gutierrez**.

KEY WORDS:

Surgical, Conceptual design, Manufacturing, Assembly, Maintenance.

DESCRIPTION:

the objective of this project is to endow to the company QUIRURGICOS ESPECIALIZADOS S.A, of a renovated sagittal saw which will be gifted with improvements that will allow to obtain high indexes of dependability and lingering periods of operation due to a compact and simple design in their bolster that it replaces the previous mechanism satisfactorily and it reproduces the court parameters faithfully.

Also, the implementation of a preventive maintenance program that looks for to assure this dependability and to evaluate the behavior of the device along its useful life.

It were evaluated the problems that it presents the current mechanism it stops this way to propose an in agreement design with the surgical requirements, of operation, assembly and of factory.

Different analysis like: fatigue, selection of materials, manufactures, assembly, stamps, and wear away they kept in mind when carrying out the design.

In the same way it were carried out operation tests under approximate conditions to the real ones (bovine bony elements) to check the good behavior

*Degree Work.

** Physical-Mechanical Sciences Faculty, Mechanical Engineering, Eng. Alfredo Parada Corrales.

of the new mechanism and of the equipment in general, this in turn offers us information about the waste rate and working temperatures to sustain all the concerning one to the maintenance of the saw.

Finally equipment was obtained with several advantages in comparison with its imported tally, this advantages include: simplicity in their operation, simplicity of the pieces that conform it, manufacturing easiness and of assembly, and something that can stand out is their attainment of reserves because all their components are properly specification in planes and construction process.

INTRODUCCIÓN

En ocasiones el ingeniero mecánico se desenvuelve en el campo de la medicina diseñando equipos para el uso quirúrgico. Esta es una experiencia de ingeniería concurrente debido a que el ingeniero lleva todo el background de su área que debe amoldar a requerimientos o situaciones que el profesional de la salud plantea para lograr lo que ambos se proponen.

Estos parámetros de tipos quirúrgicos, al principio pueden verse como obstáculos para el diseñador, pero no son más que lineamientos a seguir y cumplir si se quiere lograr un excelente trabajo de diseño. A lo largo del proyecto encontrará muchos ejemplos acerca de dicha ingeniería concurrente.

Este tipo de fusión de conocimientos nos permite ampliar nuestra visión y mejorar nuestro criterio ante problemas de diseño que se encuentran en ramas muy poco tratadas a lo largo de la carrera. Es por esto que esta clase de proyectos de grado complementa en cierta medida los conocimientos básicos de un ingeniero mecánico.

En el diseño y construcción de un prototipo se advierte la dificultad de hacer coincidir, digamos, funcionalidad y estética con facilidad de manufactura y resistencia de esfuerzos. Esto demanda un largo proceso de adaptación e innovación.

El mantenimiento, está íntimamente relacionado con el diseño de máquinas y aun cuando la ingeniería de mantenimiento y la ingeniería de montajes pueden tener concepciones diferentes, las técnicas de montaje son muy utilizadas en el mantenimiento de equipos. Por tal razón, el diseño también debe tener en cuenta aspectos relacionados con el montaje de equipos.

1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA.

1.1. Reseña histórica.

QUIRÚRGICOS ESPECIALIZADOS S.A., fue concebida en Septiembre de 1995, por siete empresarios jóvenes relacionados con el área de la salud. Surgió como respuesta a la necesidad que existía en el mercado de suministrar IMPLANTES DE OSTEOSÍNTESIS, época en la cual la mayoría de la población Colombiana no estaba cubierta por el plan de seguridad social obligatorio o subsidiado; además estos planes cubrían parcialmente dichos implantes.

Hasta 2001 operó como subdistribuidor de reconocidas marcas a nivel mundial. A partir de ese año, manteniendo el propósito con el cual fue concebida inició con la representación de firmas internacionales de reconocida trayectoria pero sin presencia en el país.

Actualmente la empresa tiene una sede propia en la ciudad de Bucaramanga con aproximadamente 450 metros cuadrados y su planta de personal es de quince personas. Atiende clientes en los departamentos de Santander, Norte de Santander, Atlántico, Magdalena y Cesar.

1.2. Política de calidad.

QUIRURGICOS ESPECIALIZADOS S.A., cuenta con la siguiente Política de Calidad: “En la búsqueda de la fidelidad de los Clientes, QUIRURGICOS ESPECIALIZADOS S.A. está comprometido con el suministro de Implantes e Instrumentales de excelente calidad, apoyados en la eficacia de nuestros Clientes, cumpliendo con los requerimientos pactados con el Cliente y Los exigidos por la ley.

Nuestro personal competente está comprometido con el mejoramiento continuo de los procesos Organizacionales y da solución oportuna a las inquietudes, necesidades y expectativas de nuestros clientes”.

1.3 Requerimientos y/o necesidades.

Después de la solicitud a la escuela de Ingeniería Mecánica, se planteó el alcance del proyecto según la necesidad de la empresa de optimizar los equipos. El presente trabajo da tratamiento a uno de los problemas relacionado con la sierra oscilante, en ella se busca prolongar el tiempo de operación y facilitar el mantenimiento, modificando mecanismos al interior del cabezote. Además se requiere de un diseño más sencillo, confiable y de fácil montaje pero de semejantes prestaciones funcionales. Cabe anotar que se requiere, adicionalmente, de un dispositivo de sujeción de la cuchilla mucho más sencillo que el actual.

2. PROPUESTA CINEMATICA.

2.1. Descripción del diseño actual.

La sierra oscilante “De Soutter” con la que cuenta actualmente la empresa es un diseño con forma de pistola con el motor ubicado longitudinalmente en la sección perpendicular al mango, en el cual esta todo lo concerniente al control direccional del nitrógeno que, es el fluido de trabajo para este tipo de aplicación. En su cabezal se encuentra el mecanismo encargado de transformar el movimiento rotacional de la salida del motor en oscilante en la salida del porta-cuchilla (figura 1).

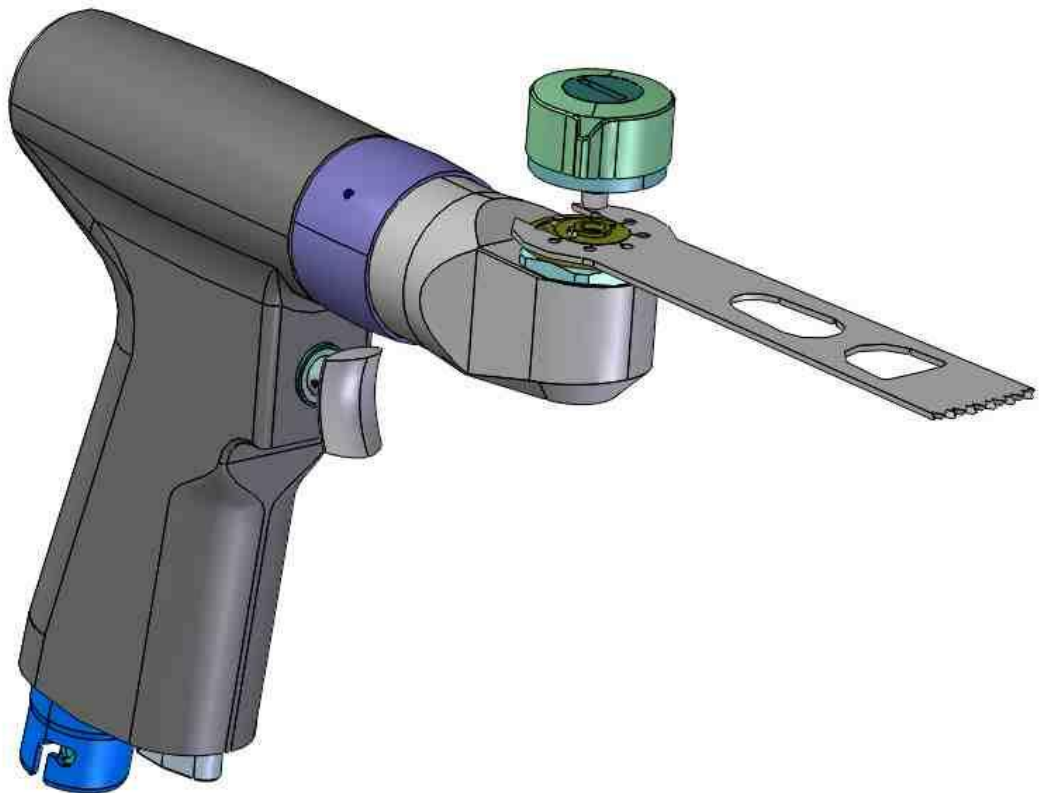
El mecanismo de oscilación de la sierra consta de un eje acoplado al motor que tiene a su vez una cabeza excéntrica en la que lleva una leva cilíndrica interior. Es aquí donde entra el seguidor con forma de Horquilla que se acopla, con un tipo de unión cardanica, al eje porta-cuchilla; este acople consiste de un par de bujes en ambos extremos de la Horquilla y un pasador o pin con chaveta que une las partes.

Esta configuración permite que el seguidor de la Horquilla realice un movimiento “orbital” (toda la Horquilla describe un cono mientras se mueve) proporcionado por la leva, este movimiento es filtrado por el acople con el eje porta-cuchilla, puesto que solo transmite la oscilación alrededor del eje longitudinal, la otra “componente del movimiento” es obviada con ayuda del pasador, sobre el cual la Horquilla oscila pivotando sobre él (figura 2).

De esta manera ya tenemos la oscilación del eje porta-cuchilla sobre el que va montado el dispositivo para sujetar la cuchilla (figura 3). Este dispositivo

consta de un accionador que al girarlo hace que se levante la tapa que cubre los pines de sujeción, en ese momento permite el ingreso y acople de la cuchilla que, una vez posicionada, un resorte hace que la tapa retorne a su posición inicial sujetando la herramienta. Este dispositivo es internamente complejo y posee varias piezas como balines, bujes, resorte, guías, pines, etc. que dificultan el montaje debido a su tamaño.

Figura 1: Sierra oscilante De-Soutter.

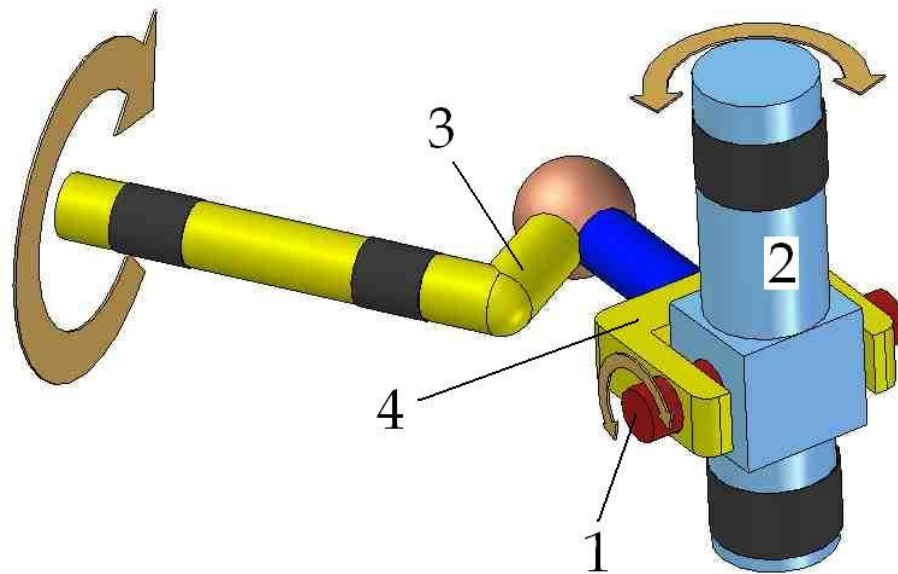


Es un tanto sencillo el movimiento que realiza el seguidor según su leva (figura 2), es un movimiento rotular en el que se combinan dos movimientos:

oscilación alrededor del pasador (1) y oscilación alrededor del eje porta-cuchilla (2); este último es quien proporciona la oscilación de la herramienta. En este diseño, debe notarse que la excentricidad de la leva (3) con respecto al eje longitudinal es tal, que la oscilación transmitida al porta-cuchilla tenga una amplitud de 4 grados, esto también depende, obviamente de la longitud de la Horquilla (4).

En lo consecutivo las flechas amarillas indican movimiento y las franjas negras sobre piezas indican apoyo o rodamientos.

Figura 2: Cinemática del dispositivo actual.



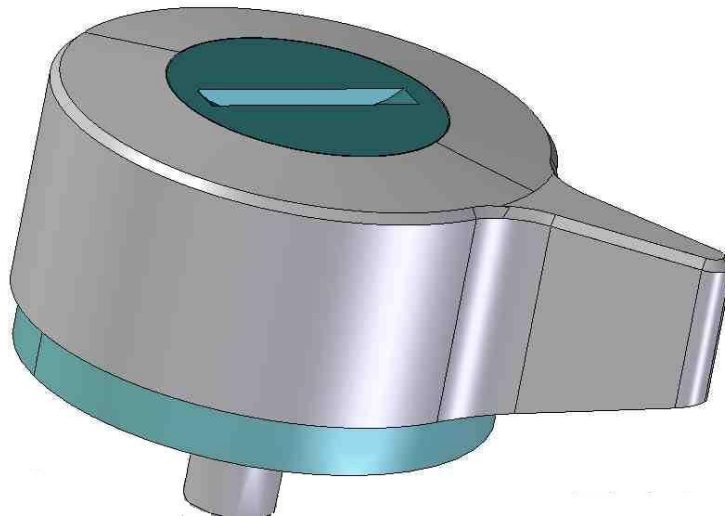
2.1.1. Problemas.

El problema principal y por el que la empresa “Quirúrgicos especializados” ha tenido inconvenientes, es debido al pasador (1) del acople de la Horquilla con el eje porta-cuchilla. Debido a las cargas combinadas y el alto ciclaje sobre

él, se pierde rápidamente el ajuste con los bujes, sobre todo con el buje central ubicado en el eje (2), esto produce que la cuchilla prácticamente no oscile y todo el movimiento es entonces consumido por el juego resultante. Este desgaste se presenta con una frecuencia alarmante en los equipos colocándolos fuera de servicio. Además, el mecanismo se calienta de tal manera que hace incomodo su uso (según testimonio de los ortopedas), esto como resultado del rozamiento entre elementos (Horquilla, eje, bujes, pasador, seguidor, leva). Esta temperatura de aproximadamente 65 °C es considerada normal si se tratase de una aplicación distinta al corte óseo. Lograr una disminución de por lo menos 15 °C con un nuevo diseño sería otra ganancia para la empresa.

Existe no un problema de funcionamiento sino mas bien de mantenimiento y montaje que tiene que ver con el prensa-cuchilla (figura 3). Este posee en su interior un intrincado sistema compuesto por piezas muy pequeñas y que necesitan alinearse en puntos ciegos para armarlo. Es considerado un problema por su dificultad para ensamblarlo.

Figura 3: Prensa cuchilla actual.



2.2. Propuesta preliminar.

Después de un minucioso estudio a los mecanismos que permiten cambiar un movimiento rotativo en oscilante y que admitan escalarse a tan reducidas dimensiones, se escogió el siguiente: El eje que provee el movimiento rotativo con una protusión excéntrica entra en la cavidad confinada por las caras planas de la Horquilla que pivota en su extremo. A medida que el eje gira, su protuberancia excéntrica desplaza las caras de la Horquilla alternativamente de un lado a otro y esto sencillamente hace oscilar la Horquilla alrededor del eje vertical, que esta acoplado en su extremo. Esto es una simple derivación del mecanismo actual en el que se ha eliminado una componente del movimiento.

El mecanismo para sujetar la herramienta se ha simplificado de tal manera que se facilitará el montaje: Pulsando el botón en contra del resorte, bajaremos la tapa para poder acceder a los pines de sujeción de la cuchilla y así acoplarla, una vez hecho esto el resorte reposicionará las piezas y mantendrá presionada la herramienta entre la tapa y el porta-cuchilla.

3. DISEÑO.

3.1. Parámetros de diseño.

Los siguientes son los parámetros para el diseño mecánico que se tuvieron en cuenta para el desarrollo del mecanismo de oscilación:

- Presión de trabajo del motor: 80 Psi.
- Velocidad de motor: 14000 rpm.
- Frecuencia de oscilación de la cuchilla: $233 S^{-1}$.
- Angulo de oscilación de la cuchilla: 4° .

Además se debe tratar de conservar la proporcionalidad de la carcasa del cabezote con el resto de la pistola y el anclaje de la herramienta.

3.2. Parámetros generales del diseño.

3.2.1. Requerimientos de funcionamiento.

No es el objetivo del proyecto entrar a modificar parámetros de funcionamiento relacionados con el corte del hueso, y considerando que tampoco habrá modificación en la herramienta de corte se mantendrán los lineamientos referentes como son frecuencia y ángulo de oscilación en la cuchilla. También se mantendrán las dimensiones externas del cabezal para que corresponda con sus acoples en la cacha de la pistola, así como el acople del Eje excéntrico con el motor, de esta manera se busca modificar el menor número de piezas de la sierra para esta etapa inicial que comprende la mejora del cabezal.

3.2.2. Requerimientos quirúrgicos.

Además de ser imperante la manufactura de las piezas en acero inoxidable, es también requisito del diseño la ausencia de bordes o esquinas que puedan rasgar algún tejido; hendiduras o vaciados que permitan acumular sangre u otros fluidos corporales. Toda la superficie externa debe ser fácil de lavar en toda su extensión y se debe garantizar un sellado para con las piezas móviles que salen del cabezal, como son el eje porta-cuchilla y el botón, esto evita que salga grasa o lubricante y que entre sangre y se acumule donde es imposible removerla.

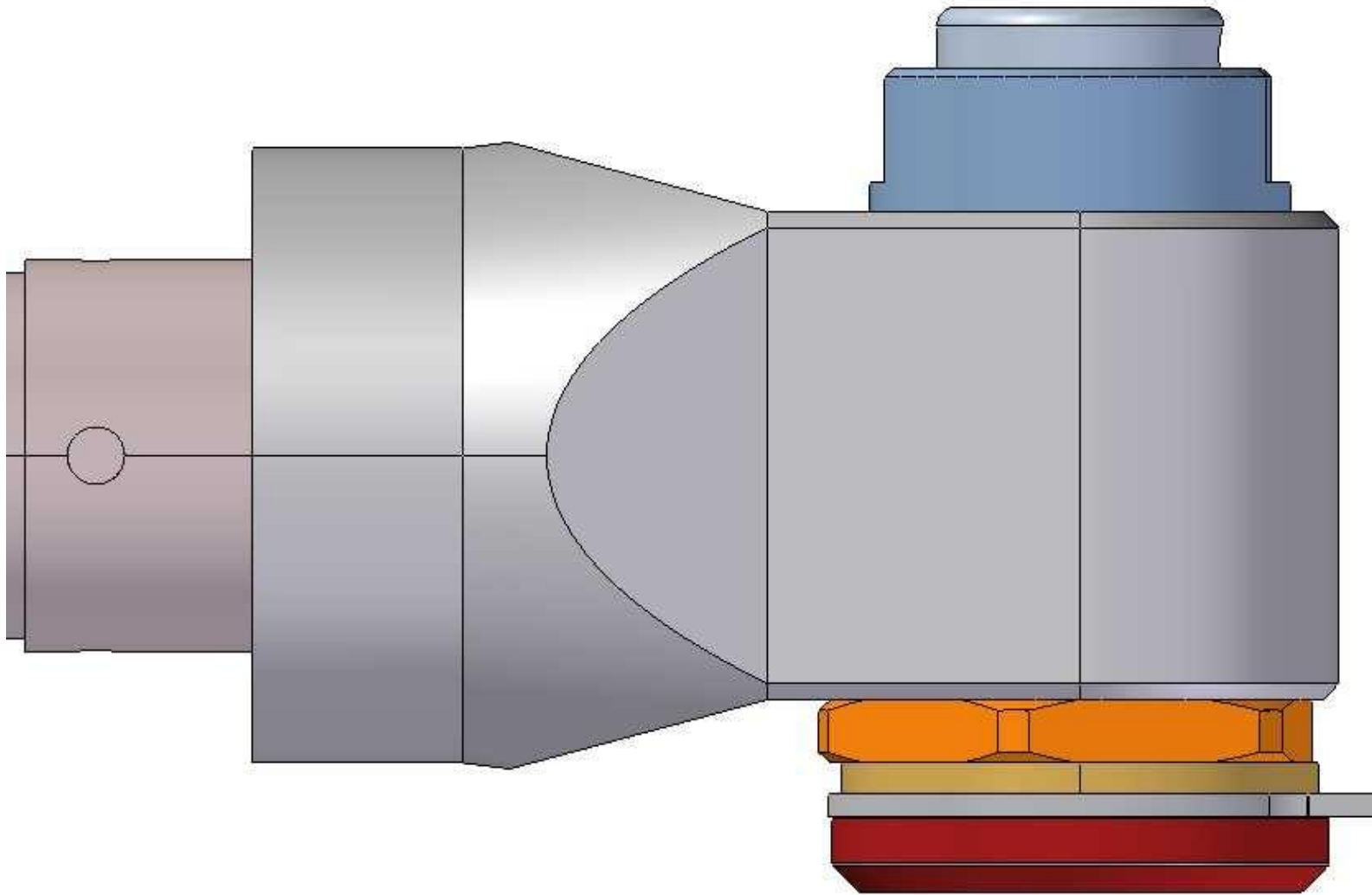
3.2.3. Requerimientos de fabricación o manufactura.

Todas las piezas fueron concebidas teniendo en cuenta sencillez en su manufactura y facilidad de ensamble, sin embargo la carcasa del cabezal presenta cierto grado de complejidad debido a sus múltiples superficies y orificios roscados, aun así es posible su construcción. El 80% de las piezas a manufacturar requieren simplemente trabajo de torno, lo que supone factibilidad.

3.3. Propuesta conceptual preliminar.

Luego de semanas de desarrollo, adaptaciones, simulaciones, viabilidades, evoluciones en general, llegamos a la concepción definitiva y apropiada para la solución del problema planteado.

Figura 4: Propuesta conceptual preliminar.



3.4. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE MATERIALES.

3.4.1. Requerimientos quirúrgicos.

Los materiales de fabricación de las sierras, deben soportar las temperaturas de los autoclaves (temperaturas promedio de 135°C o 147°C, dependiendo de la clase de autoclave que se utilice), el metal no debe perder al terminar el proceso de esterilización, su resistencia y su corte en las hojas de la cuchilla, no deben soltar partículas de metal dentro del proceso de esterilización ni cuando se estén utilizando directamente contra el hueso del paciente, el corte es importante y debe mantenerse por varios usos de re-esterilización.

Con relación a la manguera que conecta el equipo de poder a la bala de nitrógeno, esta debe ser igualmente termo resistente a las temperaturas anteriormente mencionadas, y no perder el tamaño, es decir, que por el calor, este no se expanda, para que las puntas metálicas acoplen perfectamente al utilizarse en los extremos que conectan al equipo y a la bala.

Existen también esta clase de equipos que funcionan con corriente alterna y otros con pilas, el inconveniente que se tiene con ellas es que se oxidan rápidamente y no permiten sumergirse para poder lavarlos de sangre perfectamente, condiciones importantes para un equipo de perforación.

Es imperante el uso de materiales que no produzcan contaminación debido a su oxidación, así que los aceros inoxidables nos ayudaran a resolver este problema.

3.4.2. Disponibilidad de materiales en el mercado local.

Localmente podemos encontrar aceros inoxidable AISI 304, 316, 316L, 410 y 420.

3.4.3. Propiedades de los materiales.

Los aceros inoxidable son un grupo altamente aleados y diseñados para suministrar una alta resistencia a la corrosión, el principal elemento de aleación en el acero inoxidable es el cromo; el cromo forma en la aleación una delgada película impermeable de óxido (bajo atmósfera oxidante) la cual protege a la superficie de la corrosión.

El níquel es otro elemento usado en otros aceros inoxidables para incrementar la protección contra la corrosión.

El carbono se usa para endurecer y reforzar el metal; sin embargo cuando se eleva su contenido se produce un efecto de reducción de la protección contra la corrosión ya que el carburo de cromo que se forma, reduce la cantidad de cromo libre en la aleación.

Los aceros inoxidables son notables por su combinación de resistencia y ductilidad, además de su resistencia a la corrosión.

Aunque dichas propiedades son muy deseables para muchas aplicaciones, generalmente hacen que estas aleaciones sean difíciles de trabajar en manufactura.

También son significativamente más caros que los aceros al carbono o de baja aleación.

Los aceros inoxidable se dividen tradicionalmente en tres grupos, cuyo nombre se determina por la fase predominante e la aleación a temperatura ambiente:

1. inoxidable austeníticos: Poseen composición típica de 18% Cr y 8% Ni y son los más resistentes a la corrosión de los tres grupos, son muy magnéticos y muy dúctiles pero muestran endurecimiento por trabajo en forma significativa. Estos aceros inoxidable se usan para fabricar equipos de procesos químicos o alimenticios, así como partes de maquinaria que requieren alta resistencia a la corrosión.

2. Inoxidable ferríticos: Tienen alrededor de 15 a 20% de Cr, bajo carbono y nada de níquel. Esto proporciona una fase ferrítica a temperatura ambiente. Son magnéticos menos dúctiles y con menor resistencia a la corrosión que los austeníticos.

Los partes hechas con inoxidable ferríticos van desde utensilios de cocina hasta componentes de motores de propulsión a chorro.

3. Inoxidable martensíticos: Estos aceros tienen un contenido más alto de carbono que los ferríticos, lo cual permite fortalecerlos mediante tratamiento térmico. Tienen hasta un 18% de cromo pero nada de níquel.

Son fuertes y resistentes a la fatiga, pero no tan resistentes a la corrosión como los otros dos grupos. Los productos típicos incluyen cubertería e instrumentos quirúrgicos.

La tabla 1 nos enseña la composición y propiedades mecánicas de aceros inoxidable.

Tabla 1: Composición y propiedades mecánicas de aceros inoxidables.

Análisis químico %							Resistencia a la tensión		
Tipo	Fe	Cr	Ni	C	Mn	Otros	Psi	Mpa	Elonga.
Austenítico									
301	72	17	7	0.15	2		90000	620	40
302	71	18	8	0.15	2		75000	515	40
304	69	19	9	0.08	2		75000	515	40
309	61	23	13	0.20	2		75000	515	40
316	65	17	12	0.08	2	2.5Mo	75000	515	40
Ferrítico									
405	85	13	-	0.08	1		60000	415	20
430	81	17	-	0.12	1		60000	415	20
Martensítico									
403	86	12	-	0.15	1		70000	485	20
403b	86	12	-	0.15	1		120000	825	12
416	85	13	-	0.15	1		70000	485	20
416b	85	13	-	0.15	1		140000	965	10
420b	81	16	-	0.36	1	1.2Mo	75000	515	-
440	81	17	-	0.65	1		105000	725	20
440b	81	17	-	0.65	1		260000	1790	5

b: Tratado térmicamente

3.4.4. Selección de los materiales a usar.

El acero inoxidable martensítico AISI 420 posee mayor resistencia en comparación a los de la serie 200 y 300 (disponibles en el mercado local y a veces usados para este tipo de aplicación), permite obtener una superficie

pulida al espejo y presenta buena maquinabilidad. Este acero es suministrado en estado bonificado por la Cia General de Aceros.

Entre sus aplicaciones esta la fabricación de moldes para inyección de plásticos corrosivos, moldes para soplado, ejes para bombas, partes para válvulas, fabricación de elementos quirúrgicos, entre otros.

Propiedades físicas: Conductividad térmica 17.2W/mK a 20°C, 21W/mK a 350°C y 24,7W/mK a 700°C. Resistencia a la tracción: **Sut = 75 Ksi. (515 Mpa)**

Todas las piezas a fabricar serán hechas con este material; aunque en un principio se planteó el uso del aluminio (duraluminio) en piezas que no estuvieran sometidas a esfuerzos considerables, sin embargo los espesores de pared que se obtuvieron en la definición de estas piezas no hacían fiable su manufactura con aluminio, aunque este supliera las necesidades de resistencia, se preveía según el trato que se le da al equipo en cirugía que estas piezas se abollaran o deformaran excesivamente.

La “camisa para rodamiento” se fabricará tanto en AISI 420 (sin tratamiento térmico posterior a la manufactura) como en bronce SAE 65 y se harán pruebas con ambos para determinar el mejor desempeño.

3.5. ANÁLISIS DINAMICO.

Antes de entrar al desarrollo del diseño en lo concerniente a los esfuerzos que se generan al interior de cada pieza, debemos conocer que potencia vamos a transmitir y como esta se conduce desde la fuente hasta la salida o solicitud.

3.5.1. Potencia máxima.

Los datos técnicos y curvas de operación del motor neumático de paletas que potencia nuestra sierra son reservados por el fabricante; así que acudimos a una forma simple y aproximada de conocer la potencia que entrega un motor neumático: Aplicando primera ley al volumen de control que lo encierra, nos

damos cuenta que sencillamente es el caudal Q de entrada multiplicado por la caída de presión ΔP a través del motor lo que se transforma en potencia en el eje. Este es un cálculo ideal pues no conocemos la eficiencia total (η_v y η_m), pero nos proporciona un valor conservativo para los cálculos.

Para conocer el volumen que barren las aspas por revolución, recurrimos a SOLID-EDGE. Digitalizamos fielmente el motor en el programa para que nos arrojará el volumen de aire entre las aspas, el resultado es el siguiente:

Según SOLID-EDGE el volumen total que separan las paletas es de 1977,92 mm³, y esto es igual al volumen desplazado por revolución:

$$V/_{rev} = 1977,92 \frac{mm^3}{rev} = 1,977 * 10^{-6} \frac{m^3}{rev}$$

Entonces el caudal requerido por el motor para girar a 14000 rpm es:

$$Q = 1,977 * 10^{-6} \frac{m^3}{rev} * 14000 \frac{rev}{min} = 0,0276 \frac{m^3}{min} = 27,7 Lpm$$

La presión máxima de operación es de 80 Psi (aproximadamente 6 bares), así que la potencia de entrega suponiendo eficiencia 100% es de:

$$W(Kw) = \frac{Q(lpm) * P(bar)}{600};$$

$$W = \frac{27,7 lpm * 6 bar}{600} = 0,277 Kw$$

Esto es poco mas de un tercio de caballo (0,37 hp).

3.5.2. Conducción de la potencia y DCLs.

Ahora seguiremos el recorrido que hacen los 0,277 Kw. de potencia que entrega el motor: Girando a 14000 rpm el Eje excéntrico recibe un torque de:

$$T(N - m) = \frac{W(Kw)}{\omega(rad / s)};$$

$$T = \frac{0,277 KN - m / s}{14000 \frac{rev}{min} * \frac{2\pi rad}{1 rev} * \frac{1 min}{60 seg}} = 0,1889 N - m$$

Para conocer la excentricidad "e" requerida para hacer oscilar el porta cuchilla 2° (0,035 rad), simplemente es necesario conocer la longitud "R" de la Horquilla desde su centro de rotación al punto de contacto con la leva:

$$R = 28,96 \text{ mm};$$

$$e = R * \theta = 28,96 \text{ mm} * 0,035 \text{ rad} = 1,01 \text{ mm}.$$

$$\text{De otra manera: } e = R * \text{sen } \theta = 28,96 \text{ mm} * \text{sen } 2^\circ = 1.01 \text{ mm}.$$

Planteamos sumatoria de torques sobre el eje longitudinal del Eje excéntrico:

$\Sigma T = I \cdot \alpha$; en el equilibrio con velocidad angular constante tenemos:

$$T - F * e = 0$$

Con una excentricidad de 1,20 mm la fuerza F sobre la protusión excéntrica y sobre la Horquilla es:

$$F = \frac{T}{e} = \frac{0,1889 N - m}{1,20 * 10^{-3} \text{ mm}} = 185. N .$$

Esta fuerza produce un torque que se transmite al Eje porta cuchilla igual a:

$$T_{portacuchilla} (N - m) = R(m) * F(N) .$$

$$T_{portacuchilla} = 28,96 * 10^{-3} m * 185 N = 5,35 N - m$$

3.5.3. Análisis inercial.

La alta frecuencia de oscilación de la herramienta supone que el torque requerido para moverla es considerable. La cuchilla barre 8° en un ciclo, partiendo con velocidad cero, se acelera y luego se frena para retornar a la

posición inicial. Este ciclo lo hace 233 veces por segundo así que su periodo es de $4,28 \cdot 10^{-3}$ seg.

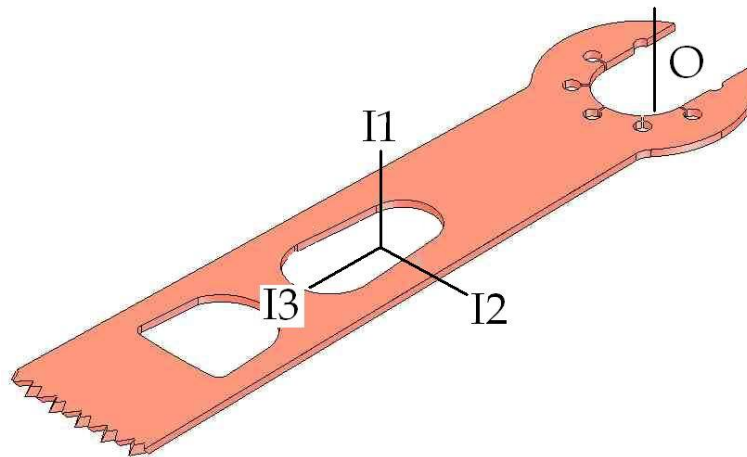
Para recorrer 4° se tarda medio periodo, esto es $2,14 \cdot 10^{-3}$ seg; aplicamos la ecuación de movimiento circular acelerado para medio ciclo y calcular la aceleración angular " α ":

$$\theta = \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$

$$\omega_0 = 0; \theta = 4^\circ; t = 2,14 \cdot 10^{-3} \text{ seg.}$$

$$\alpha(4^\circ) = \frac{2 \cdot 0,0698 \text{ rad}}{(2,14 \cdot 10^{-3} \text{ seg})^2} = 30412 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}.$$

Figura 5: Ejes principales de inercia de la cuchilla o herramienta.



Si hacemos sumatoria de torques en " O " (figura 5) igual al momento de inercia por la aceleración angular ($\sum T = I \cdot \alpha$), sabremos cual es el torque que se requiere para acelerar y frenar la cuchilla:

El momento de inercia alrededor del eje I_1 es igual a $23,4 \text{ Kg.} \cdot \text{mm}^2$ (dato suministrado por SOLID-EDGE), con el teorema de ejes paralelos lo trasladamos al eje " O ":

$$I_0 = I_1 + m \cdot h^2$$

Donde h es la distancia que existe entre el momento de inercia conocido y el que deseamos calcular y m la masa de la cuchilla.

$$I_0 = 2,34 * 10^{-5} \text{ Kg} - m^2 + (0,018 \text{ Kg})(49,45 * 10^{-3} \text{ m})^2$$

$$I_0 = 6,76 * 10^{-5} \text{ Kg} - m^2$$

Conocidos I_0 y α :

$$T_0 = I_0 \cdot \alpha = 6,76 * 10^{-5} \text{ Kg} - m^2 * 30412 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$$

$$T_0 = 2,1 \text{ N} - m .$$

En este punto el mecanismo entrega un máximo de 5,35 N-m, lo que quiere decir que aun tenemos 3,25 N-m para realizar la operación de corte.

3.6. FATIGA APLICADA A SECCIONES CRÍTICAS.

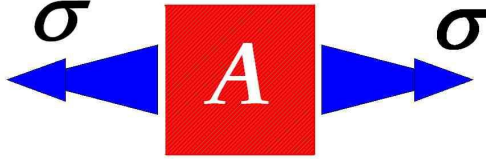
3.6.1. Justificación del método.

Las leyes de la fatiga de los metales aplicadas al diseño de elementos de maquinas mediante el análisis de las secciones criticas y su elemento finito critico sometido a esfuerzos normales y transversales, producto de sollicitaciones variables directas (axiales y transversales), flectoras y torsionales que, junto con los factores modificantes de la resistencia a la fatiga, permiten calcular un factor de seguridad haciendo uso de criterios o teorías de falla.

3.6.2. Análisis de diferencial critico para el Eje excéntrico.

Existen dos diferenciales, A y C, que están sometidos a los más altos esfuerzos debido a sus secciones transversales:

Figura 6: Diferencial A.



$$\sigma_A (Mpa) = \frac{M_A (N - m) * c(m)}{I(m^4)}$$

Donde: M_A es el momento en el diferencial A (figura 6); c la distancia desde el eje neutro al diferencial A medido paralelamente a la sección; I momento de inercia de la sección.

$$\sigma_A = \frac{(185N * 2,5 * 10^{-3} m)(2,5 * 10^{-3} m)}{\frac{1}{4} \pi (2,5 * 10^{-3} m)^4} = 37.68 Mpa$$

El esfuerzo cortante en el diferencial A ($\tau_A = 0$), esto es debido a la distribución del esfuerzo cortante en la sección. En el punto A es cero mientras que en el centro (diferencial B) es máximo.

$$\tau_B = \frac{V \cdot Q}{I \cdot t}$$

V : fuerza cortante;

Q : primer momento de área respecto al eje neutro,

I : momento de inercia de la sección respecto al eje neutro,

t : ancho de la sección transversal del miembro.

$$\tau_B = \frac{185N \cdot \left[\left(\frac{\pi}{4} * 5 * 10^{-3} m \right)^2 * \frac{1}{2} * \frac{4 * 2,5 * 10^{-3}}{3\pi} m \right]}{\frac{1}{4} \pi (5 * 10^{-3} m)^4 * 2,5 * 10^{-3} m} = 1.57 \text{ Mpa.}$$

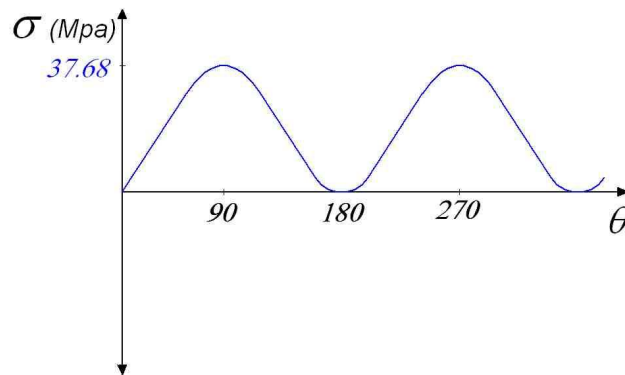
En este punto (diferencial B) el momento flector es cero así que el diferencial crítico sigue siendo A.

Cuando un elemento mecánico se ve sometido a una sola carga dinámica, basta con tomar el valor máximo y mínimo de ella para hallar sus esfuerzos máximo y mínimo. Pero cuando sobre el elemento mecánico actúan simultáneamente varias cargas, lo correcto es seleccionar uno o varios elementos finitos críticos y hacerle a cada uno de ellos su HISTORIA CLINICA DE ESFUERZOS, esto es, su diagrama de esfuerzo contra tiempo.

De estos diagramas se extraen los valores máximo y mínimo de los esfuerzos y posteriormente los alternos y los medios, necesario para aplicar en alguna teoría de falla.

Variación de los esfuerzos en el diferencial A según el ángulo de rotación (figura 7):

Figura 7: Esfuerzo flector vs. ángulo de rotación, diferencial A.



$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} = \frac{37,68.Mpa - 0}{2} = 18,84.Mpa .$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} = \frac{37,68.Mpa + 0}{2} = 18,84.Mpa .$$

3.6.2.1. Factores que afectan la resistencia a la fatiga "Se".

Las ecuaciones y valores que se obtendrán a continuación son producto del modulo de FATIGA FISURA PROGRESIVA.

Para el acero inoxidable AISI 420: **Sut = 75 Ksi = 515 Mpa.**

$Se = 0,5(Sut) = 275,5 Mpa.$

$K_I = 1,3$, flexión repetitiva.

$K_s = 0,9$, Maquinado fino.

$K_d = 1$, $0 < d = 5 \text{ mm} < 10,16$.

$K_T = 1$, temperatura de trabajo $< 71^\circ\text{C}$.

$K_c = 0,814$, confiabilidad del 99%.

$K_f = 1 + q (K_t - 1)$; $q = 0,72$, radio de entalladura: 1,5 mm

$K_t = 1,3$, $(r/d) = 0,3$; $(d/D) = 2$.

$K_f = 1 + 0,72 (1,3 - 1) = 1,21$

Los valores de "q" y de "Kt" dependen del radio de entalladura en el cambio de diámetro y la configuración general de la sección.

Resistencia o limite de endurancia para especimenes afectados (**Se'**):

$Se' = Se \cdot K_I \cdot K_s \cdot K_d \cdot K_T \cdot K_c = 275,5 Mpa \cdot 1,3 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot 1 = 260 Mpa.$

El valor de **Se'** se repite para el análisis de las siguientes piezas (Horquilla, Eje porta cuchilla) debido a que los factores que modifican el limite de

endurancia (K_l, K_s, K_d, K_T, K_c) son invariantes así como el acero a usar en cada uno de ellos.

3.6.2.2. Método Mises-Goodman para el cálculo del factor de seguridad.

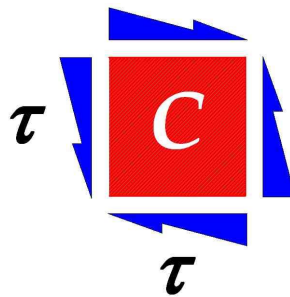
Esta es una de las formulas generales para el calculo del factor de seguridad "N" basada en el criterio de Mises-Goodman para carga combinada en fatiga en cualquier elemento diferencial de materia.

$$\frac{1}{N} = \left[\left(\frac{\sigma_m}{S_{ut}} + K_f \frac{\sigma_a}{S_{e'}} \right)^2 + 3 \left(\frac{\tau_m}{S_{ut}} + K_{fs} \frac{\tau_a}{S_{e'}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{1}{N_A} = \left[\left(\frac{18,84}{515} + 1.21 * \frac{18,84}{260} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}; N_A = 8$$

Diferencial C:

Figura 8: Diferencial C.



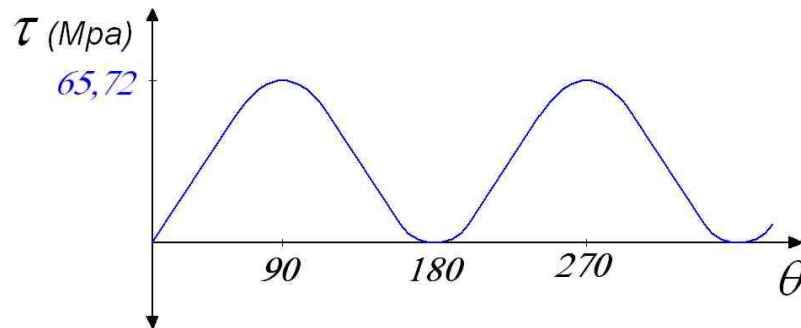
El esfuerzo torsor para una sección cuadrada es:

$$\tau = \frac{4.81.T}{a^3}$$

a: ancho de la sección.

$$\tau_c = \frac{4.81 * 0.1889 N - m}{(2,4 * 10^{-3} m)^3} = 65,72 Mpa$$

Figura 9: Esfuerzo cortante vs. ángulo de rotación, diferencial C.



Tao alterno y Tao medio para el diferencial C:

$$\tau_a = 32,86 Mpa$$

$$\tau_m = 32,86 Mpa$$

$$Se' = Se \cdot K_1 \cdot K_s \cdot K_d \cdot K_T \cdot K_c = 275,5 Mpa * 1.3 * 0.9 * 1 * 0.814 * 1 = 260 Mpa.$$

$$Kfs = 1 + q (K_t - 1); \quad qs = 0.68, \text{ radio de entalladura: } 1 \text{ mm}$$

$$Kts = 1.12, (r/d) = 0.41; (d/D) = 0.35$$

$$Kfs = 1 + 0.68 (1.12 - 1) = 1.08$$

En este caso usaremos el criterio de GOODMAN el cual es más adecuado para secciones a torsión:

$$\frac{1}{N} = \left[\left(\frac{\sigma_m}{Sut} + Kf \frac{\sigma_a}{Se'} \right)^2 + \left(\frac{\tau_m}{Sus} + Kfs \frac{\tau_a}{Ses'} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$Sus = 0.8 * Sut = 0.8 * 515 Mpa = 412 Mpa \text{ (resistencia ultima al corte)}$$

Ses' = Limite de durancia con factor de carga K_1 torsional pura:

$$Ses' = Se \cdot K_I (\text{torsión pura}) \cdot K_s \cdot K_d \cdot K_T \cdot K_c = 275,5 \text{ Mpa} \cdot 0,81 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,814 \cdot 1$$

$$Ses' = 163,2 \text{ Mpa}$$

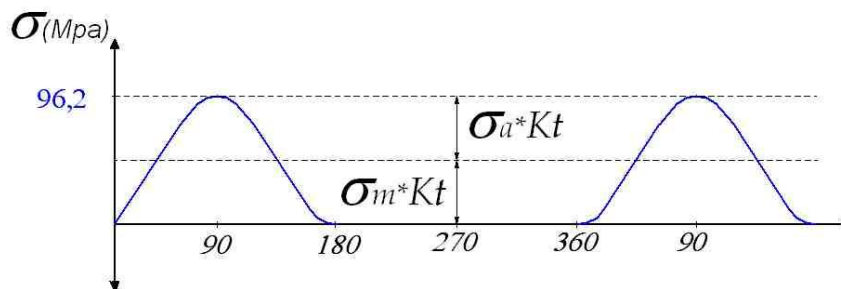
$$\frac{1}{N_c} = \left[\left(\frac{32,86}{412} + 1,08 \frac{32,86}{163} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} ; N_c = 3,3$$

3.6.3. Análisis del diferencial crítico para la Horquilla.

La configuración de las zonas donde se están los diferenciales que vamos a analizar no son comparables a las encontradas en las graficas de concentradores de esfuerzos, así que nos ayudaremos del software de elementos finitos COSMOS Design Star 3.0, con el cual encontraremos el esfuerzo en estos diferenciales que ya incluye el concentrador:

El esfuerzo máximo según la teoría de VON MISES usada por el software y que incluye el factor de concentración de fuerza es de 92,6 Mpa. Para nosotros esto será: $(\sigma_{max} * Kt)$. El factor de seguridad fue de 2.2.

Figura 10: Esfuerzo flector afectado vs. ángulo de rotación, diferencial D.



Encontraremos ahora los esfuerzos *nominales* de esta sección:

Las dimensiones de la sección donde se encuentra "D" son: 6,5 mm de alto; 8,9 mm de ancho:

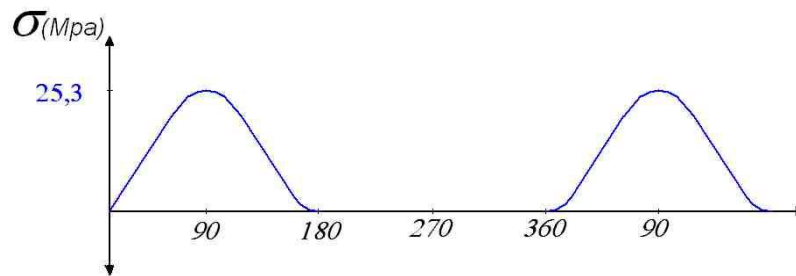
$$\sigma_D (Mpa) = \frac{M_d (N - m) * c(m)}{I(m^4)}$$

$$\sigma_D = \frac{(185N * 11,7 * 10^{-3} m)(4,4 * 10^{-3} m)}{\frac{1}{12} (6,5 * 10^{-3} m)(8,9 * 10^{-3} m)^3} = 25,3.Mpa$$

Figura 11: Diferencial D.



Figura 12: Esfuerzo flector nominal vs. ángulo de rotación, diferencial D.



Sigma medio y sigma alterno para el diferencial D

$$\sigma_a = \sigma_m = 12,6.Mpa .$$

El esfuerzo cortante en D es cero y máximo en el centro:

$$\tau_{centro} = \frac{V.Q}{I.t} ;$$

$$\tau_{centro} = \frac{185N.[4,4 * 10^{-3} m * 6,5 * 10^{-3} m](2,2 * 10^{-3} m)}{\frac{1}{12} (6,5 * 10^{-3} m)(8,9 * 10^{-3} m)^3 * 6,5 * 10^{-3} m} = 4,68.Mpa$$

Como en el centro el momento flector es cero, los diferenciales críticos se encuentran en los bordes de la sección.

$$Se' = Se \cdot K_l \cdot K_s \cdot K_d \cdot K_T \cdot K_c = 275,5 \text{ Mpa} \cdot 1.3 \cdot 0.9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.814 = 260 \text{ Mpa}.$$

Conocido " $\sigma_a \cdot Kt$ ", descompondremos el termino " $\sigma_a \cdot Kf$ " contenido en la teoría de falla de Mises Goodman:

$$Kf \cdot \sigma_a = [1 + q(Kt - 1)] \cdot \sigma_a$$

Con $q = 0,85$ y $\sigma_a \cdot Kt = 48,1 \text{ Mpa}$, tenemos:

$$Kf \cdot \sigma_a = (\sigma_a) + q(Kt \cdot \sigma_a) - (q \cdot \sigma_a);$$

$$Kf \cdot \sigma_a = (12,6) + 0.85(48,1) - (0.85 \cdot 12.6) = 42,75 \text{ Mpa}$$

Aplicando Mises Goodman, tenemos:

$$\frac{1}{N} = \left[\left(\frac{\sigma_m(nomi)}{Sut} + \frac{(Kf \cdot \sigma_a)}{Se'} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{1}{N_D} = \left[\left(\frac{12,6}{515} + \frac{42,75}{260} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} ; N_D = 3,5$$

Comparando el factor de seguridad que arrojó el software con N_D , vemos que fue bastante conservativo. Con este análisis no es necesario debatir acerca del diferencial E , el cual no presenta ningún riesgo.

3.6.4 Análisis de diferencial crítico para el eje porta-cuchilla.

$$V_{max} = 103.5 \text{ N}; M_{max} = 0.86 \text{ N-m}; T_{max} = 5.35 \text{ N-m}$$

A continuación estudiaremos los siguientes 2 diferenciales (F y G) considerados críticos, inicialmente, debido a sus pequeños radios de entalladura y a que se encuentran en la zona de mayor sollicitud de esfuerzos.

Diferencial F:

$$\tau_F = \frac{T \cdot \rho}{J} = \frac{5,35 \text{ N-m} \cdot 4 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{\frac{\pi}{2} \left[(4 \cdot 10^{-3} \text{ m})^4 - (1,5 \cdot 10^{-3} \text{ m})^4 \right]} = 54,29 \text{ Mpa}.$$

Figura 13: Diferencial F.

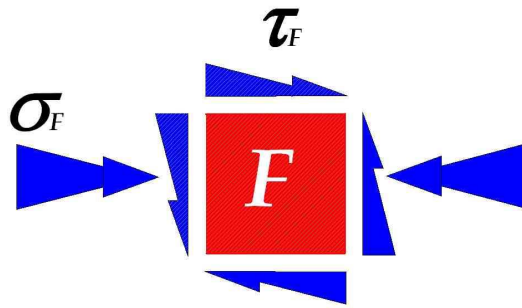
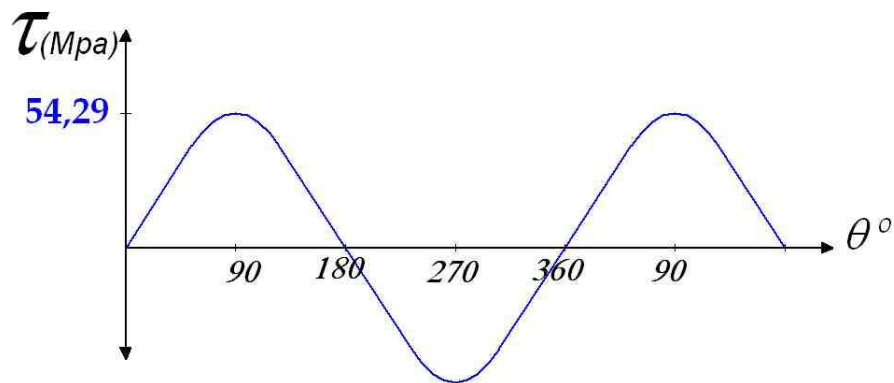


Figura 14: Esfuerzo cortante vs. ángulo de rotación, diferencial F.



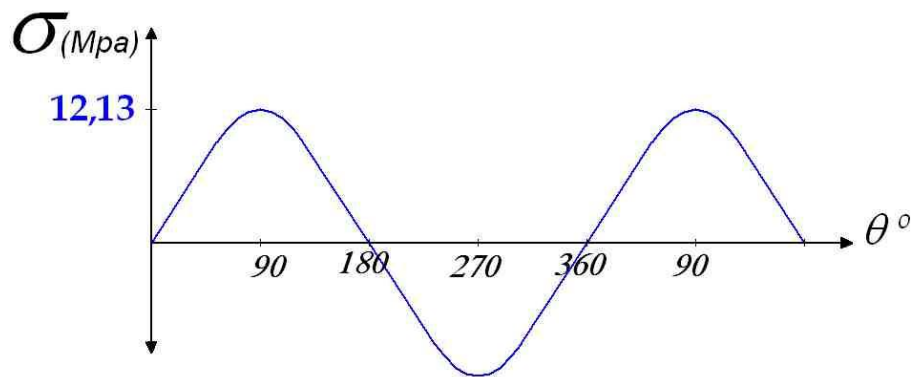
$$\tau_a = \frac{\tau_{max} - \tau_{min}}{2} = \frac{54,29 \text{ Mpa} - (-54,29 \text{ Mpa})}{2} = 54,29 \text{ Mpa}.$$

$$\tau_m = \frac{\tau_{\max} + \tau_{\min}}{2} = \frac{54,29\text{Mpa} + (-54,29\text{Mpa})}{2} = 0$$

$$M_F = 0,61 \text{ N-m}$$

$$\sigma_F = \frac{M_F * c}{I} = \frac{(0,61\text{N} - \text{m})(4 * 10^{-3} \text{m})}{\frac{1}{4} \pi * [(4 * 10^{-3})^4 - (1,5 * 10^{-3})^4] \text{m}^4} = 12,13\text{Mpa}$$

Figura 15: Esfuerzo flector vs. ángulo de rotación, diferencial F.



$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} = \frac{12,13\text{Mpa} - (-12,13\text{Mpa})}{2} = 12,13\text{Mpa}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} = \frac{12,13\text{Mpa} + (-12,13\text{Mpa})}{2} = 0.$$

$$S_e' = 260 \text{ Mpa.}$$

$$K_{fs} = 1 + q_s (K_{ts(\text{hueco})} - 1); \quad q_s = 0,5, \text{ radio de entalladura: } 0,2\text{mm}$$

Debido a que el eje es canulado debemos calcular el factor de concentración de esfuerzo $K_{ts}(\text{hueco})$ con la siguiente ecuación:

$$K_{ts(\text{hueco})} = \alpha (K_{ts(\text{sólido})} - 1) + 1$$

$$\alpha = 0,97; (r/d) = 0,025, (d_1/d) = (3/8) = 0,375$$

$$K_{ts(\text{sólido})} = 1,8, (d/D) = 0,8$$

$$K_{ts(\text{hueco})} = 0,97 (1,8 - 1) + 1 = 1,77$$

$$K_{fs} = 1 + 0.5 (1.77 - 1) = \mathbf{1.38}$$

$$K_f = 1 + q (K_t - 1); \quad q = 0.45$$

$$K_t = 1.1$$

$$K_t = 1 + 0.45 (1.1 - 1) = \mathbf{1.045}$$

Mises-Goodman para el cálculo del factor de seguridad.

$$\frac{1}{N} = \left[\left(\frac{\sigma_m}{S_{ut}} + K_f \frac{\sigma_a}{S_e} \right)^2 + 3 \left(\frac{\tau_m}{S_{ut}} + K_{fs} \frac{\tau_a}{S_e} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{1}{N_F} = \left[\left(1.045 * \frac{12,13}{260} \right)^2 + 3 \left(1.38 * \frac{54,29}{260} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} ; N_F = 2$$

Diferencial G:

$$\tau_G = \frac{T \cdot \rho}{J} = \frac{5,35N - m * 4,8 * 10^{-3} m}{\frac{\pi}{2} \left[(4,8 * 10^{-3} m)^4 - (1,5 * 10^{-3})^4 \right]} = 31,1.Mpa$$

Figura 16: Diferencial G.

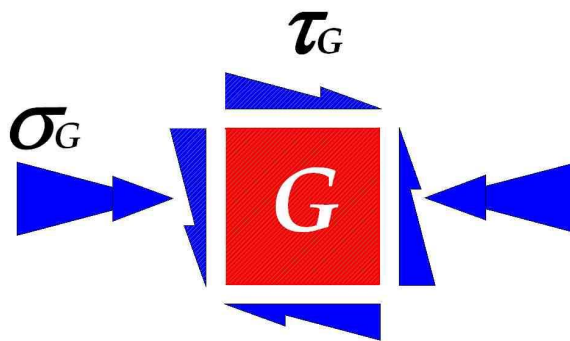
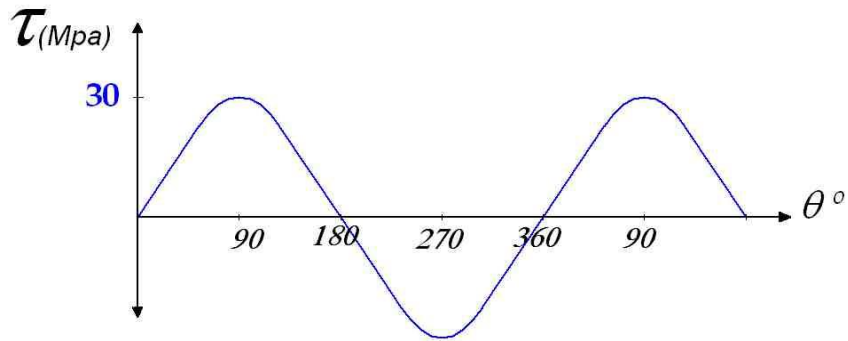


Figura 17: Esfuerzo cortante vs. ángulo de rotación, diferencial G.



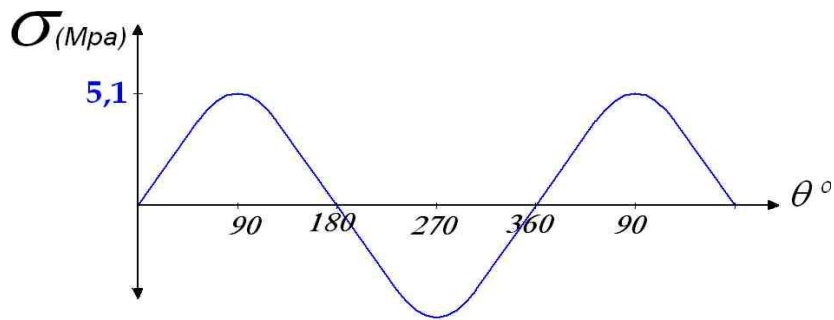
$$\tau_a = \frac{\tau_{\max} - \tau_{\min}}{2} = \frac{31,1\text{Mpa} - (-31,1\text{Mpa})}{2} = 31,1.\text{Mpa}$$

$$\tau_m = \frac{\tau_{\max} + \tau_{\min}}{2} = \frac{31,1\text{Mpa} + (-31,1\text{Mpa})}{2} = 0$$

$$M_G = 0,44 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$\sigma_F = \frac{M_F * c}{I} = \frac{(0,44\text{N}\cdot\text{m})(4,8 * 10^{-3} \text{ m})}{\frac{1}{4} \pi * [(4,8 * 10^{-3})^4 - (1,5 * 10^{-3})^4] \text{ m}^4} = 5,1.\text{Mpa}$$

Figura 18: Esfuerzo flector vs. ángulo de rotación, diferencial G.



$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} = \frac{5,1\text{Mpa} - (-5,1\text{Mpa})}{2} = 5,1.\text{Mpa}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} = \frac{5,1\text{Mpa} + (-5,1\text{Mpa})}{2} = 0.$$

$$S_e' = 260 \text{ Mpa}.$$

$$K_{fs} = 1 + q_s (K_{ts \text{ (hueco)}} - 1); \quad q_s = 0.5, \text{ radio de entalladura: } 0,2\text{mm}$$

$$K_{ts \text{ (hueco)}} = \alpha (K_{ts \text{ (sólido)}} - 1) + 1$$

$$\alpha = 0.98; (r/d) = 0.02, (d_1/d) = (3/9,6) = 0,31$$

$$K_{ts \text{ (sólido)}} = 1.85, (r/d) = 0.02, (d/D) = 0.96$$

$$K_{ts \text{ (hueco)}} = 0.98 (1.85 - 1) + 1 = 1.83$$

$$K_{fs} = 1 + 0.5 (1.83 - 1) = \mathbf{1.41}$$

$$K_f = 1 + q (K_t - 1); \quad q = 0.45$$

$$K_t = 2.5$$

$$K_f = 1 + 0.45 (2.5 - 1) = \mathbf{1.675}$$

Mises-Goodman para el cálculo del factor de seguridad.

$$\frac{1}{N_G} = \left[\left(1.675 * \frac{5,1}{260} \right)^2 + 3 \left(1.41 * \frac{31,1}{260} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}; \quad N_G = \mathbf{3,37}$$

El diferencial mas solicitado según el análisis anterior es el "F" con un factor de seguridad de **2.0**; este resultado se tendrá en cuenta en el momento de la manufactura de la pieza.

3.7. AJUSTES Y SELLOS.

Además de las propiedades mecánicas y físicas de los materiales, otros factores que determinan el desempeño de los productos manufacturados incluyen las dimensiones y superficie de sus componentes. Las dimensiones son importantes porque determinan la efectividad del ajuste entre los componentes durante un ensamble.

Un gran porcentaje del éxito de este nuevo diseño, radica en el ajuste Horquilla - Eje porta cuchilla y del tiempo que estas piezas permanezcan así.

3.7.1. Ajuste “Horquilla - Eje porta cuchilla”.

La Horquilla fue diseñada para ensamblarse con el Eje porta cuchilla por medio de un TREBOLADO, así llamado en el medio a este tipo de acople.

Las dimensiones del agujero y del eje deben ser indicadas con cuatro decimales, esto es, en diezmilésimas de milímetros; sin embargo localmente solo se trabaja tres decimales. Los radios que conforman el “trébol” dependen de las dimensiones de los círculos inscritos y circunscritos del mismo, así que escalamos el trébol estándar a los diámetros que teníamos disponibles en esta parte del eje. El acople provee excelente ajuste, bloqueo rotacional a las piezas y permite su montaje y desmontaje.

Cuando se fabrica un componente es casi imposible y muy costoso hacer las partes con las dimensiones exactas que se dan en los dibujos. En su lugar admitimos variaciones de las dimensiones o tolerancias. La manufactura de un modelo o prototipo difiere de la de una maquina hecha en serie en esta parte, debido al desgaste que presentan las herramientas o cualquier desajuste que pueda presentar la maquina herramienta o el montaje de la siguiente pieza. Todo esto hace que las dimensiones de dos piezas “iguales” difieran levemente, así que para nuestro caso se especificaron las tolerancias solamente teniendo en cuenta nuestros requerimientos de montaje: Con relación a los rodamientos se especificó en los planos una tolerancia de una a dos centésimas de milímetro ($0.01-0.02 \text{ mm}$) por encima de la dimensión nominal en los alojamientos, y de 5 milésimas (0.005 mm) por debajo a las dimensiones nominales de los ejes.

3.7.2. SELLOS.

Los sellos o empaques son una parte importante de cualquier diseño mecánico, en nuestro caso lo es aun mas pues debemos minimizar las fugas desde o hacia el interior del equipo.

La selección de nuestro sistema de sellos depende de la función que debe cumplir. Una de ellas es sellar alrededor de un eje giratorio como el Eje porta cuchilla de nuestro diseño, proteger de cojinetes de las piezas giratorias para mantener sustancias contaminantes lejos de los rodamientos o sellar en condiciones estáticas las piezas que enroscan con la carcasa, las cuales deben cerrar herméticamente.

Es necesario hacer uso de elementos de sellado como los O-rines, los cuales se encargan de obstruir el paso de fluidos corporales, emulsiones de esterilización y vapor (cuando se ingresa el equipo a los autoclaves) al interior del mismo o el del lubricante a salir de él.

Las dimensiones de los alojamientos son las recomendadas por el catalogo de O-rines, acatando la recomendación de contracción o encogimiento del 10%, y se trabajaran con aquellos que se consiguen mas fácilmente en el medio.

Más adelante se detallaran los O-rines con sus dimensiones, material, etc.

4. MANUFACTURA.

Los procesos de manufactura pueden dividirse en dos tipos básicos:

- Operaciones de procesos.
- Operaciones de ensamble.

En las operaciones de proceso se transforma el material de trabajo de una etapa a otra más avanzada que lo sitúa cerca del estado final deseado para el producto.

Esto le agrega valor al cambiar la geometría, las propiedades o la apariencia del material inicial. Las operaciones de ensamble unen dos o más componentes para crear una nueva entidad llamada conjunto o ensamble.

La selección de los porta herramientas, insertos, velocidades de corte, profundidades y avances fueron extraídas de los catálogos de **ISCAR**; además se hace uso de recomendaciones del ingeniero mecánico LEONARDO JAIMES QUIROZ, persona con amplia experiencia en la industria metalmecánica.

Las condiciones de corte (V_c , a , y d) para refrentado, desbaste y acabado superficial son las mismas para el acero inoxidable 420 al ser trabajado con el grado de los insertos seleccionados.

En resumen tenemos:

Tabla 2: Cilindrado exterior.

Acero inoxidable 420.					
Operación	Condiciones de corte			Porta-herramienta	Inserto*
	V_c (m/min)	a (mm/rev)	d (mm)		
Refrentado	120	0.2	0.8	MWLNR/L 2525M	WNMG 080408TF
Desbaste	120	0.25	4 máx.	PDJNR/L 2525M	DNMG 150608TF
Acabado	150	0.08	0.5	SVJNR/L 2525M	VNMG 12T302NF

*Grado de los insertos: IC 9025

Tabla 3: Cilindrado interior.

Acero inoxidable 420.								
Porta		Insertos	Desbaste			Acabado		
	\varnothing_{\min} (mm)		V_c	a	d	V_c	a	d
SWUBR/I-06	11	WBMT060102**	65	0.08	0.5	80	0.05	0.3
STLPR/L-11	14	TPMT110204*	90	0.1	1	120	0.08	0.5
PWLNR/L-06	20	WNMG06T302*	130	0.18	1	150	0.08	0.3

* Grado inserto: IC9025

** Grado inserto: IC354

Tabla 4: Herramientas de roscado

Acero inoxidable 420.			
Exterior		Interior	
Porta-herramienta	Inserto	Porta-herramienta	Inserto
SER/L 2525M16	16 ERM AG60	SIR/L 0016P16	16 IRM A60

4.1. Tratamiento térmico.

El tratamiento térmico es un proceso de manufactura que involucra varios procesos de calentamiento y enfriamiento para efectuar cambios estructurales en las piezas, las cuales mejoraran sus propiedades mecánicas.

4.1.1. Proceso del tratamiento térmico.

El tratamiento térmico que se realizó en la empresa IMATT LTDA. (Autopista Girón Km. 6) para formar martensita consiste en dos pasos: Austenización y temple. A estos pasos le sigue un revenido para producir martensita revenida. La transformación a austenita implica calentar el acero a una temperatura entre 980 y 1000 °C por un periodo de tiempo de 30 min o mas para permitir que se forme la nueva fase y alcance la homogeneidad de composición requerida. Seguido a esto se realiza el temple, esto implica el enfriamiento de la austenita en baño de sales agitadas para que la temperatura descienda lo suficientemente rápido hasta los 400 °C (esto se debe al tamaño de las piezas, pues de no ser así pueden presentarse distorsión, grietas o esfuerzos internos).

La martensita obtenida es dura y frágil, así que se practican dos revenidos sucesivos para reducir la fragilidad, incrementar su ductilidad y tenacidad y aliviar los esfuerzos en la estructura de la martensita.

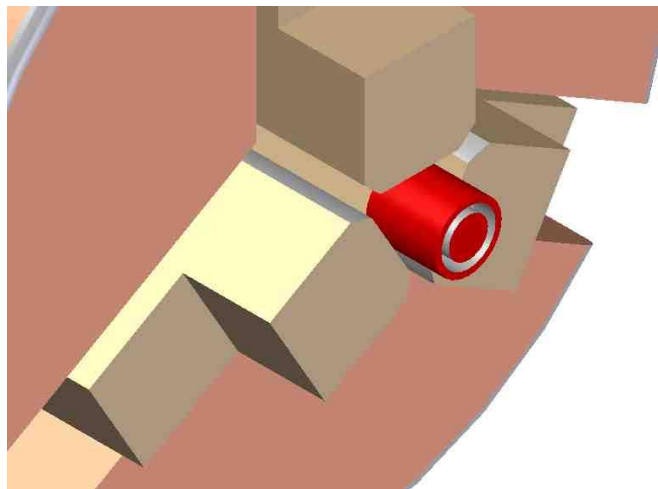
El tratamiento implica calentamiento a 150 °C (ver anexo E) durante una hora, seguido de un enfriamiento lento allí mismo en el horno, el resultado es la precipitación de partículas muy finas de carburo de la solución martensítica hierro-carbono y la transformación gradual de la estructura cristalina tetragonal centrada en el cuerpo a cúbica centrada en el cuerpo. Esta nueva estructura se llama martensita revenida. Una ligera reducción en resistencia y dureza producen una mejora en ductilidad y tenacidad.

4.2. Botón.

Se necesita una barra de 16 mm de diámetro y 16 mm de largo para esta pieza que será trabajada solo en torno.

Una vez refrentado y centrado, sigue el desbaste y acabado de la superficie exterior, para luego maquinar el cilindro negativo que da cabida al resorte (figura 19), para el cual se afila un buril de HSS teniendo en cuenta el ancho y el radio de la ranura.

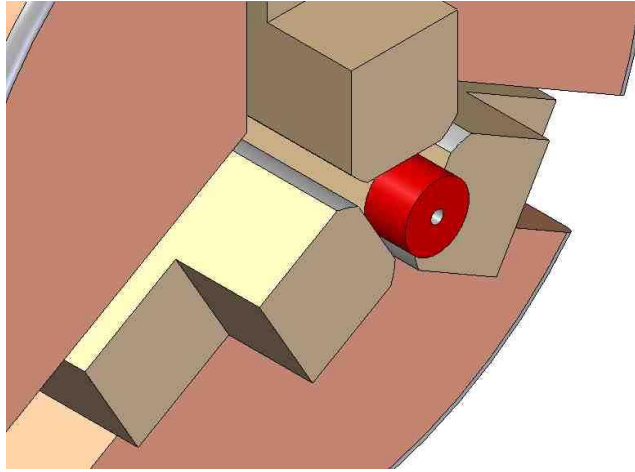
Figura 19: Cilindrado, Botón.



Se realizan dos taladrados concéntricos: uno central pasante con broca de HSS de $7/64''$ a 1400 rpm; el otro con broca de 3 mm una profundidad de 8,7 mm.

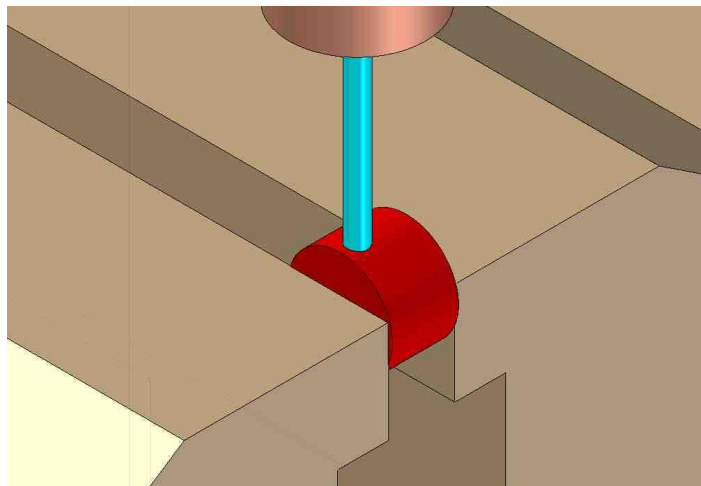
Luego de esto la pieza es volteada y refrentada en esta cara para definir su longitud de 9,7 mm (figura 20).

Figura 20: Refrentado, Botón.



Se práctica un agujero con la broca de 2.5 mm en el montaje de la figura 21, para entrar con el macho de roscar M3x0.5 hasta el radio del cilindro.

Figura 21: Roscado con macho M3, Botón.



4.3. Accesorios comerciales.

4.3.1. Rodamientos inoxidables.

El mecanismo requiere rodamientos rígidos de bolas, según la solicitud de cargas sobre ellos.

4.3.2. Resorte.

Fueron fabricados dos resortes en alambre inoxidable de Ø 1.25 mm.

4.3.3. Bristol para el botón.

Comercialmente se puede adquirir el brístol M3x10 sin cabeza en acero inoxidable.

4.3.4. O-rings.

El sistema de sellado del cabezal requiere de O-rings los cuales deben soportar las altas temperaturas del autoclave y cualquier líquido esterilizante usado.





La bibliografía recomienda: Etileno-propileno, fluorocarbono, poliacrilato, silicón o fluoroelastomero fosfonitrílico.

4.3.5. Chavetas de retención.

Se usaron 4 anillos de retención internos.

En la siguiente tabla se especifican las chavetas de retención:

Tabla 5: Especificaciones de las chavetas de retención.

Numero	Conf.	Ø eje (mm)	Ø ranura(mm)	Ancho ranura(mm)
1		9	8,6	1.1
2		5	4.1	0.85
3		8	7.6	0.9
4		10	9.6	1.1

Todos los anillos de retención pasaron por un proceso de recubrimiento con cromoduro para detener cualquier signo de corrosión. Con esto superamos la dificultad, para efectos de prototipado, de conseguir o importar chavetas inoxidable.

5. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

Después de hacer el montaje que se requiere para poner en funcionamiento la sierra, esto es, acople de los manómetros de alta y baja con la bala de nitrógeno, tarar el manómetro de baja a 100 Psi (el motor trabaja a 80 Psi, así que esto contempla la caída de presión en el camino) y acoplar la manguera a la bala y a la sierra, se practicaron cortes sucesivos sobre huesos de vaca en condiciones diferentes.

El primero, totalmente deshidratado, opone mayor resistencia al corte; el segundo recién extraído a pocas horas de muerto el animal, resulta ser más suave o blando imitando aproximadamente las condiciones reales de operación del equipo.

Trabajamos así la sierra un tiempo prolongado (aproximadamente 2 horas) en comparación con el requerido para una cirugía de cadera por ejemplo, con el fin de observar el comportamiento del equipo en lo referente a su temperatura máxima de operación (la cual alcanzó los 44 °C), ruido, niveles de vibración y al desgaste inicial de los componentes del mecanismo de oscilación.

En ambos casos la sierra mostró óptimos resultados a la hora de desbastar el material óseo vacuno, aunque la cuchilla usada para la prueba ostenta media vida y su filo está un poco por debajo del de las herramientas usadas en cirugía. Los niveles de vibración son comparables al cabezal de la sierra de reemplazo; se disminuyó en un 30 % la temperatura máxima de operación y hubo una perceptible disminución del ruido.

Se realizaron pruebas de igual duración e iguales solicitudes de corte, con diferentes camisas: una en bronce SAE 65 y la otra en acero inoxidable AISI 420.

Luego desarmamos el cabezal y encontramos que ambas camisas tienen tasas de desgaste altas en los primeros minutos, pero inmediatamente después se estabilizan de manera que se vuelve imperceptible.

No podemos determinar en tan corto tiempo cual de las camisas se comportará mejor en el largo plazo, por lo que el personal de mantenimiento de la empresa estará en espera de determinarlo en las primeras intervenciones de mantenimiento preventivo.

6. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

El mantenimiento preventivo consiste en la inspección, periódica y armónicamente coordinada, de los elementos propensos a fallas y la corrección antes de que esto ocurra.

Los elementos básicos del mantenimiento preventivo son:

- Partes a inspeccionar.
- Instante en que debe inspeccionarse.
- Control sobre el cumplimiento de la inspección.

6.1. Registro de equipo.

Este es el documento que identifica, ubica y describe completamente el equipo. La idea es que este registro contenga toda la información técnica del equipo que sea útil para las actividades del mantenimiento.

La tabla 6 muestra el formato a utilizar para el registro de las sierras. Además de los datos consignados en el registro, debemos conocer cuales son los repuestos críticos del equipo.

Debemos prestar especial cuidado, a la hora de realizar la inspección, a las piezas encargadas de transmitir la potencia y los ajustes entre ellas.

Tabla 6: Registro de equipo.



REGISTRO DE EQUIPO	
<i>Nombre:</i>	<i>Numero:</i>
<i>Marca:</i>	<i>Ubicación:</i>
<i>Modelo:</i>	<i>Fecha recepción:</i>
<i>Código del equipo:</i>	<i>Fecha inicio:</i>
<i># de inventario:</i>	<i>Centro de costo:</i>
DATOS TECNICOS	
<i>Dimensiones:</i>	<i>Ángulo de oscilación:</i>
<i>Velocidad de oscilación:</i>	<i>Presión de operación:</i>
<i>Servicios requeridos:</i>	<i>Presión:</i>
	<i>Caudal:</i>
	<i>Temperatura:</i>
<i>Motor.</i>	<i>Tipo:</i>
	<i>RPM:</i>
	<i>Potencia máx</i>
	<i>Lubricación:</i>
EQUIPO AUXILIAR	
<i>Accesorios.</i>	
<i>Herramientas.</i>	<i>Cuchilla:</i>
	<i>Cuchilla:</i>
	<i>Cuchilla:</i>

6.2 Programa de inspección.

La inspección es el elemento fundamental del Mantenimiento Preventivo consiste en observar cuidadosa y detenidamente el estado del elemento en cuestión, buscando desgastes, desajustes, piquetes, erosiones, grietas o fisuras, etc., y registrar detalladamente las observaciones en cuadros destinados para tal fin.

Inicialmente debemos establecer la frecuencia de inspección o período de tiempo transcurrido entre dos inspecciones consecutivas. Hay que tener en cuenta que la inspección excesiva es un gasto innecesario y puede involucrar más tiempo ocioso que un paro en emergencia. Sin embargo la sub-inspección produce más paros y más reemplazos anticipados; de ahí que deba buscarse la frecuencia correcta para lograr el equilibrio.

La frecuencia de inspección depende de los siguientes factores:

- *Edad condición y valor:* Este es un equipo nuevo, recién ensamblado. Sin embargo la curva modo de fallo contra tiempo para equipos nuevos, advierte una mayor posibilidad de falla al inicio de la vida operativa.
- *Horas de operación:* La demanda de las sierras oscilante es muy voluble, de manera que no hay regularidad en el tiempo de operación. Supondremos una severidad de servicio media, relativa a las temporadas de demanda alta y baja.
- *Confiabilidad:* A mayor seguridad de operación más corto debe ser el ciclo. Esta en juego la calidad del servicio prestado por parte de la empresa.

- *Susceptibilidad de deterioro:* El hecho de ser un equipo en préstamo, asociado a los implantes que la empresa vende, las personas que operan la sierra no tienen el más mínimo cuidado con ella. Esto puede deberse, entre otras cosas, al estrés que se maneja en una cirugía.
- *Precisión de los ajustes.*

De acuerdo a estos parámetros y a un agudo estudio por parte de las directivas y el personal de mantenimiento, se estableció la frecuencia de inspección a 1 mes.

A continuación trataremos las actividades fundamentales del mantenimiento que deberán ser hechas al equipo en cada intervención.

Actividades de conservación: Incluye el conjunto de actividades encaminadas a preservar el buen estado del equipo:

- *Limpieza general:* Para la limpieza de todas las partes, excepto los sellos O, puede utilizarse cualquier líquido desengrasante como varsol, silicona, solvente desengrasante CHEMSEARCH ND-165 o el agente desprendedor a base de Polisiloxane SILA-CHEM.
- *Ajustes:* Comprobar que no hayan juegos o excesiva holgura entre componentes.
- *Lubricación:* Lubricar los rodamientos que no tengan sello, lubricar el motor.

- *Apriete de Tuercas y Tornillos:* Verificar que no este suelto o flojo ningún tornillo o tuerca.

Actividades de inspección: Observación y toma de datos sobre el estado actual o condición de cada una de las partes del equipo. Puede realizarse a través de los sentidos humanos (vista, oído, olfato y tacto) o por intermediación instrumental:

- *Inspección de piezas:* Inspeccionar cada pieza del mecanismo, haciendo énfasis en las encargadas de transmitir la potencia.
- *Inspección de sellos O:* Verificar el buen estado de los sellos. Deben estar exentos de picaduras, ralladuras o cualquier síntoma de deterioro.
- *Inspección de rodamientos:* Verificar el buen estado de los rodamientos.

6.3. Informes de inspección.

Todas las actividades realizadas en el Programa de Inspección deben condensarse en la Hoja de Vida del equipo, en la cual se hace una recopilación histórica de los trabajos de mantenimiento realizados, resumiendo cada actividad. La Hoja de Vida sirve de puente entre la acción del mantenimiento y el diagnóstico o análisis de fallas. La tabla 7 muestra el formato a utilizar para La Hoja de Vida de las sierras.

Tabla 7: Hoja de vida de equipo.



HOJA DE VIDA DE EQUIPO	
<i>Nombre: Sierra oscilante</i>	<i>Código:</i>
<i>Fecha del trabajo:</i>	<i>Centro de costo:</i>
<i>Tipo de mantenimiento:</i>	
<i>Descripción del trabajo:</i>	
<i>Componentes intervenidos:</i>	
<i>Observaciones:</i>	
<i>Ejecutó:</i>	

Firma.

6.4. Recomendaciones sobre el programa de mantenimiento preventivo.

Cuando se presente un daño, no solo se haga mantenimiento correctivo, sino que se haga el mantenimiento preventivo más cerca en programación, aprovechando la parada del equipo.

Que la persona encargada de reportar los trabajos realizados explique en cada uno de ellos los repuestos que fueron cambiados, las calibraciones o medidas tomadas, el estado actual de cada una de las partes de que constan los equipos, para que se tengan en cuenta en la programación siguiente.

Si un trabajo no se pudo realizar en la fecha indicada la persona encargada de elaborar las listas de trabajo, debe ser consciente y programar dicho trabajo en la siguiente lista de trabajos, ya que la programación da margen a gran flexibilidad y permite esto. Estas listas las elaborará la persona encargada de llevar el control de los cuadros de mantenimiento.

CONCLUSIONES

- i. Se simplificó satisfactoriamente el mecanismo de oscilación de la sierra neumática, reproduciendo el movimiento de la herramienta de manera más simple, eliminando la unión tipo cardanica y por ende el movimiento adicional que se producía. De esta manera tenemos menos puntos de rozamiento entre piezas lo que demostró un menor calentamiento.
- ii. Fue implementado un dispositivo para sujetar la herramienta de igual versatilidad que el anterior, pero mucho más sencillo en su concepción, lo que facilitará la operación de mantenimiento: desmontaje y montaje.
- iii. Fue cumplida la meta propuesta con la empresa Quirúrgicos Especializados S.A. de dotar a las sierras con cabezales oscilantes confiables y duraderos que permitan dar seguridad y garantías a los clientes, basados en un diseño simple, compacto y robusto capaz de soportar el uso y abuso que se presenta en el estrés de la cirugía. Todo esto sin dejar de lado su funcionalidad y mantenibilidad, basados en los buenos resultados arrojados por las pruebas de operación
- iv. Demostramos estar preparados para afrontar cualquier problema de diseño, aun en áreas poco conocidas como son los instrumentales quirúrgicos potencializados.
- v. Comprobamos que es fundamental en este tipo de proceso, llegar al prototipo de la maquina que se este diseñando, ya que en el camino se

encuentran inconvenientes y situaciones que son imposibles de contemplar con el diseño solo en el papel.

BIBLIOGRAFÍA

DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS, Segunda edición.
Robert L. Mott, México: Prentice Hall 1995.

FATIGA, FISURA PROGRESIVA.
Alfredo Parada Corrales, Ing. Mecánico.
Edición 2000B, Bucaramanga, Colombia.

FUNDAMENTOS DE MANUFACTURA MODERNA, Materiales, Procesos y
Sistemas. Mikell P. Groover, México: Prentice Hall 1997.

ISCAR IN-TERACTIVE. CATALOGO VIRTUAL ISCAR: CD.
Metric versión, march 2002

MECÁNICA DE MATERIALES, Tercera Edición.
R. C. HIBBELER, México: Prentice Hall 1998.

O RING CATALOGUE, DOWTY O RINGS INTERNACIONAL.
Part 2 - range of O rings and Anti-extrusion Rings with housing data.
John Crane.

PREFERRED LIMITS AND FITS FOR CYLINDRICAL PARTS.
ASME B4.167, USA Standard.
Published by THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS
New York September 2001.

