

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ

Departamento de Metal-Mecánica

REPORTE DE RESIDENCIA PROFESIONAL

“DISEÑO DE UN PROTOTIPO FOTOVOLTAICO CON SEGUIMIENTO SOLAR. ETAPA 1: METODOLOGIA PARA EL DISEÑO MECÁNICO Y ESTRUCTURAL.”

Lugar de realización:
Instituto tecnológico de Tuxtla de Gutiérrez

Semestre: Agosto-diciembre 2015

Presenta:
José Andrés López Hernández

Asesor externo:
Doc. Héctor Ricardo Hernández de León
Profesor-investigador de la maestría en mecatrónica

Asesor interno:
Ing. Juan Carlos Niños Torres

INDICE

Capitulo I. INTRODUCCIÓN	4
ANTECEDENTES	5
EL SOL COMO FUENTE DE ENERGIA.....	6
1.2 PRESENTACION DEL PROBLEMA	7
1.3 JUSTIFICACION.....	7
1.4 OBJETIVOS Y METAS	8
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	8
1.4.2. OBJETIVO ESPECIFICO	8
1.4.3. METAS.....	8
1.5. CARACTERIZACION DEL AREA DONDE SE REALIZO EL PROYECTO.....	9
Capitulo II. MARCO TEÓRICO	10
2.1. EL DISEÑO	10
2.1.1. EL DISEÑO EN INGENIERIA MECANICA	10
2.1.2. CONSIDERACIONES DEL DISEÑO	11
2.2. HERRAMIENTAS Y RECURSOS DEL DISEÑO.....	11
2.2.1. DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA.....	12
2.2.2. SOLIDWORK	12
2.2.3. ADQUISICION DE INFORMACION TECNICA	13
2.3. MATERIALES	14
2.3.1. RESISTENCIA Y RIGIDEZ DEL MATERIAL	14
2.3.2. DUREZA	15
2.4. ENGRANES	16
2.4.1. TIPOS DE ENGRANES.....	16
2.4.2. REDUCTORES DE ENGRANAJE	18
2.5. TRANSMISION DE POTENCIA.....	18
2.5.1. SECUENCIA DE DISEÑO PARA TRANSMISION DE POTENCIA	19
2.6. MOTORES DE CD	20
2.6.1. PARTES DEL MOTOR CD.....	21
2.6.2. MANEJADOR DE POTENCIA DE UN MOTOR DE CD.....	22
2.7. PANELES FOTOVOLTAICOS.....	23
2.7.1. TIPOS DE PANELES FOTOVOLTAICOS	23
2.8. MICROCONTOLADORES	24

2.9. sensores.....	24
2.9.1. sensores de posición.....	25
2.10. sistemas de seguimiento solar.....	25
2.11. ecuación del tiempo.....	25
2.11.1. ángulo horario ω	26
2.11.2. altura α y azimut solar γ	26
Capítulo III. diseño de la estructura del mecanismo.....	28
3.1. base del mecanismo.....	28
3.2. pata soporte.....	29
3.3. chumacera.....	29
3.4. canasta.....	30
3.5. brazo.....	30
3.6. tornillo.....	31
3.7. rodamiento.....	31
3.8. motor.....	31
3.9. base del motor.....	32
3.10. engranajes.....	32
3.11. ensamble de seguidor solar.....	32
Capítulo IV. simulación en SolidWorks.....	33
Diagramas de fuerzas y momentos.....	33
Simulación de análisis estático en acero al carbono.....	34
Simulación de análisis estático en aluminio de aleación 1660.....	40
Simulación de análisis de fatiga en acero al carbono.....	46
Simulación de análisis de fatiga en aluminio de aleación 6061.....	50
Comparación en deformaciones unitarias y desplazamientos.....	54
Capítulo V. análisis de costos del diseño.....	55
Bibliografías.....	56
ANEXO A.....	58
ANEXO B.....	58
ANEXO C.....	59
ANEXO D.....	64

Capítulo I. INTRODUCCIÓN

El modelo energético actual a base de combustibles fósiles como principal fuente, genera un gran impacto ambiental y no es sustentable debido a que, para satisfacer las demandas de energía actuales, compromete la integridad de las futuras generaciones. Por lo que es necesario establecer un nuevo modelo energético que sea sustentable en el que las energías renovables sean el eje del desarrollo. Las fuentes de energías renovables tienen un ciclo de regeneración mayor al del consumo, por lo que son inagotables [1].

La energía solar es la energía obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del sol y se presenta como una alternativa importante ante el aumento del consumo energético del planeta, debido a que, la cantidad de energía del sol, que llega a la superficie de la tierra en un día, es diez veces más que la energía total consumida en nuestro planeta durante un año [1].

La radiación solar que alcanza la tierra puede aprovecharse por medio de captadores que mediante diferentes tecnologías (células fotovoltaicas, heliostatos, colectores térmicos) pueden transformarla en energía eléctrica o térmica. A través del efecto fotovoltaico la energía contenida en la luz del sol puede ser convertida directamente en energía eléctrica [1].

La potencia de la radiación varía según el momento del día; las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. Se puede asumir que en buenas condiciones de radiación el valor es de aproximadamente 1000 W/m² en la superficie terrestre. A esta potencia se le conoce como irradiación [1].

Un seguidor solar es una especie de girasol mecánico, ya que su misión consiste en que su panel solar siga al sol desde su salida hasta su puesta. De esta manera, aprovechar la radiación solar mucho mejor que los sistemas solares fijos [1].

Existen algunas aplicaciones prácticas que se utilizan en lugares remotos, como cabañas o pequeñas comunidades que se encuentran alejadas de las redes eléctricas. Como resultado, el costo de instalar un sistema de energía solar es más barato que el costo de enviar las líneas de transmisión de la red eléctrica hasta esos lugares. Los sistemas solares como fuente de energía también son muy convenientes en pequeñas aplicaciones como son las calculadoras, semáforos y alumbrado público [2].

El principal problema con la tecnología de paneles fotovoltaicos es que la eficiencia de los sistemas de energía solar sigue siendo pobre, y los costos por kilowatts/Hora no son competitivos, en la mayoría de los casos contra fuentes de energía tradicionales [3].

Este proyecto está enfocado en el diseño mecánico y estructural de un sistema capaz de seguir la trayectoria del sol, posicionándose en el punto de máxima irradiación solar, y así mejorar la potencia eléctrica generada por un panel fotovoltaico.

1.1 ANTECEDENTES

La protección del medio ambiente es compromiso de todos: gobiernos, personas e industrias. Hoy en día se puede observar un gran crecimiento, tanto en la producción de paneles solares, cada vez más económicos, como la implementación de grandes plantas solares conectadas a la red eléctrica [4]. En México, el instituto politécnico nacional (IPN) ha sido pionero en el desarrollo fotovoltaico con base en celdas de silicio cristalino. La tecnología utilizada es prácticamente artesanal y los elementos de producción son muy limitados, aun cuando se ha contado con el Poyo de diversas dependencias gubernamentales [5].

El efecto fotovoltaico fue descubierto en 1839 por el físico francés Alexandre-Edmond Becquerel, cuyos estudios sobre el espectro solar, magnetismo, electricidad y óptica son el pilar científico de la energía fotovoltaica. En 1883, el inventor norteamericano Charles Fritts construyó la primera celda solar, con base a un semiconductor de Selenio (Se) con una capa delgada de Oro (Au) obteniendo una eficiencia del 1%. En 1954, en los laboratorios Bell se experimentaba con semiconductores y accidentalmente se encontró que el Silicio (Si) con algunas impurezas eran muy sensitivo a la luz. Los resultados obtenidos contribuyeron a la producción comercial de paneles solares, lográndose una eficiencia del 6% [6].

En 1957, la ex-URSS lanzo su primer satélite espacial y un año después, en febrero de 1958, los EE. UU. Hicieron lo mismo. La primera nave espacial que uso paneles solares fue el satélite norteamericano Explorer I, lanzado en febrero de 1958. Este evento genero un gran interés en la producción y lanzamiento de satélite geostacionario (GEO) para el desarrollo de las telecomunicaciones, en la que la energía provendría de un dispositivo de captación de la luz solar. Dicho desarrollo es de gran importancia ya que estimulo la investigación en la búsqueda de paneles cada vez más eficientes y motivo los avances tecnológicos dentro de la industria. El primer mercado de los paneles fotovoltaicos fue dirigido al sector aeroespacial. Los resultados positivos de la misión Explorer I, marcaron una pauta en el desarrollo de las telecomunicaciones y de los paneles fotovoltaicos. La llegada de la celda de Silicio dio inicio al desarrollo de las nuevas tecnologías, principalmente orientadas a la búsqueda de paneles solares más eficientes [7].

Actualmente, el cas más representativo del uso de los paneles fotovoltaicos, en el sector aeroespacial, es la Estación Espacial Internacional. La energía utilizada viene de 16 estructuras de 72 metros de largo por 12 metros de ancho y 864 m² de paneles solares en cada una de ellas. Los módulos de alta eficiencia para uso aeroespacial proporcionan aproximadamente un 20% de eficiencia en referencia a la radiación solar sobre la superficie terrestre, pues en el espacio exterior la eficiencia es mucho mayor. Cada una de las estructuras del sistema fotovoltaico mencionada, proporciona alrededor de 170 KW/hr y aproximadamente 2.7 MW/hr en conjunto [7].

Hasta septiembre de 2007, España tuvo un crecimiento vertiginoso de plantas fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica, sin embargo, la actual normativa gubernamental, además de reducir el precio de compra, ha limitado la cantidad de Mega Watts instalados por trimestre para la implementación de plantas solares fotovoltaicas. El motivo de esta reducción es la carencia de redes eléctricas.

El autoconsumo fotovoltaico es una alternativa para la reducción CO₂, sin embargo, no existen suficientes regulaciones que apoyen a los productores de autoconsumo. En este caso además de la protección del medio ambiente el beneficiado directo es el consumidor-usuario. Las instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo las implementan empresas del sector privado y sin ningún tipo de ayuda [8].

En México desde 1993 a 2003, la capacidad instalada del sistema fotovoltaico se incrementó de 7 a 15 MW, generando más de 8,000 MW/hr por año para electrificación rural, bombeo de agua y refrigeración. Se espera tener instalados 25 MW con tecnología fotovoltaica para los años siguientes y generar 14 GW/hr por año [9]. La CONAE considera que, en el 2001, se contaba con pequeñas cargas distribuidas de más de 115 mil m² en sistemas fotovoltaicos instalados en el país, que generaron cerca de 8.4 GWh/año. Al 2012 se esperaban 30 MW instalados y 18 GWh/año de energía [10].

1.1.1. EL SOL COMO FUENTE DE ENERGIA

El sol es la fuente principal de energía del planeta, la temperatura y la presión en el interior del sol da origen a reacciones nucleares que liberan enormes cantidades de energía que llega al planeta de forma directa o difusa reflejada en las partículas de la atmosfera, en las nubes y demás objetos en el ambiente [10]. La disponibilidad de esta energía depende de la ubicación geográfica del lugar en donde existe un mayor potencial de la energía solar para su aprovechamiento [10].

La forma en que esta energía se transforma, almacena y se utiliza de origen a las formas de energía existente en el planeta de manera natural:

- Biomasa. - la atmosfera en las plantas les provee de alimento.
- Energía hidráulica. - el ciclo del agua es ordenado por el sol.
- Energía eólica. -el calentamiento del aire de a origen a las diferencias de presión que provoca los vientos.
- Corrientes marinas. - la diferencia de temperatura en los mares da origen a este movimiento.

Sin embargo, la energía disponible de manera natural resulta insuficiente para las necesidades energéticas actuales, por lo que se han desarrollado tecnologías de aprovechamiento directo de la energía proveniente del Sol:

- Energía solar térmica. - se aprovecha el calor generado por la radiación solar para el calentamiento de superficies, líquidas o gases y su aplicación en bombas de calor.
- Energía solar fotovoltaica. - se transforma en luz solar directamente en energía eléctrica [10].

La energía solar fotovoltaica presente el beneficio de que se consigue energía eléctrica directamente sin necesidad de aditamentos adicionales como en el solar térmica, por lo que se hace más interesante se desarrolló en la actualidad donde la mayor parte de los dispositivos funcionan con energía eléctrica [10].

1.2 PRESENTACION DEL PROBLEMA

El creciente desarrollo industrial y consumo ha traído como consecuencia un deterioro del medio ambiente a través de las emisiones de CO₂ y otros gases que además de destruir la capa de ozono, afectan la salud del ser humano. La energía solar fotovoltaica se plantea como una solución para la reducción de emisiones de CO₂, ya que cada KW/hr de energía solar generada deja de emitir 0,311 Kg de CO₂ a la atmosfera. Por este motivo los gobiernos están invirtiendo en el uso de energías renovables, y la que se ha desarrollado más rápidamente es la fotovoltaica [4].

Derivado del hecho de que los paneles fotovoltaicos tienen una baja eficiencia de conversión de energía solar a eléctrica, y debido a que la radiación solar captada por el panel varia por el tiempo si ese esta fijo, este trabajo aborda el diseño de un prototipo capas de posicionarse en forma automática, en el punto de máxima irradiación solar durante el día.

Se propone desarrollar un prototipo de sistema de seguimiento solar con un grado de libertad para así, aprovechar la mayor energía solar en el día y empezar con una nueva era de obtención de energía eléctrica para disminuir el deterioro del medio ambiente e implementando energías renovables para el beneficio de las nuevas generaciones.

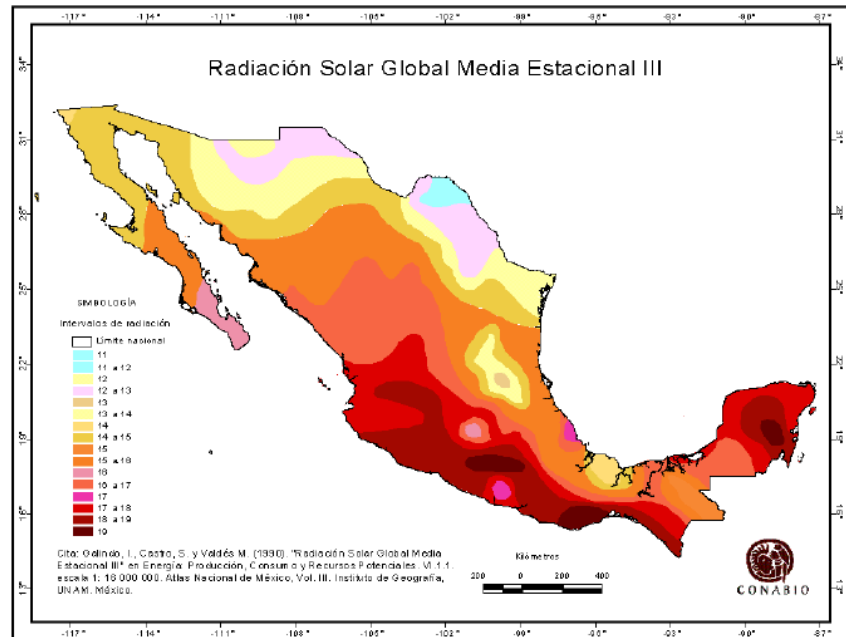
1.3 JUSTIFICACION

Es necesario fomentar el uso de energías renovables puesto que el uso de combustibles fósiles está generando grandes cambios climáticos sobre el planeta, como lo son el efecto invernadero, la precipitación acida y el adelgazamiento de la capa de ozono. Durante un año, el sol emite sobre la tierra cuatro mil veces más energías de la que se consume a nivel global. La energía solar puede ser perfectamente complementada con otras energías convencionales, para evitar la necesidad de grandes y costosos sistemas de acumulación.

A nivel local, una casa habitación bien aislada puede disponer de agua caliente y calefactores solares, con resultados que disminuyen considerablemente los costos de facturación.

Una de las fuentes renovables para generar energía que puede ser aprovechada en nuestro país es la energía solar, ya que existe, regiones con altos niveles de irradiación solar. En la figura 1-1 se muestra un ejemplo del mapa de irradiación solar del país, en el cual se observa que las regiones con los niveles más altos de irradiación solar son: la región noreste y parte de la zona centro y sur [11].

Figura 1-1
Irradiación solar de México en otoño.



1.4 OBJETIVOS Y METAS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo de este trabajo es diseñar y modelar un prototipo mecánico para el posicionamiento de paneles fotovoltaicos y así aprovechar la mayor energía solar durante el día; además de realizar un análisis de costos para la construcción estructural.

1.4.2. OBJETIVO ESPECIFICO

- Determinar los materiales que se utilizaran para el prototipo
- Determinar el tipo de motor
- Diseñar el juego de engranaje que transmitirá la potencia
- Diseñar la estructura para el sistema de seguimiento fotovoltaico
- Realizar simulación en el CAD Solidworks
- Realizar un análisis de costos para la construcción del prototipo

1.4.3. METAS

El proyecto en desarrollo tiene como meta el diseñar, realizar simulaciones y el análisis de los costos de una estructura con un grado de libertad para un prototipo de seguimiento fotovoltaico. Los aspectos más importantes que comprenden el proyecto están enfocados a las materias de diseño mecánico, diseño asistido por computadora y mecatrónica.

Se presentarán las dimensiones, especificaciones y recomendaciones para hacer cada parte de la estructura con ayuda del CAD Solidworks, también se realizará una simulación del mecanismo para observar el comportamiento del sistema.

1.5. CARACTERIZACION DEL AREA DONDE SE REALIZO EL PROYECTO.

El proyecto se realizó en el laboratorio de ingeniería mecánica, ubicado en el edificio I del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Tecnológico Nacional De México
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Valores:

- El ser humano.
- El espíritu del servicio.
- El liderazgo.
- El trabajo en equipo.
- La calidad.
- El alto desempeño.
- Respeto al medio ambiente.

Misión:

Formar de manera integral profesionistas de excelencia en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos.

Visión:

Ser una institución de excelencia en la educación superior tecnológica del sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.

Capítulo II. MARCO TEÓRICO

2.1. EL DISEÑO

Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema particular. Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que puede fabricarse y comercializarse [12].

El diseño es un proceso innovador y altamente iterativo. También es un proceso de toma de decisiones, que en ocasiones deben tomarse con muy poca información, en otras con apenas la cantidad adecuada y en ocasiones con un exceso de información parcialmente contradictoria. Algunas veces las decisiones son provisionales, por lo que es conveniente reservarse el derecho de hacer ajustes a medida que se obtenga más información. Lo importante es que el diseñador en ingeniería debe sentirse personalmente cómodo cuando ejerce la función de toma de decisiones y de resolución de problemas [12].

El diseño es una actividad que requiere una intensa comunicación, en la cual se usan tanto palabras como imágenes y se emplean las formas escritas y orales. Los ingenieros deben comunicarse en forma eficaz y trabajar con gente con formación en muchas disciplinas. Estas son habilidades importantes y el éxito de un ingeniero depende de ellas [12].

Las capacidades personales del diseñador en cuanto a creatividad, habilidad para comunicarse y destreza para resolver problemas están entrelazadas con el conocimiento de la tecnología y sus principios fundamentales. Las herramientas de la ingeniería (como las matemáticas, la estadística, la computación, las gráficas y el lenguaje) se combinan para producir un plan, que cuando se lleva a cabo, crea un producto funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que se puede fabricar y comercializar, sin importar quien lo construya o lo use [12].

2.1.1. EL DISEÑO EN INGENIERIA MECANICA

Los ingenieros mecánicos están relacionados con la producción y el procesamiento de energía y con el suministro de los medios de producción, las herramientas de transporte y las técnicas de automatización. Las bases de su capacidad y conocimiento son extensas. Entre las bases disciplinarias se encuentran la mecánica de sólidos, la de fluidos, la transferencia de masa y momento, los procesos de manufactura y las teorías de la electricidad y la información. El diseño en ingeniería mecánica involucra todas las áreas que componen esta disciplina [12].

Los problemas reales se resisten a la especialización. El diseño de un simple cojinete involucra flujo de fluidos, transferencia de calor, fricción, transporte de energía, selección de materiales, tratamientos termomecánicos, descripciones estadísticas, etc. Un edificio debe estar controlado ambientalmente, las condiciones de calefacción, ventilación y de acondicionamiento del aire son tan especializadas que algunos hablan del diseño de la calefacción, ventilación y del acondicionamiento del aire como si estuvieran separados y fueran distintos del diseño en ingeniería

mecánica. En forma similar, algunas veces se considera el diseño de motores de combustión interna, de turbomaquinaria, y de motores de reacción como entidades separadas. La serie de adjetivos que siguen a la palabra diseño solo es una ayuda para describir el producto. De manera similar, hay frases como diseño de máquinas, diseño de elementos de máquinas, diseño de componentes de máquinas, diseño de sistemas y diseño de sistemas de potencia hidráulica. Todas ellas son ejemplos un poco más enfocados del diseño de ingeniería mecánica. Se basan en las mismas fuentes de conocimiento, se organizan en forma similar y requieren habilidades semejantes [12].

2.1.2. CONSIDERACIONES DEL DISEÑO

Algunas veces la resistencia que requiere un elemento de un sistema significa un factor importante para determinar su geometría y dimensiones. En esa situación se dice que la resistencia es una consideración del diseño importante. Cuando se emplea la expresión consideración del diseño se involucra de manera directa alguna característica que influye en el diseño del elemento, o tal vez en todo el sistema. A menudo se deben considerar muchas de esas características en una situación de diseño dada. Entre las más importantes se mencionan:

- Funcionalidad
- Resistencia/esfuerzo
- Distorsión/deflexión/rigidez
- Desgaste
- Corrosión
- Seguridad
- Confiabilidad
- Facilidad de manufactura
- Utilidad
- Costa
- Fricción
- Peso
- Vida
- Ruido
- Estilo
- Forma
- Tamaño
- Control
- Propiedades térmicas
- Superficie
- Lubricación
- Comercialización
- Mantenimiento
- Volumen
- Responsabilidad legal
- Capacidad de reciclado/recuperación de recursos

Algunas de estas propiedades se relacionan de manera directa con las dimensiones, el material, el procesamiento y la unión de los elementos del sistema. Ciertas características pueden estar interrelacionadas, lo que afecta la configuración del sistema total [12].

2.2. HERRAMIENTAS Y RECURSOS DEL DISEÑO

En la actualidad el ingeniero tiene una gran variedad de herramientas y recursos disponibles que le ayudan a solucionar problemas de diseño. Las microcomputadoras y los robustos paquetes de software proporcionan herramientas de gran capacidad para diseñar, analizar y simular componentes mecánicos. Además de estas herramientas, el ingeniero siempre necesita información técnica, ya sea en forma de comportamiento básico en ciencias/ingeniería o de las características de componentes especiales recién lanzados. En este caso, los recursos pueden ir desde

libros de ciencia/ingeniería hasta folletos o catálogos de los fabricantes. También la computadora puede jugar un papel importante en la obtención de información [12].

2.2.1. DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA

El software para el diseño asistido por computadora (CAD) permite el desarrollo de modelos tridimensionales (3-D) a partir de cuales pueden producirse vistas ortográficas convencionales en dos dimensiones con dimensionamiento automático. Las trayectorias de las herramientas pueden generarse a partir de los modelos 3-D y, en algunos casos, las partes se crean desde una base de datos 3-D mediante el uso de un método para la creación rápida de prototipos y manufactura (estereolitografía): ¡manufactura sin papeles! Otra ventaja de las bases de datos tridimensionales es que permiten cálculos rápidos y exactos de ciertas propiedades como la masa, la localización del centro de gravedad, y los momentos de inercia de masa. Del mismo modo, se obtienen con facilidad otras propiedades como áreas y distancias entre puntos. Existe una gran cantidad de software de CAD disponible como Aries, AutoCAD, Cadkey, I-Deas, Unigraphics, Solidworks y ProEngineer, por mencionar algunos [12].

El término ingeniería asistida por computadora (CAE) describe todas las aplicaciones de ingeniería relacionadas con la computadora. Con esta definición, el CAD puede considerarse como un subconjunto de la CAE. Algunos paquetes de computadoras realizan análisis de ingeniería específicos y/o tareas de simulación que ayudan al diseñador, pero no se consideran una herramienta para la creación del diseño como lo es el CAD. Este software pertenece a dos categorías: basado en ingeniería y no específico para ingeniería. Algunos ejemplos de programas basados en ingeniería para aplicaciones en ingeniería mecánica--software que también podría incluirse dentro de un sistema CAD—son los programas para el análisis del elemento finito (FEA), para el análisis del esfuerzo y la deflexión, la vibración y la transferencia de calor (por ejemplo, Algor, ANSYS y MSC/NASTRAN); programas para la dinámica de fluidos computacional (CFD) para el análisis del flujo de fluidos y la simulación (por ejemplo, CFG++, FIDAP y Fluent), y programas para la simulación de fuerzas dinámicas y el movimiento de mecanismos (por ejemplo, ADAMS, DADS y Working Model) [12].

Entre los ejemplos de aplicaciones asistidas por computadora no específicas para ingeniería están los programas para el procesamiento del texto, las hojas de cálculo (por ejemplo, MATLAB, Mathematica y TKsolver) [12].

2.2.2. SOLIDWORK

El software Solidworks integra una amplia gama de herramientas de CAD mecánico, validación de diseños, gestión de datos de productos, comunicación de diseño y productividad de CAD en un único paquete fácil de utilizar. La construcción de un modelo de SolidWorks por lo general comienza con un dibujo en 2D. el dibujo se compone como puntos, líneas, arcos, cónicas, etc. Las dimensiones se agregan al dibujo para definir el tamaño y la ubicación de la geometría. Las relaciones se utilizan para definir los atributos, tales como la tangente, el paralelismo, perpendicularidad y concetricidad. Las dimensiones en el dibujo se pueden controlar de forma independiente, o por las relaciones con otros parámetros dentro o fuera del dibujo.

Los dibujos pueden ser creados a partir de piezas o conjuntos. Las vistas son generadas automáticamente a partir del modelo sólido, dimensiones y tolerancias pueden ser fácilmente añadidas a la elaboración, según sea necesario [13].

Para el modelado de piezas, dispone de la manera más fácil y rápida de crear y modificar la geometría de piezas en 3D llamada Instant3D. con solo hacer clic y arrastrar, puede crear y cambiar el tamaño de determinadas características de manera precisa, incluso las entidades de secciones. Mientras prepara el diseño para su producción, puede utilizar DimXpert para crear dibujos precisos en 2D (o datos sin dibujos) y asegurarse de que las piezas encajen una vez fabricadas [13].

SolidWorks proporciona las herramientas para crear ensambles a nivel CAD; a su vez ahorrar tiempo y el costo de los procesos de creación de prototipos físicos y re fabricación. Puede acoplar componentes al seccionar superficies, aristas, curvas y vértices individuales; crear relaciones mecánicas entre diversos componentes; llevar a cabo pruebas de interferencia, colisión y alineación de barrenos; y vincular el movimiento de poleas y ruedas de engranaje. También puede automatizar el ensamblaje de componentes de uso frecuente, el hardware adecuado y las funciones requeridas; y usar MateXpert para solucionar conflictos, como la restricción excesiva de un componente [13].

SolidWorks genera automáticamente una lista de materiales (LDM) completa a partir de su diseño. La lista de materiales es asociativa: cuando modifica el diseño, al LDM se actualiza de modo automático, y viceversa. Además, puede exportar los datos de la LDM a Excel, Intuitive ERP y otras aplicaciones [13].

2.2.3. ADQUISICION DE INFORMACION TECNICA

En la actualidad vivimos en la que ha sido llamada la era de la información, en donde se genera información a un ritmo sorprendente. Es difícil, pero extremadamente importante, mantenerse al corriente de los desarrollos recientes y actuales de cualquier campo de estudio y ocupación. Algunas fuentes de información son:

- Bibliotecas (públicas, universitarias y privadas). Diccionarios y enciclopedias de ingeniería, libros de textos, monografías, manuales, servicios de índices y extractos, revistas, traducciones, informes técnicos, patentes y fuentes/folleto/catálogos de negocio.
- Fuentes gubernamentales. Departamentos de defensa, comercio, energía y transporte; NASA; Oficina Editorial del Gobierno; oficina de patentes y marcas registradas; Servicio de Información Técnica Nacional; Instituto Nacional para Normas y Tecnología.
- Sociedades personales. Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (American Society of Mechanical Engineers, ASME), Sociedad de Ingenieros en Manufactura (Society of Manufacturing Engineers, SME), Sociedad de Ingenieros Automotrices (Society of Automotive Engineers, SAE), Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (American Society of Testing and Materials ASTM) y la Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society, AWS).

- Vendedores comerciales. Catálogos, literatura técnica, datos de prueba, muestras e información de costos.
- Internet. La puerta de entrada a la red de computadoras con sitios asociados con la mayoría de las categorías mencionadas.

La anterior no es una lista completa. Se recomienda al lector explorar las diferentes fuentes de información de manera regular y mantener registros del conocimiento que obtenga [12].

2.3. MATERIALES

La selección de un material para construir una parte de maquina o elemento estructural es una de las decisiones más importantes que debe tomar el diseñador. Por lo general, la decisión se toma antes de establecer las dimensiones de las piezas. Después de seleccionar el proceso para crear la geometría deseada y el material (estos no pueden estar separados), el diseñador proporciona el elemento de manera que se evita la perdida de funcionalidad o que la probabilidad de dicha perdida de funcionalidad se mantenga a un nivel de riesgo aceptable [12].

También se presentarán métodos para estimar esfuerzos y deflexiones en elementos de máquinas. Estas estimaciones se basan en las propiedades del material del que se harán los elementos. Por ejemplo, para las evaluaciones de las deflexiones y la estabilidad se requieren las propiedades de elasticidad (rigidez) del material, mientras que las evaluaciones del esfuerzo en una localización critica de un elemento de maquina exigen una comparación con la resistencia del material en dicha ubicación en la geometría y condición de uso. Esta resistencia es una propiedad del material que se encuentra mediante ensayos y se ajusta a la geometría y condición de uso según sea necesario [12].

Aunque el esfuerzo y la deflexión son importante en el proceso de diseño de piezas mecánicas, la selección del material no siempre de basa en estos factores. Muchas piezas no soportan ninguna carga en ningún momento. Las piezas pueden diseñarse solo para llenar espacios o por cuestiones estéticas. Con frecuencia, los elementos deben diseñarse también para resistir la corrosión. Algunas veces, los efectos de la temperatura son más importantes en el diseño que el esfuerzo y la deformación [12]. Existen muchos otros factores, además del esfuerzo y la deformación, que pueden condicionar el diseño de piezas, por lo que el diseñador debe tener la versatilidad que solo se adquiere con una amplia experiencia en materiales y procesos [12].

2.3.1. RESISTENCIA Y RIGIDEZ DEL MATERIAL

La probeta de ensayo estándar se usa para obtener una variedad de características y resistencias de los materiales que se emplean en el diseño. En la figura 2-1 se ilustra una probeta para prueba de tensión típica y sus dimensiones características. El diámetro original d_0 y la longitud calibrada l_0 , que se usan para medir las deflexiones, se registran antes de comenzar la prueba. Después, la probeta se monta en la máquina de pruebas y se carga lentamente en tensión mientras se observa la carga P y la deflexión.

La carga se convierte en esfuerzo mediante la ecuación [12].

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

Donde $A_0 = \frac{1}{4}\pi d_0^2$ es el área de la probeta.

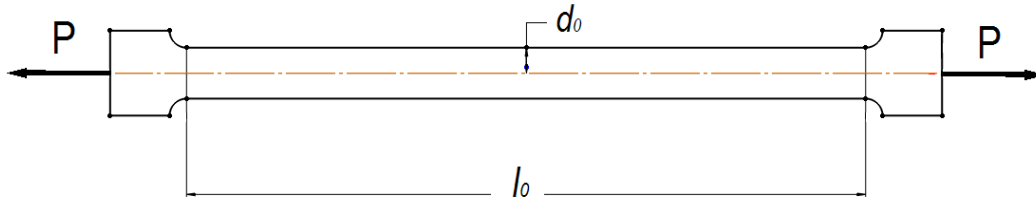


Figura 2-1

una típica pieza de prueba. Algunas de las dimensiones estándar que se usan para d_0 son 2.5, 6.25 y 12.5 mm y 0.505 pul, pero también se utiliza otras secciones y tamaños. Las longitudes calibradas l_0 que se emplean comúnmente son 10, 25 y 50 y 1 y 2 pul.

2.3.2. DUREZA

La resistencia de un material a la penetración por una herramienta con punta se llama dureza. Aunque existen muchos sistemas para medir la dureza, aquí se consideran los dos de mayor uso [12].

Las pruebas de dureza Rockwell se describe en las normas ASTM E-18 y las mediciones se realizan de manera rápida y fácil, se producen con facilidad y la máquina de ensayo fácil de utilizar. En realidad, el número de dureza se lee en forma directa en una caratula. Las escalas de dureza Rockwell se designan como A, B, C, ..., etc. Los penetradores se describen como un diamante, una bola con un diamante de $\frac{1}{16}$ de pulgada, y un diamante de las escalas A, B, C, respectivamente. La carga que se aplica es de 60, 100 o 150 Kg. Así, la escala Rockwell B, designada R_B , es una carga de 100 Kg, y un penetrador del núm. 2, que es una bola con un diamante de $\frac{1}{16}$ de pulgada. La escala Rockwell C, R_C tiene un cono de diamante, que es el penetrador número 1 de 150 Kg. Los números de dureza determinados de esta forma son relativos. Por lo tanto, una dureza $R_C = 50$ solo tiene significado con relación a otro número de dureza que usa la misma escala [12].

La dureza Brinell es otra prueba generalmente utilizada. En la prueba, la herramienta de penetración con la cual se aplica la fuerza es una bola y el número de dureza H_B se determina como el número que es igual a la carga aplicada dividida entre el área superficial esférica de la huella. De esta forma, las unidades de H_B son las mismas que las de la prueba, aunque rara vez se emplean. La prueba de dureza Brinell toma más tiempo en realizarse, puesto que H_B debe calcularse a partir de los datos de prueba. La ventaja principal de ambos métodos reside en que en la mayoría de los casos son no destructivos. Los dos son empíricos y están relacionados de manera directa con la resistencia última de material que se prueba. Lo anterior

significa que las resistencias de piezas se podrían, si así se desea, probar parte por parte durante su fabricación [12].

Las pruebas de dureza proporcionan un medio conveniente y no destructivo para estimar las propiedades de resistencia de los materiales. Para realizar esta estimación, el ensayo de dureza Brinell es muy conocido, debido a que en muchos materiales la relación entre la carga mínima de rotura y el número de dureza Brinell es más o menos lineal. La constante de proporcionalidad varía entre las clases de materiales y también depende de la carga utilizada para determinar la dureza. Existe una dispersión amplia en los datos, pero para aproximaciones gruesas en los aceros, la relación generalmente aceptada es

$$S_U = \begin{cases} 0.5 H_B & \text{kpsi} \\ 3.4 H_B & \text{Mpa} \end{cases}$$

Relaciones similares pueden derivarse para el hierro fundido a partir de los datos que proporciona Krause. La resistencia mínima, como la define ASTM, se determina con base en estos datos, como

$$S_U = \begin{cases} 0.23 H_B & - & 12.5 \text{ kpsi} \\ 1.58 H_B & - & 86 \text{ Mpa} \end{cases}$$

Walton presenta una gráfica mediante la cual puede determinarse la resistencia mínima SAE, que es más conservadora que los valores obtenidos de la ecuación anterior [12].

2.4. ENGRANES

Los engranes son elementos mecánicos que se utilizan para transmitir movimiento de rotación entre ejes. Los engranes pueden ser de diferentes tipos [12]:

- Engranes rectos
- Engranes helicoidales
- Engranes cónicos
- Tornillos sin fin-corona

2.4.1. TIPOS DE ENGRANES

- Engranes rectos: tienen dientes paralelos al eje de rotación y se emplean para transmitir movimiento de un eje a otro eje paralelo. De todos los tipos el engrane recto es el más sencillo, razón para la cual se usará para desarrollar las relaciones cinemáticas básicas de la forma de los dientes [12].

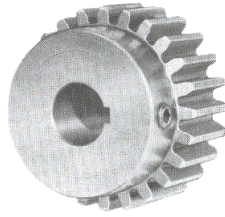


Figura 2-2
Engrane recto.

- Engranés helicoidales: poseen ejes inclinados con respecto al eje de rotación, y se utilizan para las mismas aplicaciones que los engranes rectos y, cuando se utilizan en esta forma, no son tan ruidosos, debido al engranado más gradual, de los dientes durante el acoplamiento. Asimismo, el diente inclinado desarrolla cargas de empuje y pares de flexión que no están presentes en los engranes rectos. En ocasiones, los engranes helicoidales se usan para transmitir movimiento entre ejes no paralelos [12].



a)



b)

Figura 2-3
a) Engranés helicoidales, de Ejes paralelos; b) engranes Helicoidales cruzados.

- Engranés cónicos: presentan dientes formados en superficies cónicas, se emplean sobre todo para transmitir movimiento entre ejes que se intersecan. Los engranes cónicos en espiral se cortan de manera que el diente no sea recto, sino que forme un arco circular. Los engranes hipoides son muy similares a los engranes cónicos en espiral, excepto por el hecho de que los ejes están desplazados y no se intersecan [12].

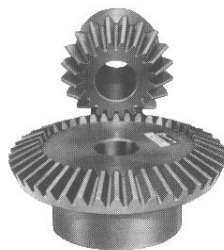


Figura 2-4
Engrane cónico

- Tornillo sin fin o de gusano: representa el cuarto tipo de engrane básico. Como se indica, el gusano se parece a un tornillo. El sentido de rotación, del gusano, también llamado corona de tornillo de sinfín, depende del sentido de rotación del tornillo sinfín y de que los dientes del gusano se hayan cortado a la derecha o a la izquierda. Los engranajes del tornillo sinfín también se hacen de manera de que los dientes de uno o de ambos elementos se envuelvan de manera parcial alrededor del otro. Dichos engranajes se llaman engranajes de

envolvente simple o doble. Los engranajes de sinfín se emplean sobre todo cuando las relaciones de velocidad de los dos ejes son muy altas, de 3 o más [12].

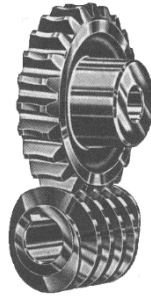


Figura 2-5
Tornillo sinfín de
Envolvente simple.

2.4.2. REDUCTORES DE ENGRANAJE

El engranaje tiene la función de transmitir una rotación entre dos ejes con una relación de velocidades angulares constante. Se denomina relación de transmisión ($i = \frac{\omega_2}{\omega_1}$) al cociente entre la velocidad angular de salida (velocidad de la rueda conducida) y la de la entrada ω_1 (velocidad de la rueda conductora) dicha relación puede tener signos positivos si los ejes giran en el mismo sentido o signo negativo – si los giros son de sentido contrario-. Del mismo modo, si la relación de transmisión es mayor que 1 ($i > 1$) se supondrá el empleo de un mecanismo multiplicador, y si es menor que 1 ($i < 1$) que suele resultar lo más habitual, supondrá el empleo de un mecanismo reductor, o simplemente de un reductor. Es claro que la obtención de una relación de transmisión de cargas entre dos ejes, no es algo exclusivo de los engranajes, ya que lo mismo puede obtenerse con poleas o cadenas [12].

Los engranajes, por otro lado, poseen varias ventajas competitivas que los hacen óptimos para transmitir movimiento rotatorio entre dos ejes con una relación de transmisión constante, tales como su relativa sencillez de fabricación, su capacidad para transmitir grandes potencias, la gran variedad de opciones constructivas, etc.

2.5. TRANSMISION DE POTENCIA

La transmisión de potencia desde una fuente, tal como un mecanismo o un motor a través de una máquina para tener un impulso de salida, es una de las tareas más comunes que se asignan a una maquinaria. Un medio eficiente para transmitir la potencia es a través del movimiento rotatorio de un eje soportado por cojinetes. Se pueden incorporar engranes, bandas, poleas o catarinas (ruedas dentadas) de cadena o fin de proporcionar cambios de velocidad y par de torsión entre ejes [12]. La mayoría de los ejes son cilíndricos (sólidos o huecos) e incluyen diámetros de paso como hombros para alojar la posición y soporte de los cojinetes, engranes, etcétera.

El diseño de un sistema para transmitir potencia requiere de atención y al diseño y selección de cada uno de los componentes (engranes, cojinetes, ejes, etc.). no obstante, como es a menudo el caso en el campo del diseño, estos componentes no son independientes. Por ejemplo, con la finalidad de diseñar el eje para soportar el

esfuerzo y la deflexión, es necesario conocer las fuerzas aplicadas. Si estas se transmiten mediante engranes, será necesario conocer las especificaciones de los mismos para determinar las fuerzas que se transmitirán al eje. Sin embargo, los engranes estándar vienen con ciertos tamaños de diámetros interior, lo que requiere el conocimiento del diámetro del eje necesario. No es sorprendente que el proceso del diseño sea interdependiente e iterativo, pero ¿Dónde debería comenzar el diseñador? La naturaleza de los textos de diseño de máquinas se enfoca en cada componente por separado [12].

2.5.1. SECUENCIA DE DISEÑO PARA TRANSMISION DE POTENCIA

No existe una secuencia precisa de pasos para algún proceso de diseño. Por su naturaleza, el diseño es un proceso iterativo en el que es necesario realizar algunas selecciones tentativas y construir un esquema previo para determinar las partes cruciales del mismo. Sin embargo, puede ahorrarse mucho tiempo si se comprenden las dependencias entre las piezas del problema, pues ello le permite al diseñador conocer las partes que serán afectadas por cualquier cambio. En esta sección únicamente se presenta un esbozo, con una breve explicación de cada paso. En las secciones subsiguientes se explicarán detalles adicionales [12].

- Requisitos de potencia y par de torsión. Las consideraciones sobre potencia deben abordarse en primer lugar, ya que esto determinara las necesidades globales de dimensionamiento de todo el sistema. Cualquier relación de par de torsión o velocidad necesaria de entrada o salida deben determinarse antes de abordar las dimensiones de engranes/poleas.
- Especificación de engrane. A continuación, pueden abordarse las relaciones necesarias de engranes y cuestiones de transmisión de par de torsión con la selección de los engranes adecuados. Observe que todavía no es necesario un análisis completo de fuerzas correspondientes a los ejes, en la medida en que se requieren solo las cargas transmitidas para especificar los engranes.
- Diseño del eje. Se debe especificar el diseño general del eje, lo cual incluye la ubicación axial de los engranes y cojinetes. Es necesario tomar las decisiones acerca de cómo transmitir el par de torsión desde los engranes y cojinetes en su sitio (anillos de retención, ajustes de presión, tuercas, etc.). No obstante, en ese punto no es necesario dimensionar estos elementos, puesto que sus tamaños estándar permiten estimar los factores de concentración de esfuerzo.
- Análisis de fuerzas. Una vez que se conocen los diámetros de engrane/polea, así como las ubicaciones axiales de engranes y cojinetes, pueden elaborarse los diagramas de cuerpo libre, fuerza de corte y diagramas de momento. También pueden determinarse las fuerzas en los cojinetes.
- Selección de material del eje. Debido a que el diseño de fatiga depende de manera tan importante de la elección del material, por lo regular es más fácil efectuar primero una selección razonable del material, para después verificar si los resultados son satisfactorios.
- Diseño del eje para esfuerzo (estático y de fatiga). En este punto, un diseño de esfuerzo de eje debería tener un aspecto muy semejante al de un problema de diseño. Se conocen los diagramas de momento de flexión y fuerza de corte, pueden predecirse las ubicaciones críticas, se pueden utilizar concentraciones aproximadas de esfuerzo y determinarse estimaciones de los diámetros del eje.

- Diseño del eje para deflexión. En razón de que el análisis de deflexión depende de toda la geometría del eje, se reserva hasta este momento. Con toda la geometría del eje estimada, las deflexiones críticas en las ubicaciones de los cojinetes y engranes pueden verificarse mediante análisis.
- Selección de cojinetes. Ahora pueden seleccionarse cojinetes específicos de un catálogo para satisfacer los diámetros estimados de los ejes. Los diámetros pueden ajustarse ligeramente, cuando sea necesario para satisfacer las especificaciones del catálogo.
- Selección de cuñas y anillos de retención. Con los diámetros del eje configurados en valores estables, pueden especificarse cuñas y anillos de retención adecuados en tamaños estándar. Este paso puede involucrar ligeros cambios en el diseño global si se supusieron factores de concentración de esfuerzo razonables en los pasos anteriores.
- Análisis final. Una vez que todo se ha especificado, iterado y ajustado cuando sea necesario para cualquier parte específica de la tarea, un análisis completo de principio a fin proporcionará una verificación final, así como factores específicos de seguridad para el sistema real [12].

2.6. MOTORES DE CD

Los motores de CD constan de un rotor y un estator. Este último está compuesto generalmente de un imán permanente mientras que el rotor es un embobinado. El motor tiene dos contactos, los cuales al ser polarizados provocan el giro de este, la dirección del giro depende de la polaridad de la tensión y la velocidad depende de la magnitud de la tensión [14].



Figura 2-6
motor de una unidad de
disco flexible.

2.6.1. PARTES DEL MOTOR CD

El motor está formado por dos piezas fundamentales del rotor y el estator, pero estas a su vez están constituidas por otras partes:

- El rotor. Constituye la parte móvil del motor, proporciona el torque para mover a la carga, está formada por:
 - Eje. Formada por una barra de acero fresada. Imparte la rotación al núcleo, devanado y al colector.
 - Núcleo. Se localiza sobre el eje. Fabricado con capas laminadas de acero, su función es proporcionar un trayecto magnético entre los polos para que el flujo magnético del devanado circule.
 - Devanado. Consta de bobinas aisladas entre si y entre el núcleo de la armadura. Estas bobinas están alojadas en las ranuras, y están conectadas eléctricamente con el colector, el cual, debido a su movimiento rotatorio, proporciona un camino de conducción conmutado.
 - Colector. Esta constituido de láminas de material conductor (delgas), separadas entre sí y del centro del eje por un material aislante, para evitar corto circuito con dichos elementos. El colector se encuentra sobre uno de los extremos del eje del rotor, de modo que gira con este y está en contacto con las escobillas.
- Estator. Su función es suministrar el flujo magnético que será usado por el bobinado del rotor para realizar su movimiento giratorio.
- Armazón. Tiene dos funciones primordiales, servir como soporte y proporcionar una trayectoria de retorno al flujo magnético del rotor y del imán permanente, para completar el circuito magnético.
- Imán permanente. Compuesto de material ferromagnético, se encuentra fijado al armazón y carcasa del estator. Su función es proporcionar un campo magnético uniforme al devanado del rotor, de modo que interactúe con el campo formado por el embobinado, y se origine el movimiento del rotor como resultado de la interacción de estos campos magnético [14].

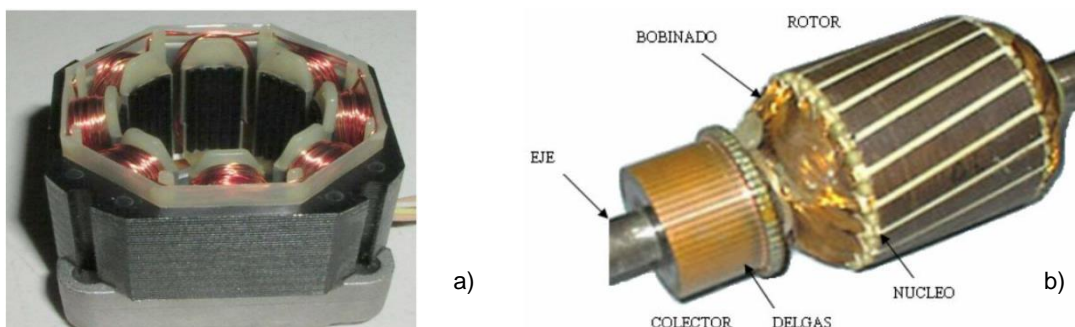


Figura 2-7

- a) Estator del motor.
- b) Rotor.

2.6.2. MANEJADOR DE POTENCIA DE UN MOTOR DE CD

El manejo de potencia es un sistema integrado también llamado puente H, que es básicamente un arreglo de cuatro interruptores acomodados de la siguiente manera:

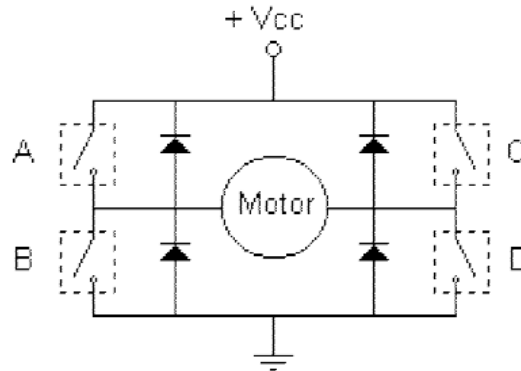


Figura 2-8

Arreglo de interruptores para
Un puente H.

El LMD18200 es un puente H diseñado para aplicaciones de control de movimiento. El dispositivo se construye utilizando un proceso que combina bipolar y circuitos CMOS de control con dispositivos DMOS de potencia en la misma estructura monolítica, ideal para la conducción de corriente continua y motores a pasos, la capacidad para LMD18200 corrientes de pico de salida de hasta 6A. un circuito innovador que facilita la detención de baja pérdida de corriente de salida se ha implementado [15].

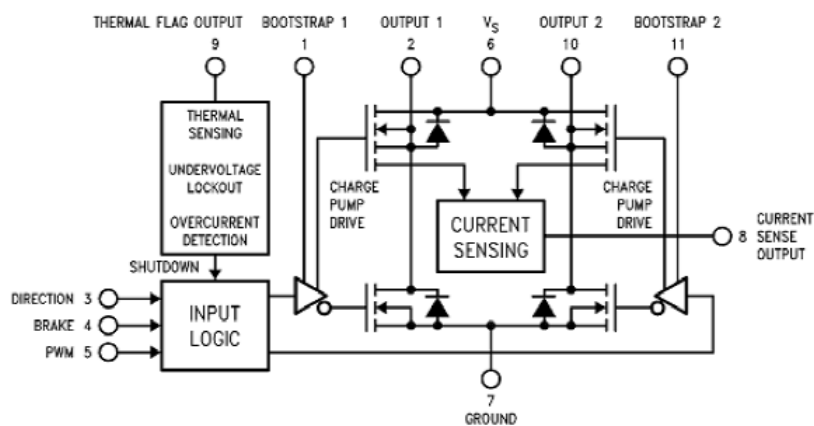


Figura 2-9

Diagrama a bloques del
LMD18200.

2.7. PANELES FOTOVOLTAICOS

Los paneles solares son dispositivos que se encargan de transformar parte de la radiación solar que incide en ellos en energía eléctrica y sus principales componentes son las celdas de silicio. Los paneles fotovoltaicos están formados por numerosas celdas que convierten la luz en electricidad, las cuales comúnmente son llamados celdas fotovoltaicas y dependen del efecto fotovoltaico para transformar la energía del sol y hacer que una corriente pase entre dos placas con carga eléctrica opuestas [16].

La conversión de las celdas fotovoltaicas oscila entre el 8% y el 29% de eficiencia. Pese a lo anterior, ha habido una tendencia en la disminución del precio de los sistemas modernos de electrónica de potencia y las celdas fotovoltaicas, lo que indica buenas promesas para las nuevas instalaciones. El rendimiento de un sistema fotovoltaico se ve influenciado por su potencia máxima, los cambios de temperatura, la intensidad solar y la carga conectada [17].

Los sistemas de generación de energía basados en energía solar son hoy en día la solución más prometedora para requerimientos de baja y mediana potencia con la finalidad de reducir el consumo de energías producidas por el petróleo y el gas. Sin embargo, la relación costo-beneficio de las celdas solares basadas en el silicio es aun elevado y su eficiencia es baja, en comparación con otras fuentes de energía. Independientemente de la elección del tipo de celda solar, los módulos fotovoltaicos deben estar conectados a un sistema de conversión de energía, con el fin de gestionar la energía producida y proporcionar una interfaz adecuada a la carga como lo son convertidores electrónicos no lineales que operan en modo de conmutación [18].

2.7.1. TIPOS DE PANELES FOTOVOLTAICOS

Existen tres tipos de paneles solares:

- **Monocristalino.** Están forados en secciones con una barrera de silicio perfectamente cristalizado en una sola pieza. En algunos análisis desarrollados en laboratorios se han alcanzado rendimientos máximos de 24,7% a diferencia de los que actualmente existen en el mercado que alcanza un 16%.
- **Policristalino.** Los materiales son semejantes a los monocristalinos, sin embargo, el proceso de cristalización de silicio es diferente. Los paneles policristalinos se basan en secciones de un abarra de silicio que se ha estructurado desordenadamente en forma de pequeños cristales. Son visualmente muy reconocibles por presentar en su superficie un aspecto granulado. Su rendimiento es inferior al de los monocristalinos, pero son de bajo costo alcanzando rendimientos comerciales disponibles hasta de un 14%.
- **Amorfo.** Basados también en el silicio, pero a diferencia de los anteriores este material no sigue una estructura cristalina. Los paneles de este tipo son habitualmente empleados para pequeños dispositivos electrónicos como calculadoras, relojes y en pequeños paneles portátiles. Su rendimiento máximo ha sido del 13% y los de uso comercial solo alcanzan el 8% [19].

2.8. MICROCONTROLADORES

Un microcontrolador es un circuito integrado con muy alta escala de integración (VSLI, Very Long Scale Integration) que internamente contiene una unidad central de procesos (CPU, Central Process Unit), memoria para código, memoria para datos, temporizadores, fuente de interrupción y otros recursos necesarios para el desarrollo de aplicaciones, por lo general con un propósito específico [20].

Aunque un controlador prácticamente incluye los elementos necesarios para ser considerado como una computadora en un circuito integrado, frecuentemente no es tratado como tal, ya que su uso típico consiste en el desempeño de funciones de “control” interactuando con el “mundo real” para monitorear condiciones (a través de sensores) y en respuesta a ello, encender o apagar dispositivos (por medio de actuadores) [20].

Los microcontroladores están enfocados a sistemas de propósito específico, sistemas que se crean con una funcionalidad única, la cual no cambia durante su vida útil, por ejemplo: las cajas registradoras, hornos de microondas, sistemas de control de tráfico, videojuegos, equipos de sonido, etc. [20].

2.9. SENSORES

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc. [21].

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra. Esto se realiza en tres fases:

- Un fenómeno físico a ser medido es captado por un sensor, y muestra en su salida una señal eléctrica dependiente del valor de la variable física.
- La señal eléctrica es modificada por un sistema de acondicionamiento de señal, cuya salida es un voltaje.
- El sensor dispone de una circuitería que transforma y/o amplía la tensión de salida, la cual pasa a un conversor A/D, conectado a un PC. El convertidor A/D transforma la señal de tensión continua en una señal discreta [21].

2.9.1. SENSORES DE POSICION

se usan para la determinación de desplazamiento lineales o angulares. Eléctricamente se cumple la relación [21]:

$$\frac{V_{BC}}{V_{AC}} = \frac{R_{BC}}{R_{AC}}$$

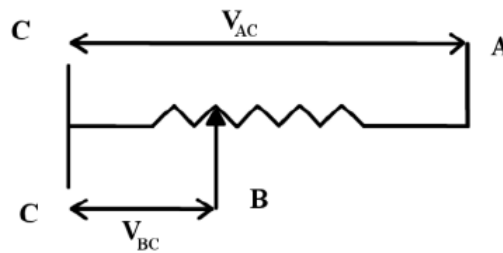


Figura 2-10

Diagrama esquemático de Potenciómetro.

2.10. SISTEMAS DE SEGUIMIENTO SOLAR

Un sistema de seguimiento solar es un dispositivo mecánico capaz de orientar los paneles solares de forma perpendicular a los rayos solares para un mejor aprovechamiento de la radiación solar, ya sea siguiendo el sol desde el Este al amanecer hasta el Oeste en la puesta, o bien empleando el punto de máxima potencia [22].

Existen tres tipos de seguidores solares:

- Estructuras fijas. Son las más robustas y flexibles del mercado y permiten adaptarse a cualquier tipo de terreno con desniveles superiores al 5%.
- Seguidores de un eje. El seguidor solar de un eje incrementa la producción de energía eléctrica en un 28% más respecto a una instalación fija.
- Seguidores a dos ejes. Los seguidores a dos ejes permiten incrementar aproximadamente la eficiencia hasta un 35% la producción de energía eléctrica de los paneles solares fotovoltaicos [22].

2.11. ECUACION DEL TIEMPO

Un parámetro importante que tiene que ser considerado en este análisis es la hora solar, la cual difiere de la hora oficial que indica un reloj exacto. Ambos están relacionados entre sí por la expresión:

$$\text{Hora solar} = \text{Hora oficial} + E + 4(L_{\text{ref}} - L_{\text{loc}})$$

Donde E es la ecuación del tiempo, en minutos; L_{ref} es la longitud del meridiano de referencia horaria para la zona en cuestión, y L_{loc} es la longitud del meridiano del lugar, en grados oeste. Una forma de evaluar el valor de la ecuación del tiempo E, en minutos, es mediante la siguiente expresión empírica [23]:

$$\text{Ecuación del tiempo} = 9.87 \sin(2B) - 7.53 \cos B - 1.5 \sin B$$

Dónde: $B = \frac{360}{364}(n-81)$ n = día del año ($1 \leq n \leq 365$)

2.11.1. ANGULO HORARIO ω

Por otra parte, el ángulo horario es igual a cero al medio día solar y adquiere un valor de 15° de longitud por cada hora, siendo positivo en las mañanas y negativo por las tardes, así $\omega = 30^\circ$ a las 10:30 y $\omega = -15^\circ$ a las 13:00 horas [23].

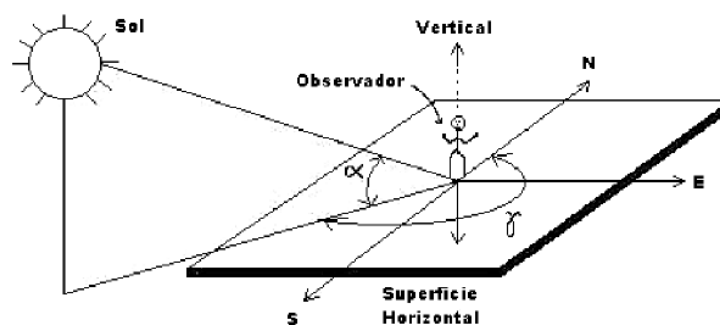
Una forma de calcular el ángulo horario ω , considerando que a las 6:00, 12:00 y 18:00 horas se tiene 90° , 0° , -90° respectivamente, es por medio de la siguiente expresión [23]:

$$\omega = -(15/\text{hr}) * (\text{hora solar}) + 180^\circ$$

2.11.2. ALTURA α Y AZIMUT SOLAR γ

Dado que los movimientos de la tierra y el sol son relativos entre sí, en este análisis se supondrá que la tierra esta fija en el espacio, que el sol describe un movimiento virtual alrededor de esta, y que el origen del sistema de coordenadas se localiza en el lugar de interés situado en la tierra. Desde un punto de vista tolemeico, el sol está restringido a moverse con dos grados de libertad en la esfera celeste. En consecuencia, su posición en el firmamento queda descrita mediante dos variables angulares: la altura solar α y el azimut solar γ . Estos dos parámetros son muy importantes ya que estos definen los movimientos que realizara el seguidor solar. Como se aprecia en la figura 2.11, la primera de estas variables define el ángulo forma el sol a la visual respecto al horizonte, en tanto que la segunda define la desviación que tienen los rayos del sol con respecto al norte verdadero. El cálculo preciso de estas variables depende fundamentalmente de tres parámetros: la latitud del lugar ϕ , la declinación δ y el ángulo horario ω [23].

Figura 2-11
Ángulos de posición solar.



Una vez determinada la latitud del lugar φ , la declinación δ y el ángulo horario ω , la altura solar α y el azimut solar γ , se pueden calcular por medio de las siguientes relaciones trigonométricas [23]:

$$\sin \alpha = \cos \varphi \cos \delta \cos \omega + \sin \varphi \sin \delta$$

$$\sin \gamma = \frac{\cos \delta \sin \omega}{\cos \alpha}$$

Finalmente, debe aplicarse una función inversa cuando el ángulo azimut es mayor a 90° lo cual ocurre cuando la posición del sol rebasa el eje o plano vertical este-este, bajo el siguiente razonamiento [23]:

$$\text{Si } \cos \omega < \frac{\tan \delta}{\tan \varphi} = \gamma = \sin^{-1} \frac{\cos \delta \sin \omega}{\cos \alpha},$$

En caso contrario,

$$\cos \omega > \frac{\tan \delta}{\tan \varphi} = \gamma = 180^\circ - \sin^{-1} \frac{\cos \delta \sin \omega}{\cos \alpha},$$

Por otro lado,

$$\gamma < 0, = \gamma = 360^\circ + \gamma$$

Capítulo III. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL MECANISMO

En este capítulo realizaremos el diseño de cada parte de la estructura de nuestro mecanismo. El diseño mecánico del seguidor solar se desarrolló considerando las condiciones del lugar de emplazamiento y con componentes que se pudieran adquirir fácilmente, se ha evitado la fabricación de componentes mecánicos de difícil manufactura así que en los cálculos se acoplo a engranajes, tornillos y tuercas comerciales para evitar el aumento del costo que este significaría en su desarrollo.

Se presentarán especificaciones y recomendaciones para realizar cada parte del mecanismo con la ayuda del programa Solidworks.

Las dimensiones exactas para la construcción se especificarán en el Anexo A.

Diseño de las partes en Solidworks

3.1. BASE DEL MECANISMO.

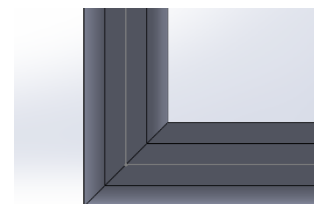
La base del mecanismo, se realizará seleccionando un plano en el CAD Solidworks recomendando sea en el plano planta, seguidamente seleccionamos un rectángulo, acotamos. Salimos del croquis, nos dirigimos a menú, insertar, piezas soldadas; dentro de las opciones piezas soldadas seleccionamos los trazos que deseamos diseñar en forma perfil, ya seleccionados estos segmentos definiremos el estándar en el que diseñaremos, recomendando sea en el sistema ingles ya que es el más comercial, seleccionamos en tipo: tubo cuadrado y en tamaño las dimensiones del miembro estructural necesarias. Para finalizar seleccionamos que tratamiento de esquina aplicaremos esto quiere decir como estarán unidas las esquinas de esta pieza, recomendando extremo a inglete 45° ya que es el más adecuado para este tipo de perfiles.

Figura 3-1

- a) Base de estructura
- b) esquina recortada 45°



a)



b)

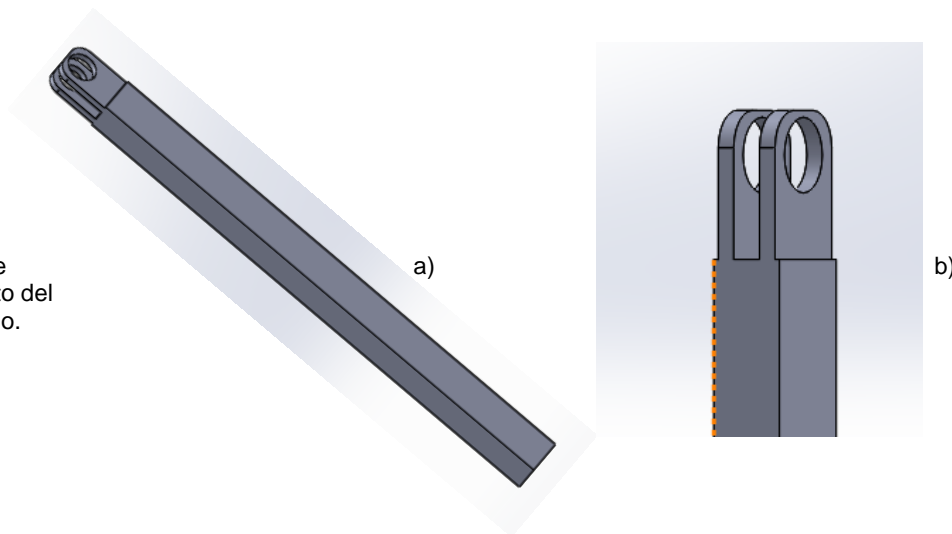
3.2. PATA SOPORTE.

Esta pieza estará en los extremos de la base y servirá como soporte de la canasta que sostendrá el panel solar, estará unida mediante una chumacera en la canasta y restringida a un grado de libertad con un tornillo y rodamientos que facilitaran este movimiento. La realización de esta pieza es sencilla, comenzaremos con insertar croquis, plano alzado, rectángulo, en operaciones seleccionamos extruir; determinamos la dimensión que se desea extruir y seleccionamos aceptar.

Una vez obtenida esta pieza sólida, regresamos en menú operaciones y seleccionamos la opción extruir corte, a continuación, nos pedirá el plano sobre el cual vamos a extruir el corte entonces seleccionamos los lados donde se realizará en corte y realizamos los tratos necesarios para concluir esta operación.

Figura 3-2

- a) Pata soporte
- b) acercamiento del corte extruido.

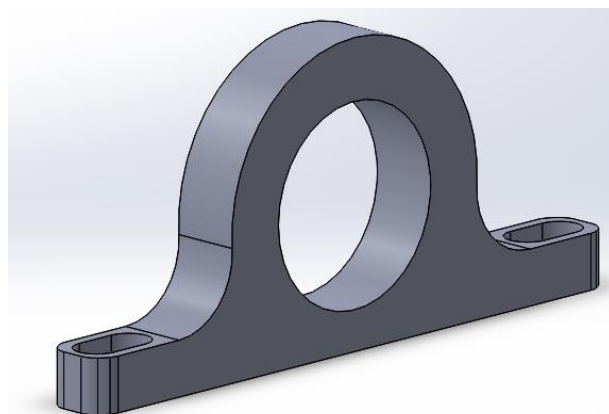


3.3. CHUMACERA.

Para realizar esta pieza comenzamos insertando croquis en plano alzado, con los trazos de líneas y círculos damos la forma de chumacera, al terminar el plano de esta salimos de croquis y nos dirigimos al menú de operaciones extruimos la pieza desacuerdo a la dimensión seleccionada y finalizamos con la operación extruir corte en los planos donde se realizarán los orificios de los tornillos que sostienen la pieza.

Figura 3-3

Chumacera



3.4. CANASTA.

Esta pieza se diseñará igual que la pieza base del mecanismo figura 3-1. lo único que va a cambiar es el perfil con el que se realizara ya que en esta canasta sentara el panel fotovoltaico. El perfil que utilizaremos es hierro angular y en el tratamiento de esquina recomiendo aplicar extremo a tope.

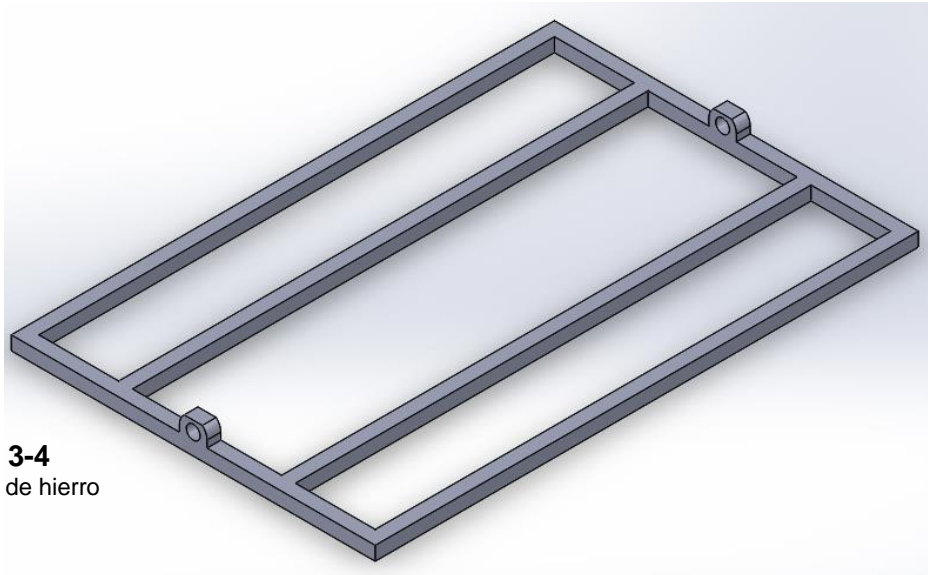


Figura 3-4
Canasta de hierro
Angular.

3.5. BRAZO.

El brazo es una pieza importante en esta estructura porque depende de la altura de esta será el ángulo limite en el que el panel se estacionará ya sea 45° o 30° de acuerdo como el diseñador desee, estará colocada en la base soporte y evitara que la canasta se voltee verticalmente. En Solidworks la diseñaremos como un tubo cuadrado con una longitud especifica.

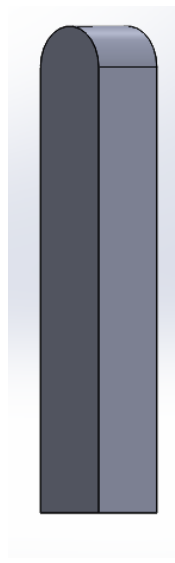


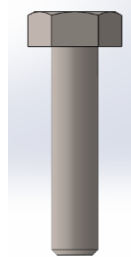
Figura 3-5
Brazo de hierro

3.6. TORNILLO

El tornillo seleccionado es de ½ pulgada. Y lo realizaremos en la aplicación Toolbox de nuestro CAD Solidworks ahí seleccionaremos la carpeta de sistema inglés, pernos y tornillos, cabeza hexagonal y finalmente perno con cabeza hexagonal.

Enseguida seleccionaremos las propiedades de nuestro tornillo el tamaño de su diámetro, la longitud del tornillo y la longitud roscada.

Figura 3-6
Tornillo comercial
De ½ “



3.7. RODAMIENTO

El rodamiento también será seleccionado de la aplicación Toolbox de nuestro CAD Solidworks; en la carpeta de sistema ingles seleccionamos rodamientos, rodamiento de bolas, rodamientos para instrumentos y de igual forma editamos las propiedades de nuestro rodamiento.

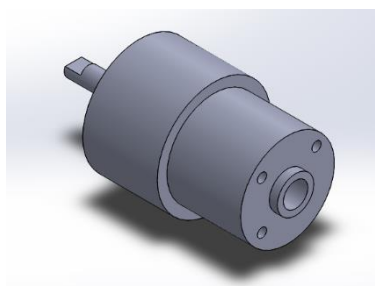
Figura 3-7
Rodamiento comercial
De bolas



3.8 MOTOR

El diseño del motor es meramente representativo así que es al gusto de cada quien como lo deseé diseñar en su dibujo yo decidí realizarlo de forma cuadrada con su eje y sus orificios de ventilación con las operaciones de extruir.

Figura 3-8
Motor cd.



3.9. BASE DEL MOTOR

La base del motor está diseñada con perfil cuadrado hechos a la medida recortados y soldados en forma de una T.

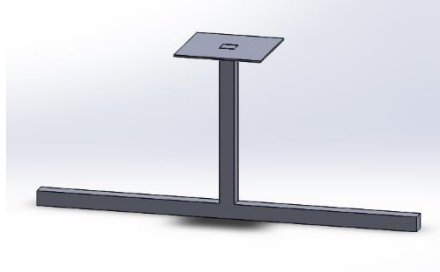


Figura 3-9
Base del motor.

3.10. ENGRANAJES

Los engranajes necesarios serán seleccionados de la aplicación Toolbox de nuestro CAD Solidworks, en la carpeta de sistema ingles seleccionamos transmisores de potencia, engranajes, engranajes rectos y a continuación editaremos las propiedades de nuestro engrane según sea el cálculo.

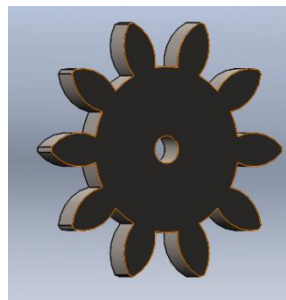
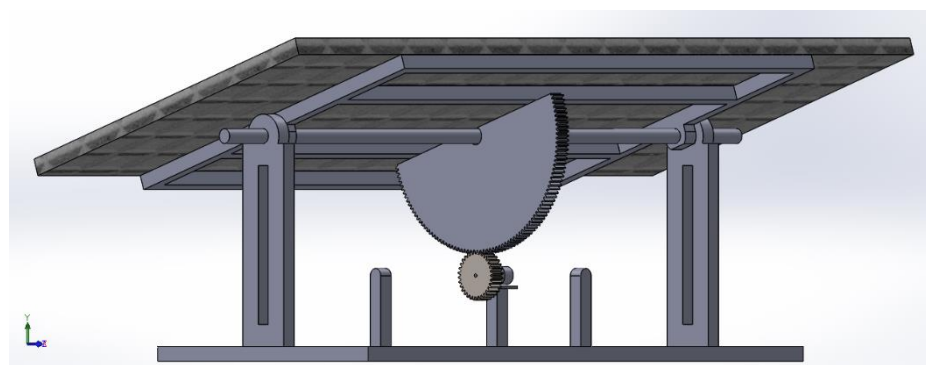


Figura 3-10
Engranaje de 10
dientes.

3.11. ENSAMBLE DE SEGUIDOR SOLAR

Figura 3-11
Ensamble de todas
Las piezas.



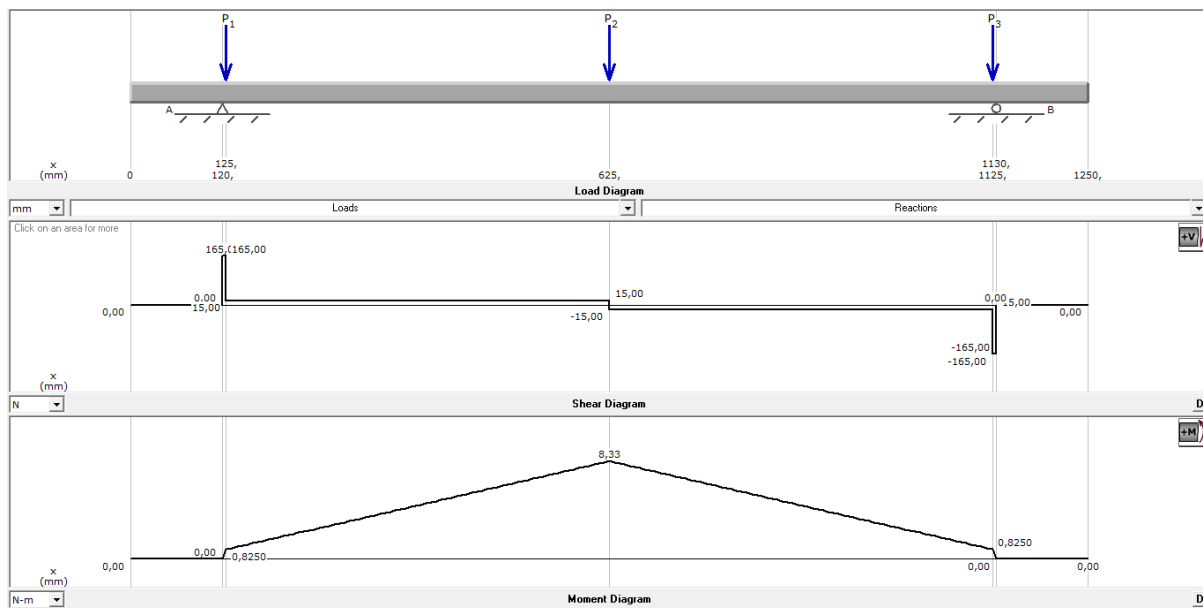
Capitulo IV. SIMULACION EN SOLIDWORKS

Para la simulación en solidworks tomaremos en cuenta lo siguiente; análisis de esfuerzos estáticos y análisis de fatiga en materiales, para lo que debemos decidir el tipo de material con el que estará fabricado nuestro mecanismo. Tomando en cuenta esto presentaremos que el equipo se estudiara con dos distintos tipos de materiales, acero al carbono AISI A-36 y aleación de aluminio 6061 ya que ambos son comerciales, pero con una diferencia notable en resistencia como en costo y al final realizaremos una comparación de cual material es el mejor.

DIAGRAMAS DE FUERZAS Y MOMENTOS

Para realizar los cálculos de fuerzas tomaremos nuestro eje principal como una viga y colocaremos tres fuerzas axiales; dos de ellas representaran el peso del panel solar, así como también el de los materiales que están sujeto a él y en tercero representará el peso de nuestro engranaje que carga libre desde la mitad de este eje.

Para la realización de nuestros diagramas de fuerza nos apoyaremos con el siguiente cad llamado MDsolids.

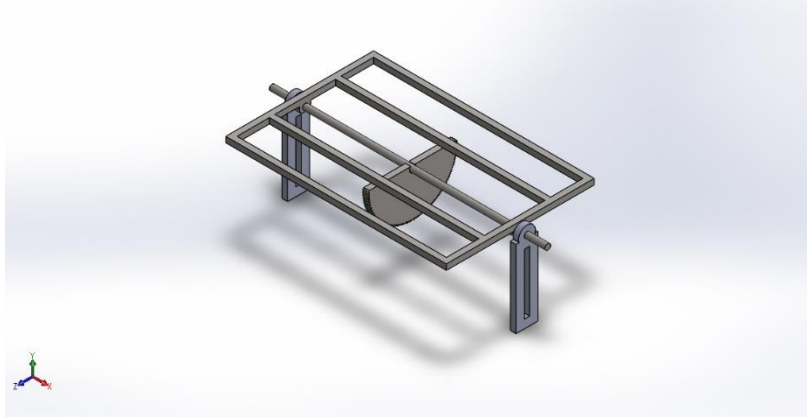


Para resultados obtenemos valores de fuerzas máximas (N) y momento máximo (N/m).

$$F_{\max.} = 165 \text{ N}$$

$$M_{\max.} = 8.33 \text{ N/m}$$

SIMULACION DE ANALISIS ESTATICO EN ACERO AL CARBON



Descripción

SIMULACION DE ANALISIS ESTATICO EN UN MECANISMO PARA UN PANEL FOTOVOLTAICO CON MATERIAL DE ACERO AL CARBONO AISI A-36.

Nombre del modelo: Ensamblaje2
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Cortar-Extruir1 	Sólido	Masa: 26.2481 kg Volumen: 0.00336514 m ³ Densidad: 7800 kg/m ³ Peso: 257.232 N	C:\Users\Windows 8\Downloads\RESIDENCIA 2015\NUEVO DISEÑO\ARRIBA1in.SLDPR T Dec 03 23:21:08 2015
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa: 4.9404 kg Volumen: 0.000633384 m ³ Densidad: 7800 kg/m ³ Peso: 48.4159 N	C:\Users\Windows 8\Downloads\RESIDENCIA 2015\NUEVO DISEÑO\ejc.SLDPR T Dec 03 23:21:08 2015

<spur gear_am>-<Bore>	Sólido	Masa:13.0603 kg Volumen:0.0016744 m ³ Densidad:7800 kg/m ³ Peso:127.991 N	C:\Users\Windows 8\Downloads\RESIDENCIA 2015\NUEVO DISEÑO\engrad160m2.5 ORIGINAL.SLDPRT Dec 03 23:21:08 2015
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:6.17962 kg Volumen:0.000792259 m ³ Densidad:7800 kg/m ³ Peso:60.5603 N	C:\Users\Windows 8\Downloads\RESIDENCIA 2015\NUEVO DISEÑO\latera.SLDPRT Dec 03 23:21:08 2015
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:6.17962 kg Volumen:0.000792259 m ³ Densidad:7800 kg/m ³ Peso:60.5603 N	C:\Users\Windows 8\Downloads\RESIDENCIA 2015\NUEVO DISEÑO\latera.SLDPRT Dec 03 23:21:08 2015

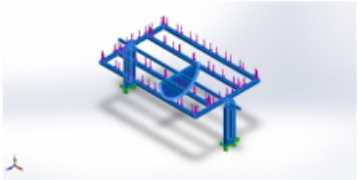
Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Análisis estático 1
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Windows 8\Downloads\RESIDENCIA 2015\DISEÑO SOLIDWORKS\SIMULACION RESIDENCIA)

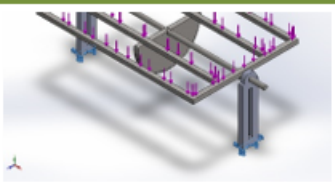
Unidades

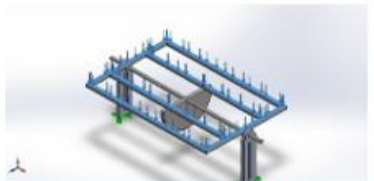
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: Acero al carbono fundido Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 2.48168e+008 N/m ² Límite de tracción: 4.82549e+008 N/m ² Módulo elástico: 2e+011 N/m ² Coefficiente de Poisson: 0.32 Densidad: 7800 kg/m ³ Módulo cortante: 7.6e+010 N/m ² Coefficiente de dilatación térmica: 1.2e-005 / Kelvin	Sólido 1(Cortar-Extruir1)(ARRIBA1in-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(eje-1), Sólido 1(<spur gear_am>-<Bore>)(engrenad160m2.5ORIGINAL-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(latera-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(latera-2)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-0.00231099	294.193	-0.00101042	294.193
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-2		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 294.2 N

Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto global		Tipo: Unión rígida Componentes: 1 componente(s) Opciones: Mallado compatible

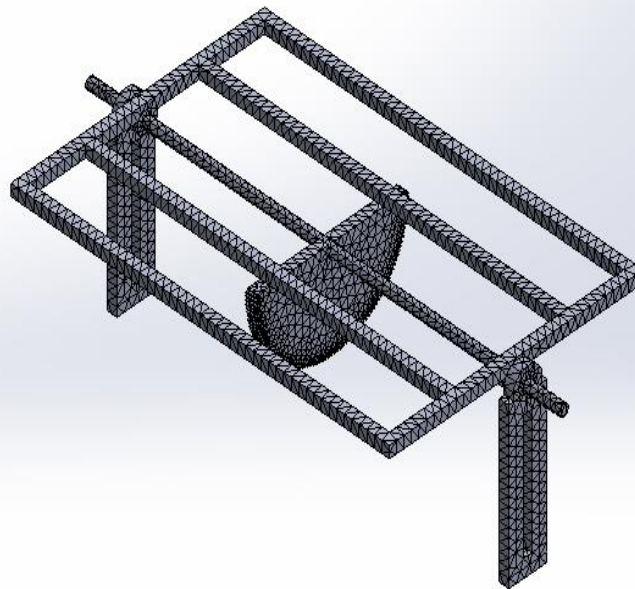
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño máximo de elemento	0 m
Tamaño mínimo del elemento	0 m
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	28156
Número total de elementos	14761
Cociente máximo de aspecto	13.052
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	81.2
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.00677
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:09
Nombre de computadora:	ANDDRESITO

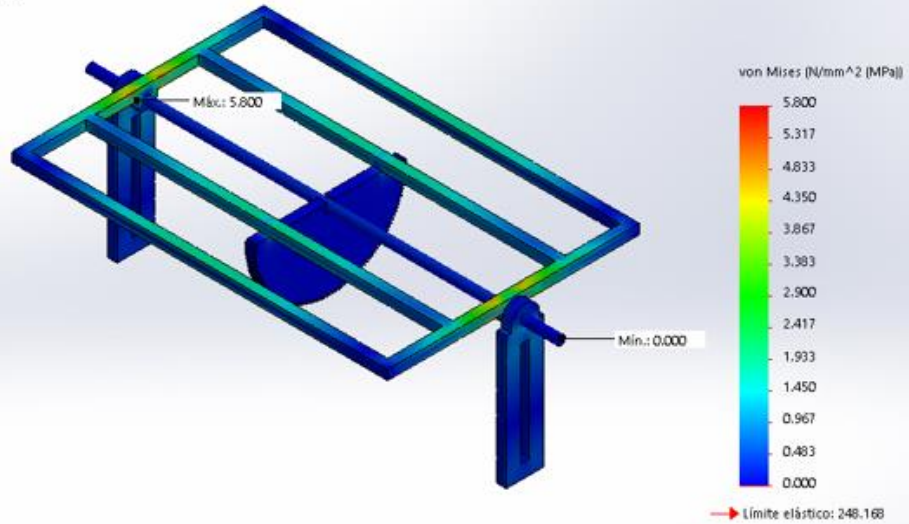
Nombre del modelo: Ensamblaje2
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de malla: Malla sólida



Resultados del estudio

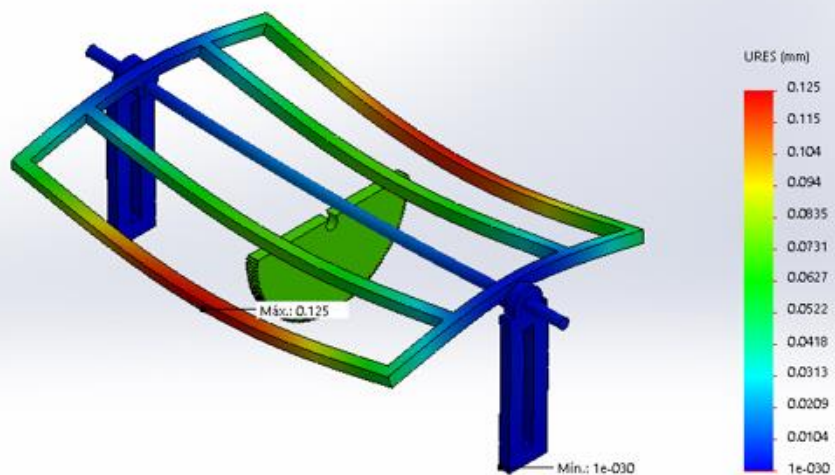
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	2.05707e-006 N/mm ² (MPa) Nodo: 10245	5.80001 N/mm ² (MPa) Nodo: 10715

Nombre del modelo: Ensamblaje2
 Nombre de estudio: Análisis estático 1-(Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0 mm Nodo: 24017	0.125304 mm Nodo: 83

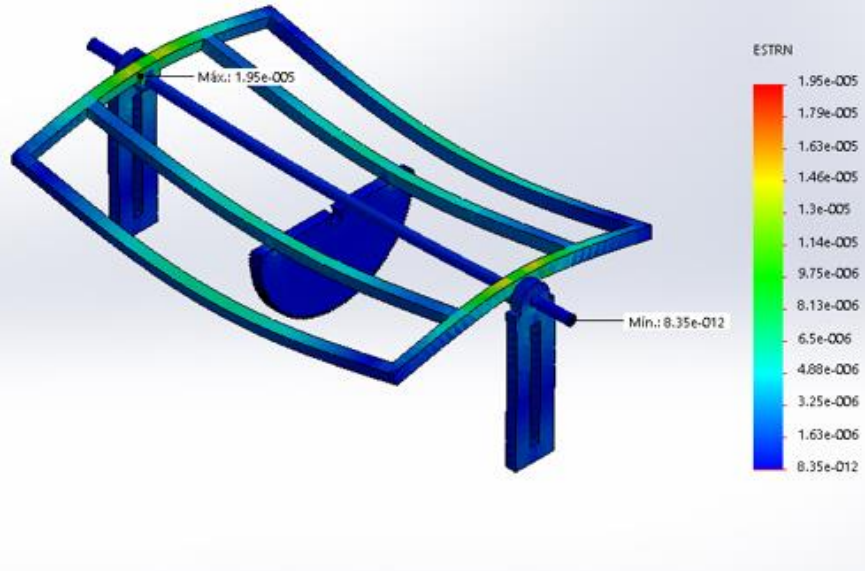
Nombre del modelo: Ensamblaje2
 Nombre de estudio: Análisis estático 1-(Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 997.834



Ensamblaje2-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	8.34741e-012 Elemento: 4697	1.95017e-005 Elemento: 4905

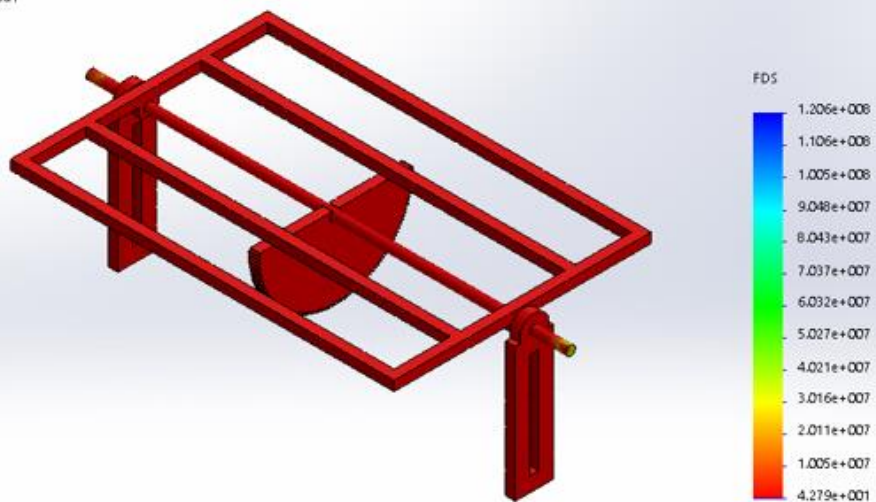
Nombre del modelo: Ensamblaje2
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
Escala de deformación: 997.834



Ensamblaje2-Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

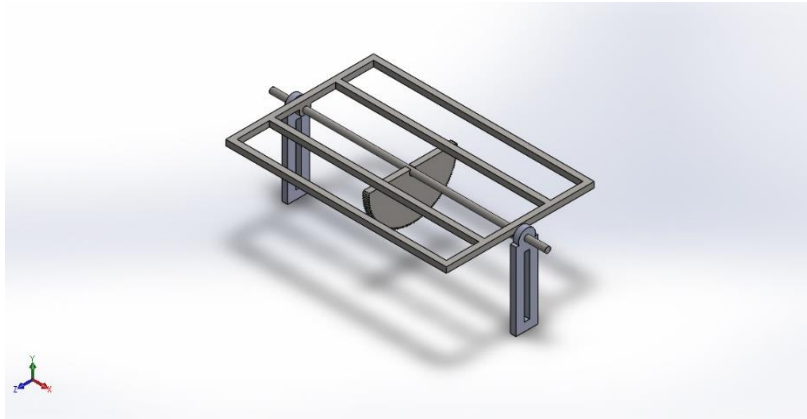
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Automático	42.7875 Nodo: 10715	1.20641e+008 Nodo: 10245

Nombre del modelo: Ensamblaje2
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 43



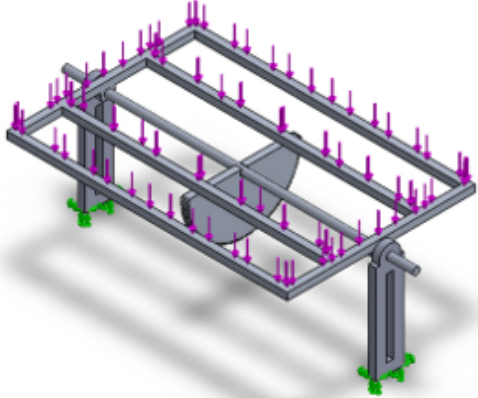
Ensamblaje2-Análisis estático 1-Factor de seguridad-Factor de seguridad1

SIMULACION DE ANALISIS ESTATICO EN ALUMINIO DE ALEACION 1660

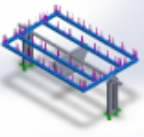
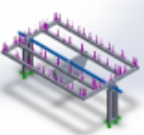


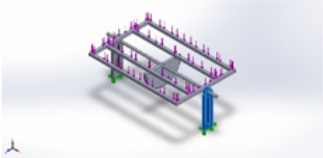
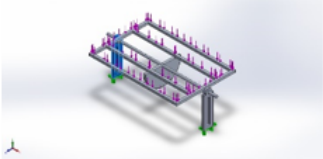
Descripción

SIMULACION DE ANALISIS ESTATICO EN UN MECANISMO PARA UN PANEL FOTOVOLTAICO CON MATERIAL DE ALUMINIO ALEACION 6061.



Nombre del modelo: Ensamblaje2
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
 Cortar-Extruir1	Sólido	Masa:9.08589 kg Volumen:0.00336514 m ³ Densidad:2700 kg/m ³ Peso:89.0417 N	C:\Users\Windows 8\Downloads\RESIDENCIA 2015\NUEVO DISEÑO\ARRIBA1in.SLDPR T Dec 03 23:21:08 2015
 Saliente-Extruir1	Sólido	Masa:1.71014 kg Volumen:0.000633384 m ³ Densidad:2700 kg/m ³ Peso:16.7593 N	C:\Users\Windows 8\Downloads\RESIDENCIA 2015\NUEVO DISEÑO\ejc.SLDPR T Dec 03 23:21:08 2015

<spur gear_am>-<Bore>	Sólido	Masa:4.52089 kg Volumen:0.0016744 m ³ Densidad:2700 kg/m ³ Peso:44.3047 N	C:\Users\Windows 8\Downloads\RESIDENCIA 2015\NUEVO DISEÑO\engranad160m2.5 ORIGINAL.SLDPRT Dec 03 23:21:08 2015
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:2.1391 kg Volumen:0.000792259 m ³ Densidad:2700 kg/m ³ Peso:20.9632 N	C:\Users\Windows 8\Downloads\RESIDENCIA 2015\NUEVO DISEÑO\latera.SLDPRT Dec 03 23:21:08 2015
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:2.1391 kg Volumen:0.000792259 m ³ Densidad:2700 kg/m ³ Peso:20.9632 N	C:\Users\Windows 8\Downloads\RESIDENCIA 2015\NUEVO DISEÑO\latera.SLDPRT Dec 03 23:21:08 2015

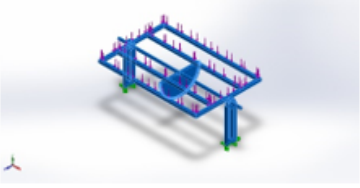
Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Análisis estático 2
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Windows 8\Downloads\RESIDENCIA 2015\DISEÑO SOLIDWORK\SIMULACION RESIDENCIA)

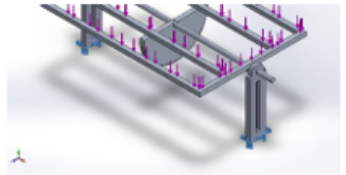
Unidades

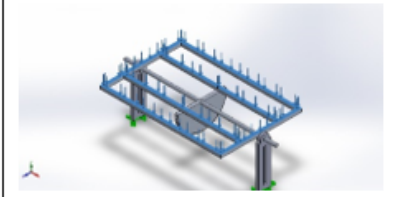
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: Aleación 6061 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 5.51485e+007 N/m ² Límite de tracción: 1.24084e+008 N/m ² Módulo elástico: 6.9e+010 N/m ² Coefficiente de Poisson: 0.33 Densidad: 2700 kg/m ³ Módulo cortante: 2.6e+010 N/m ² Coefficiente de dilatación térmica: 2.4e-005 /Kelvin	Sólido 1(Cortar-Extruir1)(ARRIBA1in-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(eje-1), Sólido 1(<spur gear_am>-<Bore>)(engranad160m2.5ORIGINAL-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(latera-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(latera-2)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-0.00216627	294.195	0.000873089	294.195
Momento de reacción(N.m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 294.2 N

Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto global		Tipo: Unión rígida Componentes: 1 componente(s) Opciones: Mallado compatible

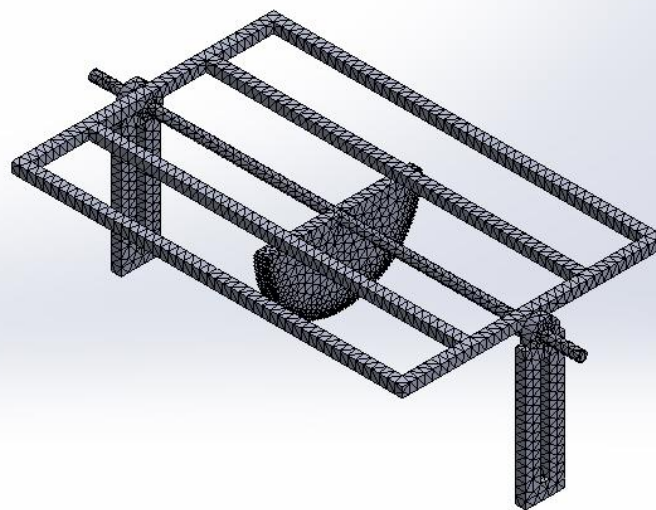
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	0.0201716 m
Tolerancia	0.00100858 m
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	28156
Número total de elementos	14761
Cociente máximo de aspecto	13.052
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	81.2
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.00677
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:09
Nombre de computadora:	ANDDRESITO

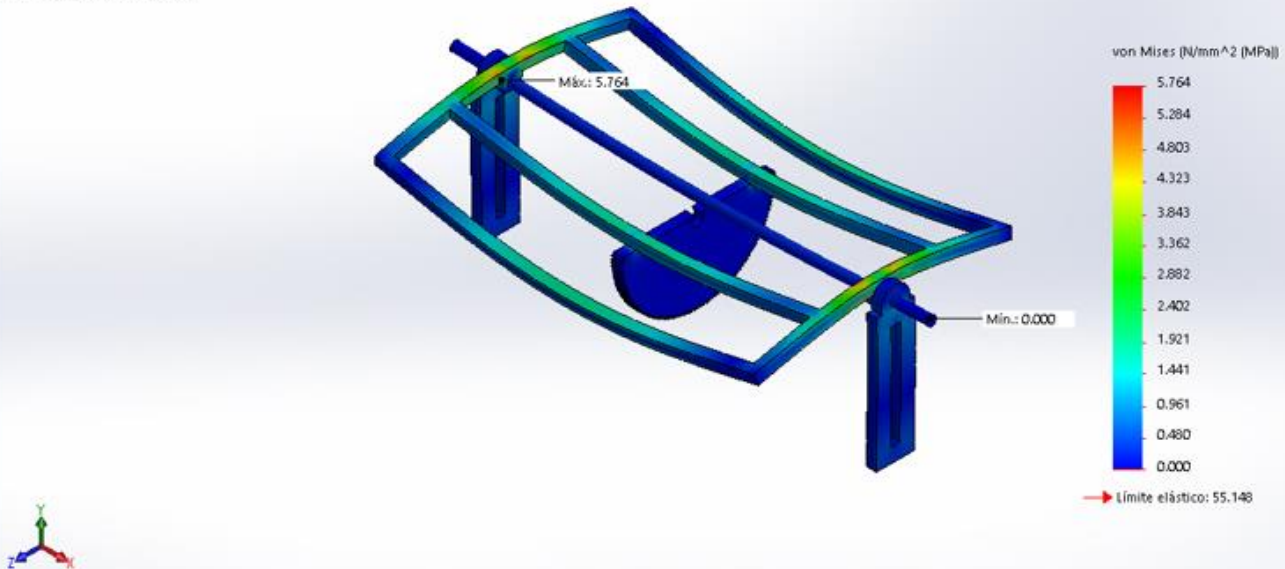
Nombre del modelo: Ensamblaje2
Nombre de estudio: Análisis estático 2 (Predeterminado)
Tipo de malla: Malla sólida



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	2.35149e-006 N/mm ² (MPa) Nodo: 8137	5.76419 N/mm ² (MPa) Nodo: 10715

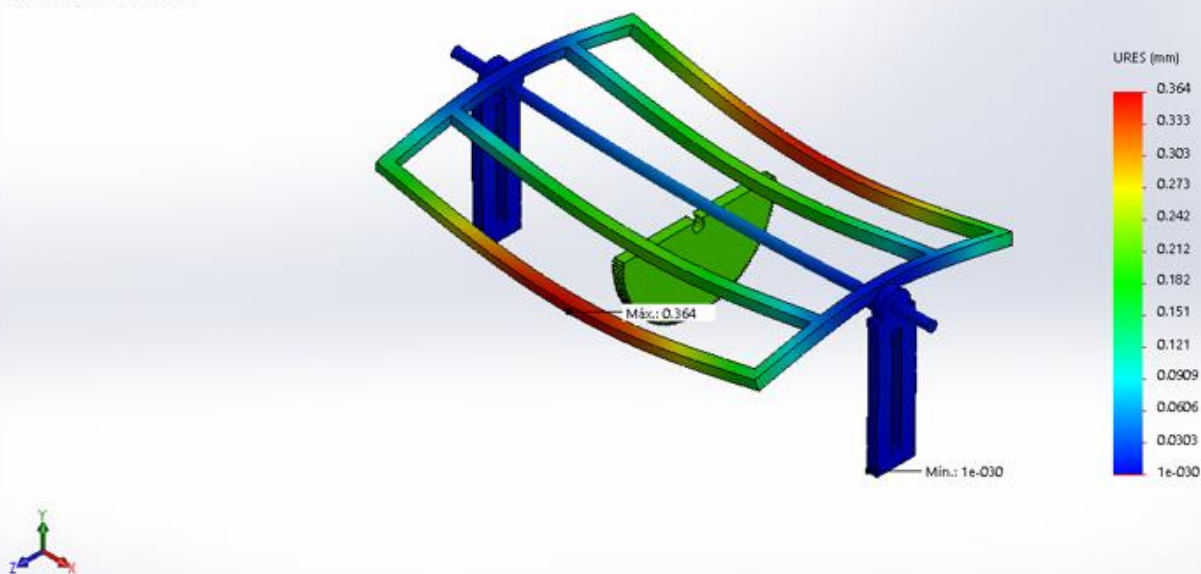
Nombre del modelo: Ensamblaje2
 Nombre de estudio: Análisis estático 2-(Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
 Escala de deformación: 343.919



Ensamblaje2-Análisis estático 2-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamientos resultantes	0 mm Nodo: 24017	0.363552 mm Nodo: 83

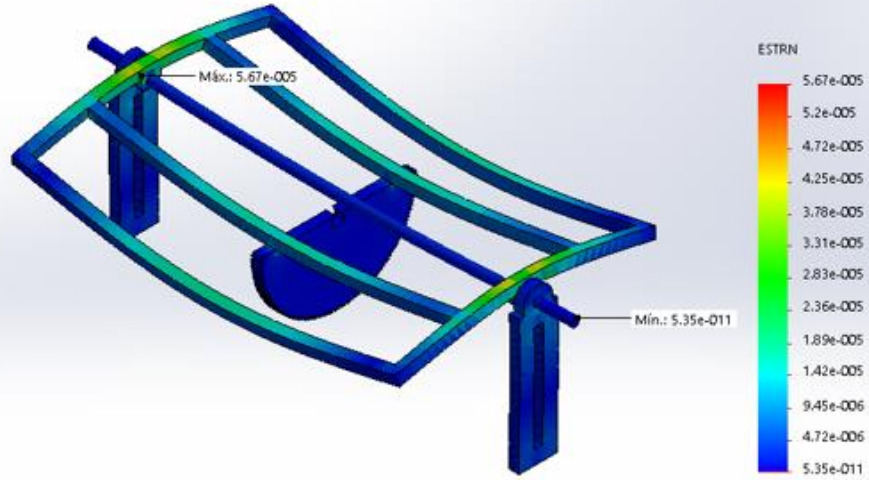
Nombre del modelo: Ensamblaje2
 Nombre de estudio: Análisis estático 2-(Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
 Escala de deformación: 343.919



Ensamblaje2-Análisis estático 2-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	5.35146e-011 Elemento: 5108	5.66848e-005 Elemento: 4905

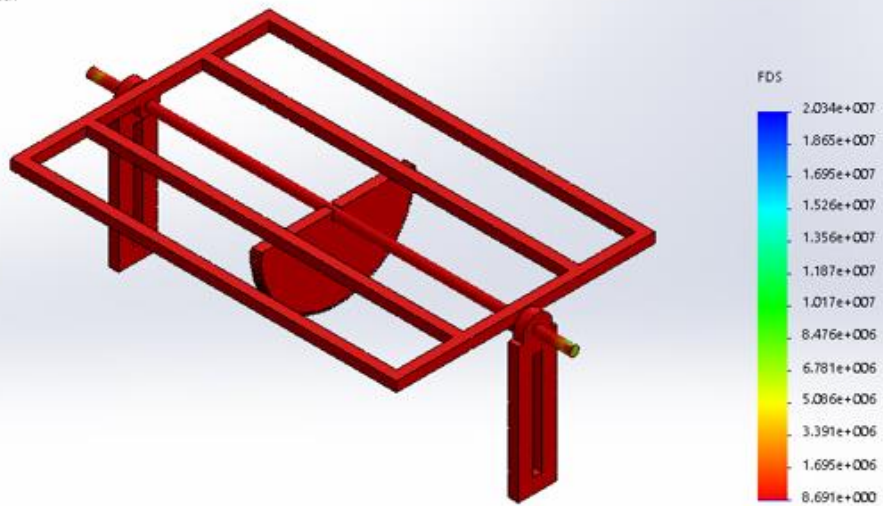
Nombre del modelo: Ensamblaje2
Nombre de estudio: Análisis estático 2 (Predeterminado)
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
Escala de deformación: 343.919



Ensamblaje2-Análisis estático 2-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

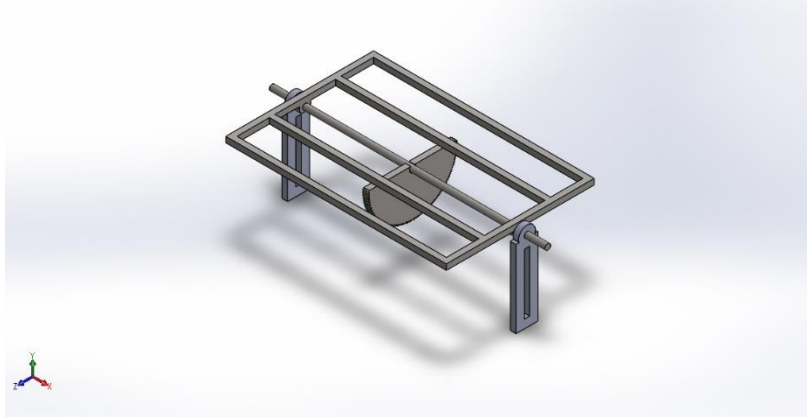
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Tensión de cortadura máx. (Tresca)	8.69105 Nodo: 10715	2.0343e+007 Nodo: 8137

Nombre del modelo: Ensamblaje2
Nombre de estudio: Análisis estático 2 (Predeterminado)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Tensión de cortadura máx.
Distribución de factor de seguridad: FDS min = 8.7



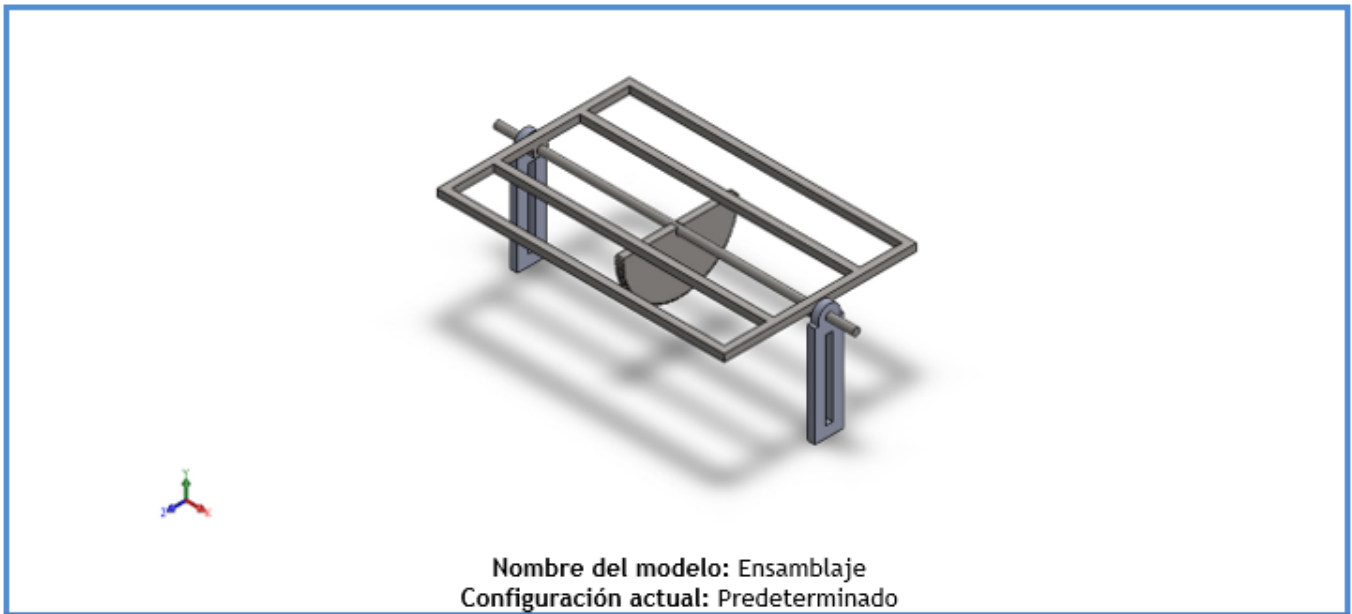
Ensamblaje2-Análisis estático 2-Factor de seguridad-Factor de seguridad1

SIMULACION DE ANALISIS DE FATIGA EN ACERO AL CARBON



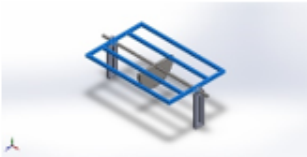

Descripción

SIMULACION DE ANALISIS DE FATIGA EN UN MECANISMO PARA UN PANEL FOTOVOLTAICO CON MATERIAL DE ACERO AL CARBONO AISI A-36.



Nombre del modelo: Ensamblaje
Configuración actual: Predeterminado

Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Cortar-Extruir1 	Sólido	Masa:26.2481 kg Volumen:0.00336514 m ³ Densidad:7800 kg/m ³ Peso:257.232 N	C:\Users\Windows 8\Downloads\RESIDENCIA 2015\NUEVO DISEÑO\ARRIBA1in.SLDPRT Dec 03 23:21:08 2015
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:4.9404 kg Volumen:0.000633384 m ³ Densidad:7800 kg/m ³ Peso:48.4159 N	C:\Users\Windows 8\Downloads\RESIDENCIA 2015\NUEVO DISEÑO\aje.SLDPRT Dec 03 23:21:08 2015

<spur gear_am>-<Bore>	Sólido	Masa:13.0603 kg Volumen:0.0016744 m ³ Densidad:7800 kg/m ³ Peso:127.991 N	C:\Users\Windows 8\Downloads\RESIDENCIA 2015\NUEVO DISEÑO\engranad160m2.5 ORIGINAL.SLDprt Dec 03 23:21:08 2015
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:6.17962 kg Volumen:0.000792259 m ³ Densidad:7800 kg/m ³ Peso:60.5603 N	C:\Users\Windows 8\Downloads\RESIDENCIA 2015\NUEVO DISEÑO\latera.SLDprt Dec 03 23:21:08 2015
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:6.17962 kg Volumen:0.000792259 m ³ Densidad:7800 kg/m ³ Peso:60.5603 N	C:\Users\Windows 8\Downloads\RESIDENCIA 2015\NUEVO DISEÑO\latera.SLDprt Dec 03 23:21:08 2015


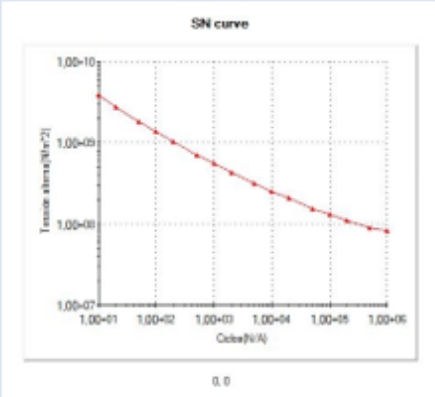
Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Fatiga 1
Tipo de análisis	Fatiga(Amplitud variable)
Nº de cajas para el conteo Rainflow	25
Filtrar los ciclos de carga siguientes	0% de intervalo máx.
Calcular tensiones alternas usando	Tensión equivalente (von Mises)
Cara de elemento SHELL	Cara superior
Corrección de la tensión media	Goodman
Factor de reducción de resistencia a la fatiga	1
Vida infinita	1e+007 Ciclos

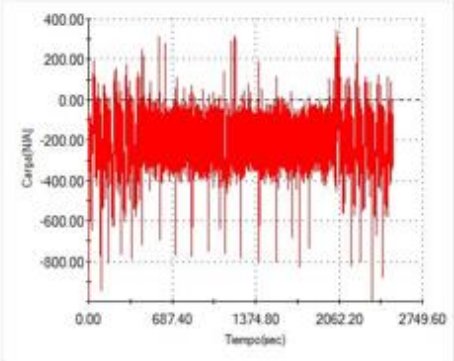
Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: Acero al carbono fundido</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p>	<p>Sólido 1(Cortar-Extruir1)(ARRIBA1in-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(eje-1), Sólido 1(<spur gear_am>-<Bore>)(engranad160m2.5ORIGINAL-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(latera-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(latera-2)</p>
<p>Datos de curva:</p>  <p>SN curve</p>		

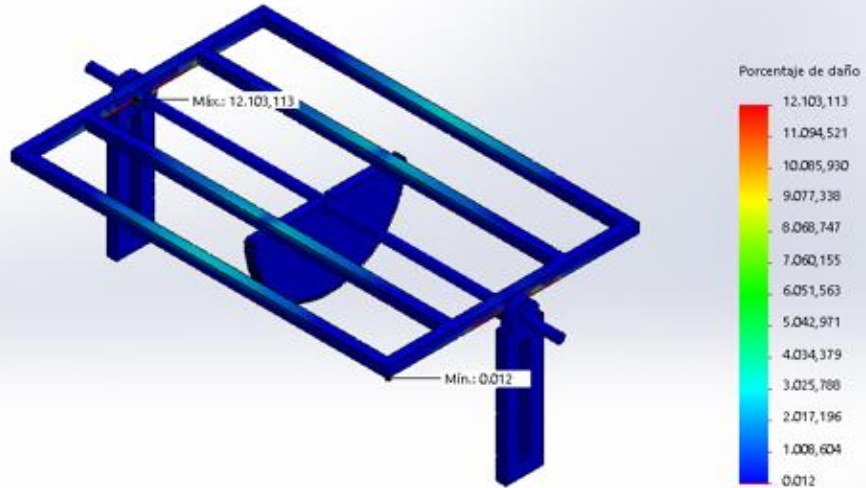
Opciones de carga

Nombre del evento	Tipo de carga Datos de curva	Asociación de estudios						
Suceso-1	 <p>SAE Suspension</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre de estudio</th> <th>Factor de escala</th> <th>Incremento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Análisis estático 1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Nombre de estudio	Factor de escala	Incremento	Análisis estático 1	1	0
Nombre de estudio	Factor de escala	Incremento						
Análisis estático 1	1	0						

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Resultados1	Daño acumulado	0.01247 Nodo: 58	12103.1 Nodo: 10715

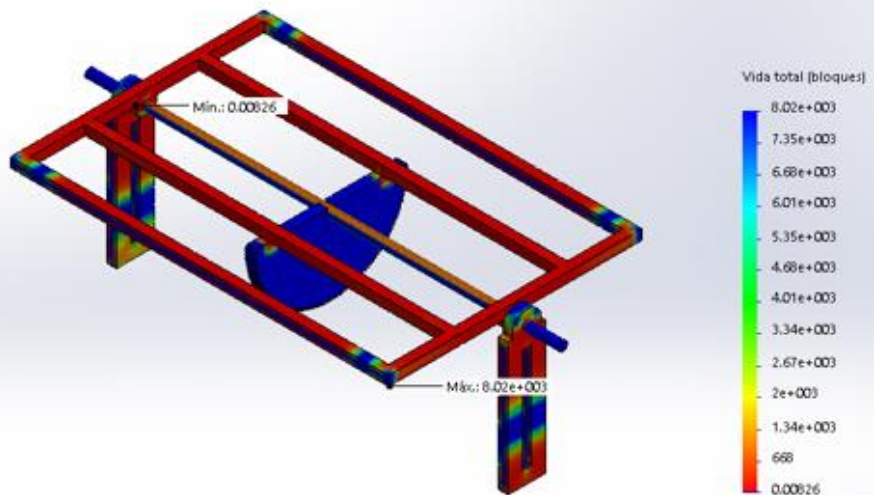
Nombre del modelo: Ensamblaje2
Nombre de estudio: Fatiga 1-[Predeterminado-]
Tipo de resultado: Fatiga[Daño] Resultados1



Ensamblaje2-Fatiga 1-Resultados-Resultados1

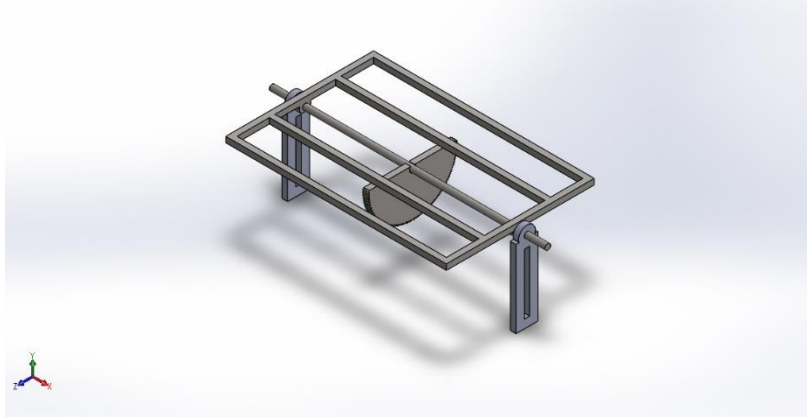
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Resultados2	Vida total	0.00826234 bloques Nodo: 10715	8019.25 bloques Nodo: 58

Nombre del modelo: Ensamblaje2
Nombre de estudio: Fatiga 1-[Predeterminado-]
Tipo de resultado: Fatiga[Vida] Resultados2



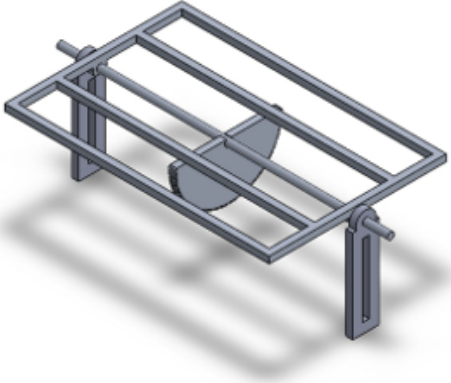

Ensamblaje2-Fatiga 1-Resultados-Resultados2

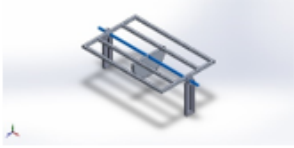


SIMULACION DE ANALISIS DE FATIGA EN ALUMINIO DE ALEACION 6061



Descripción

SIMULACION DE ANALISIS DE FATIGA EN UN MECANISMO PARA UN PANEL FOTOVOLTAICO CON MATERIAL ALUMINIO DE ALEACION 6061.

 Nombre del modelo: Ensamblaje Configuración actual: Predeterminado			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Cortar-Extruir1 	Sólido	Masa:9.08589 kg Volumen:0.00336514 m ³ Densidad:2700 kg/m ³ Peso:89.0417 N	C:\Users\Windows 8\Downloads\RESIDENCIA 2015\NUEVO DISEÑO\ARRIBA1in.SLDPR T Dec 03 23:21:08 2015

<p>Saliente-Extruir1</p> 	Sólido	<p>Masa:1.71014 kg Volumen:0.000633384 m³ Densidad:2700 kg/m³ Peso:16.7593 N</p>	<p>C:\Users\Windows 8\Downloads\RESIDENCIA 2015\NUEVO DISEÑO\leje.SLDPRT Dec 03 23:21:08 2015</p>
<p><spur gear_am>-<Bore></p>	Sólido	<p>Masa:4.52089 kg Volumen:0.0016744 m³ Densidad:2700 kg/m³ Peso:44.3047 N</p>	<p>C:\Users\Windows 8\Downloads\RESIDENCIA 2015\NUEVO DISEÑO\engrad160m2.5 ORIGINAL.SLDPRT Dec 03 23:21:08 2015</p>
<p>Saliente-Extruir1</p> 	Sólido	<p>Masa:2.1391 kg Volumen:0.000792259 m³ Densidad:2700 kg/m³ Peso:20.9632 N</p>	<p>C:\Users\Windows 8\Downloads\RESIDENCIA 2015\NUEVO DISEÑO\latera.SLDPRT Dec 03 23:21:08 2015</p>
<p>Saliente-Extruir1</p> 	Sólido	<p>Masa:2.1391 kg Volumen:0.000792259 m³ Densidad:2700 kg/m³ Peso:20.9632 N</p>	<p>C:\Users\Windows 8\Downloads\RESIDENCIA 2015\NUEVO DISEÑO\latera.SLDPRT Dec 03 23:21:08 2015</p>


Propiedades de estudio

Nombre de estudio	Fatiga 1
Tipo de análisis	Fatiga(Amplitud variable)
Nº de cajas para el conteo Rainflow	25
Filtrar los ciclos de carga siguientes	0% de intervalo máx.
Calcular tensiones alternas usando	Tensión equivalente (von Mises)
Cara de elemento SHELL	Cara superior
Corrección de la tensión media	Goodman
Factor de reducción de resistencia a la fatiga	1
Vida infinita	1e+007 Ciclos
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS (C:\Users\Windows 8\Downloads\RESIDENCIA 2015\DISEÑO SOLIDWORKS SIMULACION RESIDENCIA

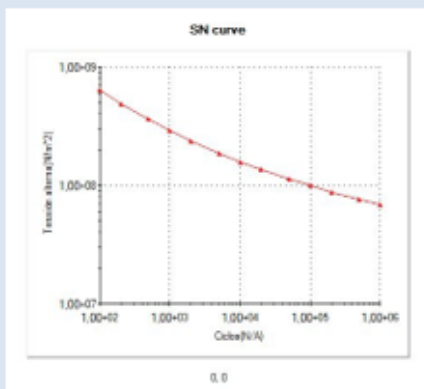
Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

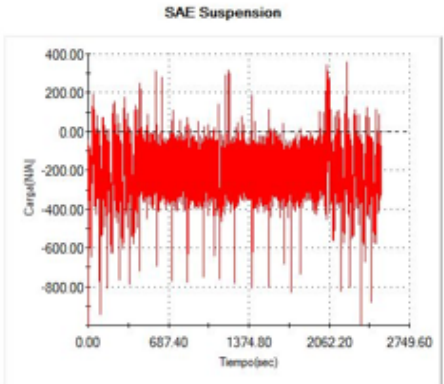
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: Aleación 6061</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p>	<p>Sólido 1(Cortar-Extruir1)(ARRIBA1in-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(eje-1), Sólido 1(<spur gear_am>-<Bore>)(engranad160m2.5ORIGINAL-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(latera-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(latera-2)</p>

+ Datos de curva:

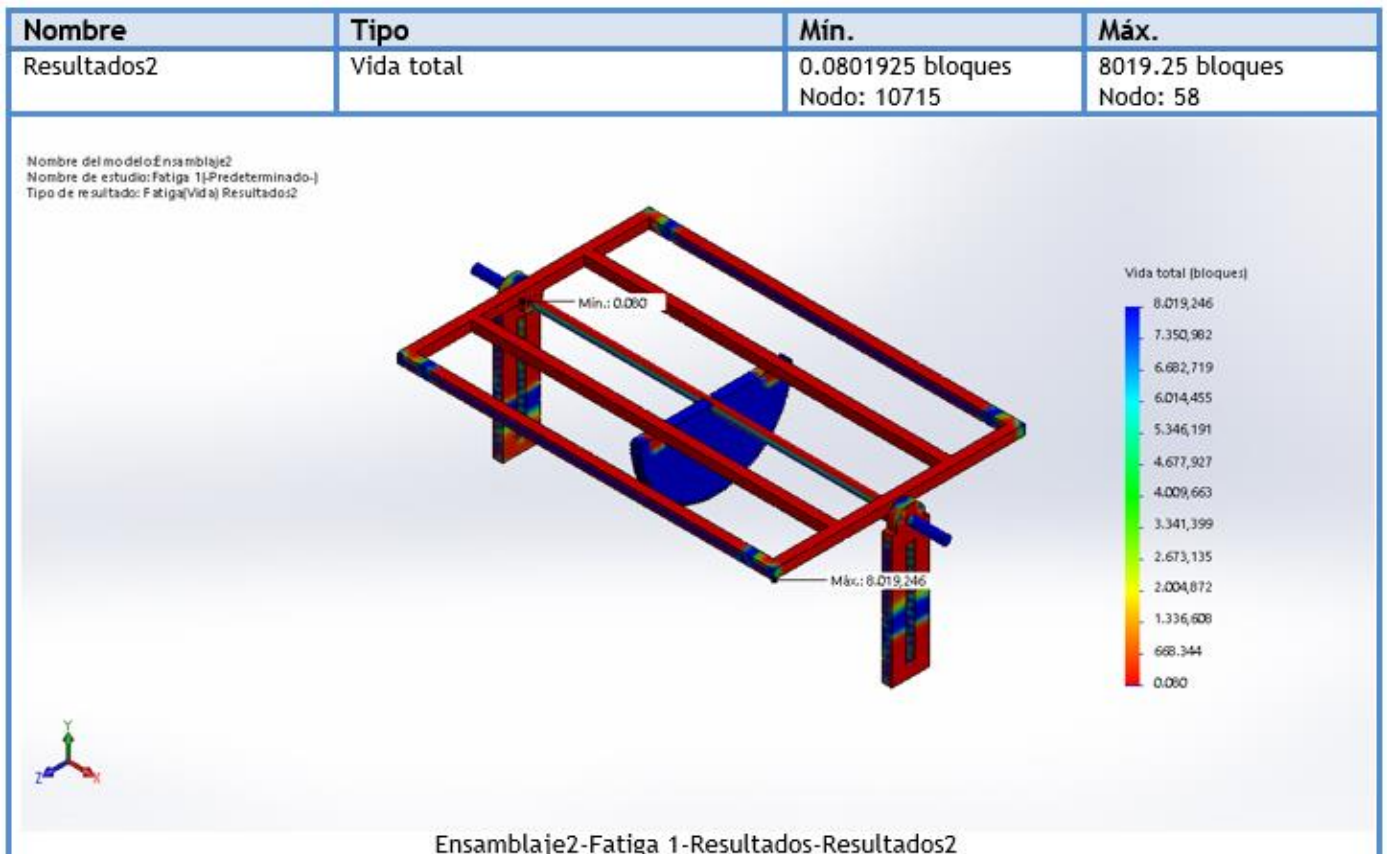
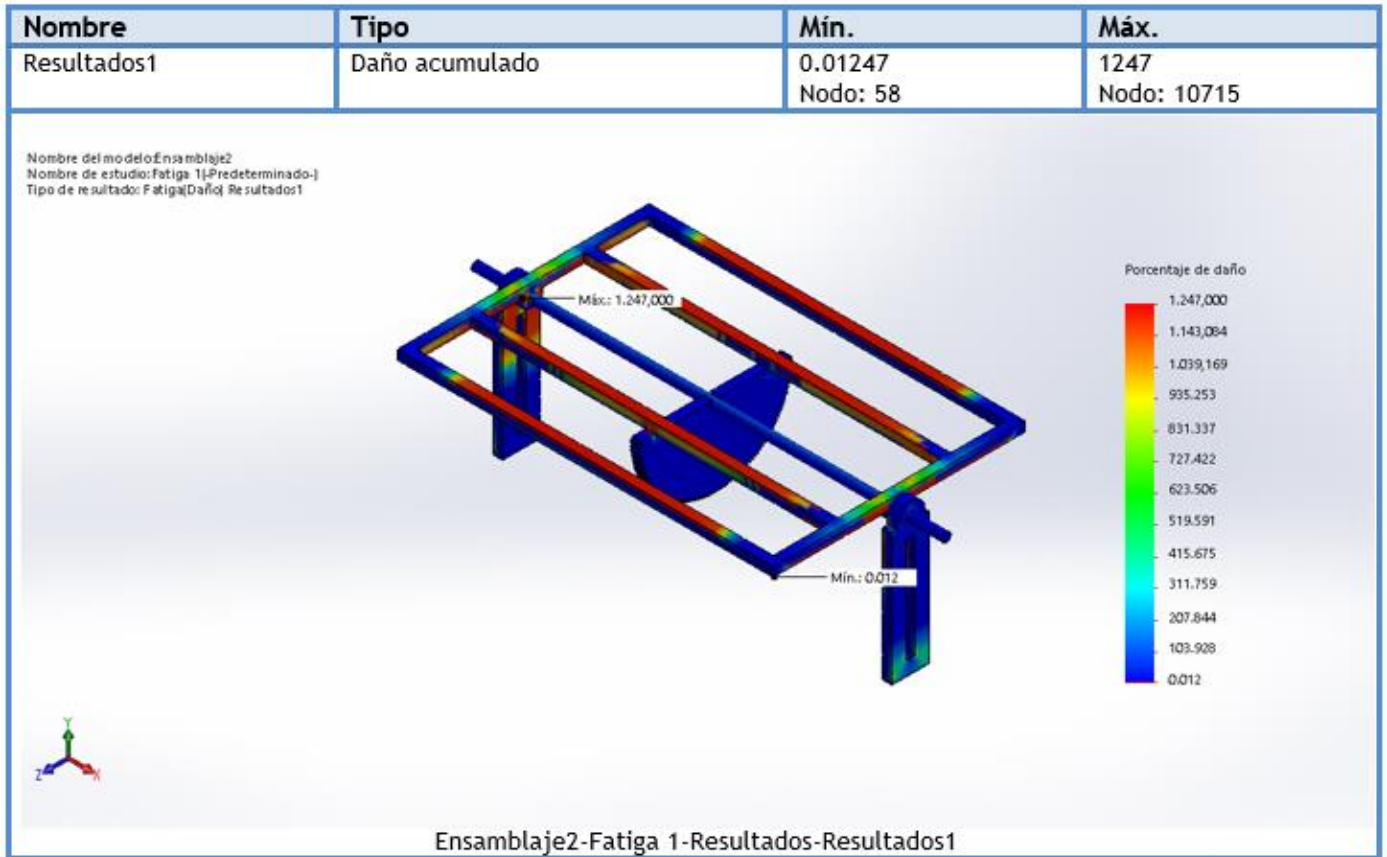


SN curve

Opciones de carga

Nombre del evento	Tipo de carga Datos de curva	Asociación de estudios						
Suceso-1		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre de estudio</th> <th>Factor de escala</th> <th>Incremento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Análisis estático 1</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Nombre de estudio	Factor de escala	Incremento	Análisis estático 1	1	0
Nombre de estudio	Factor de escala	Incremento						
Análisis estático 1	1	0						

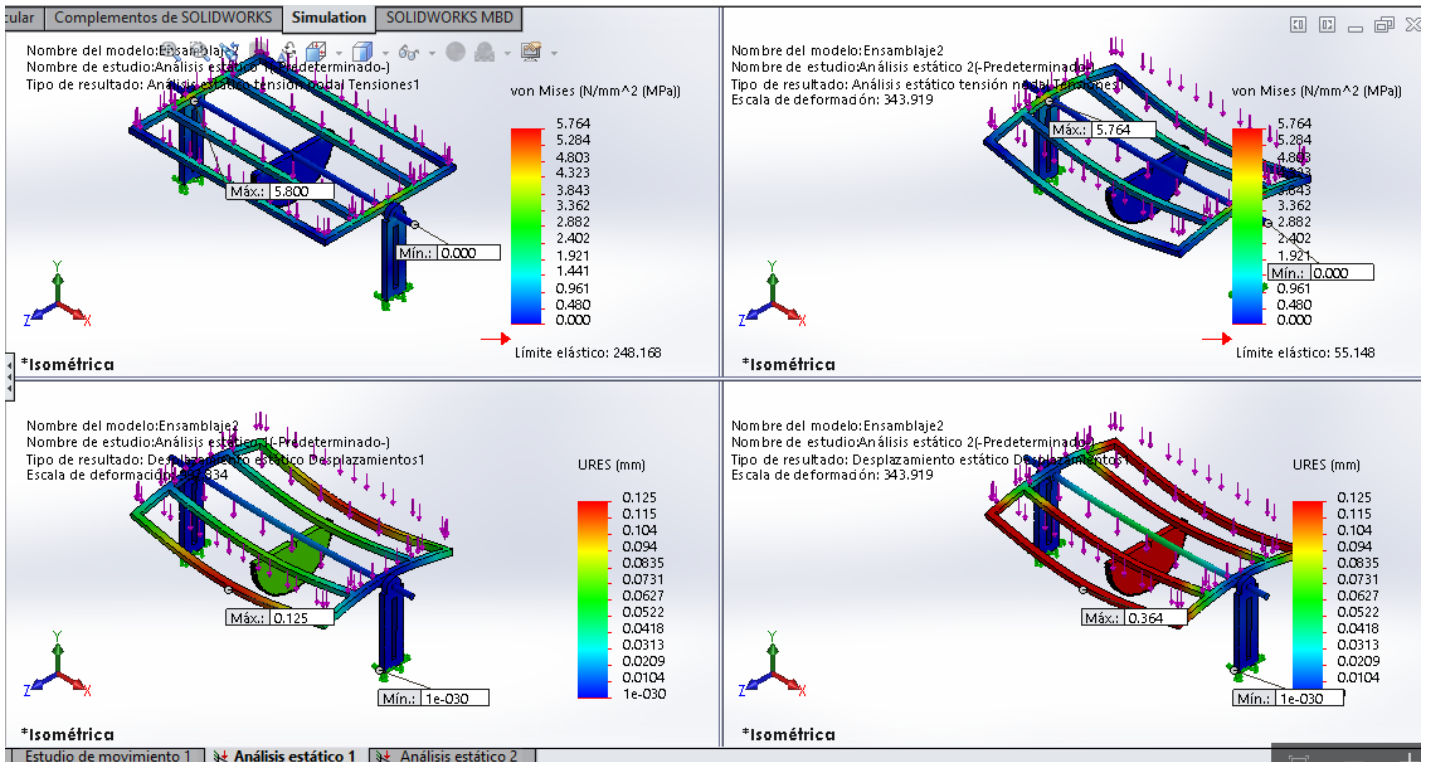
Resultados del estudio



COMPARACIÓN EN DEFORMACIONES UNITARIAS Y DESPLAZAMIENTOS.

Como conclusión se puede apreciar como la aleación de aluminio se deforma demasiado con respecto a las cargas estáticas que fueron asignadas a la simulación de este mecanismo; esto quiere decir que para cuestiones de diseño es de mejor utilidad aplicar acero al carbono, pero en cuestiones monetarias el aluminio puede ser una buena opción ya que de acuerdo a Solidwork Simulation los desplazamientos son mínimos.

MATERIAL	DESPLAZAMIENTO	VON DISSES
ACERO AL CARBONO AISI A-36	0.125304 mm	$P_{max.} = 5.8 \text{ Mpa}$ $P_{min.} = 2.057 \text{ Mpa}$
ALUMINIO ALEACION 6061	0.36352 mm	$P_{max.} = 5.76419 \text{ Mpa}$ $P_{min.} = 2.3514 \text{ Mpa}$



Capítulo V. ANALISIS DE COSTOS DEL DISEÑO

En este capítulo se presentará una tabla con la lista de materiales que se utilizarán para la construcción del prototipo y el costo de cada uno de ellos, así también los lugares donde se cotizó los materiales. Cabe mencionar que los materiales que harán el control del sistema no se toman en cuenta en la etapa 1, debido a que se tomarán decisiones en la etapa 2, enfocados en la parte de control.

La cotización de materiales para la construcción tales como ángulo, tubular cuadrado, segueta y soldadura se realizó en la ferretería “LA FERRE” ubicada en la 5^{ta}. Avenida Norte Oriente, Barrio San Jacinto, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Los rodamientos, chumaceras, tornillos, arandelas y tuercas se cotizaron en la ferretería “MANDIOLA” ubicada en la 5^{ta}. Avenida Norte Oriente, Barrio San Jacinto, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

El motor eléctrico

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Pieza ángulo de 1/8 X 1 1/2"	\$135.10	\$135.10
1	Pieza cuadrado 1 1/4 tubular	\$93.53	\$93.53
1	Engrane	\$150	\$150
1	Engrane	\$450	\$450
4	Tornillos 1/2 x 2"	\$4.10	\$16.40
8	Arandelas planas 1/2	\$0.50	\$4.00
4	Tuercas de 1/2	\$2.35	\$9.40
1	Motor CD	\$569	\$569
2	Rodamientos	\$15	\$30
2	Chumaceras	\$50	\$100
1kg	Soldadura 6030	\$25.00	\$25.00
2	Segueta bimetálica	\$ 10.34	\$20.68
SUBTOTAL			\$1603.11
TOTAL + 16% IMPUESTOS			\$1859.0676

Bibliografías

- [1] D.C. Martins, "Usage of the solar energy from the photovoltaic panels for the generation of electrical energy," Telecommunications Energy Conference, 1999.
- [2] E. Anderson, "Solar Panel Peak Power Tracking System," WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE, 2003.
- [3] J. Merrill, "Solar thermal power system concepts for high power satellites," Aerospace conference proceedings IEEE, pp 69-74 Vol. 4, 2000.
- [4] "Cambio climatico," [en línea]. Available: <http://www.cambio-climatico.com/protocolo-de-Kyoto>.
- [5] J.A. Diaz, "tecnología fotovoltaica," Boletín IEE, pp. 58-63, 2008.
- [6] C.D.E.D.I.E. Solar, "Censolar," [En línea]. Available: <http://www.censolar.es/>.
- [7] T. Peterson, J. Rice y V. Jeff, Solar Tracker, ECE 476, 2005
- [8] "Energía Solar Fotovoltaica," [En línea]. Available: <http://www.energia-solar-fotovoltaica.info/>.
- [9] R.M.J. Olmos. "Energía Solar. Estado actual en México. Programas de la Conae" SENER, Monterrey, 2007.
- [10] Photopack – The Sun, Nicola Clark, Stuart Clark, Edit. Folens Limited, 2004, Pag. 10-14
- [11] T.G.V. Mejía, Construcción de un prototipo de colector solar tipo parabólico para la generación de vapor y su validación, Huajuapán de León: Universidad Tecnológica de la Mixteca, 2011.
- [12] Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett "Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley" Mc Graw Hill, Novena edición, 2011.
- [13] SolidWorks, Dassault Systemes SolidWorks Corp, diciembre [En línea]. Available: <http://www.solidworks.com.mx/>.
- [14] D.A. Possani, Principios de la Mecatrónica, Distrito Federal: Instituto Tecnológico Autónomo de México, 2011.
- [15] T. Instruments, LMD18200, Dallas: Texas Instruments Incorporated, 2011.
- [16] L.L. López, "Portal Solar," [En línea]. Available: www.portalsolar.com/energia-solar-paneles-solares.html.

[17] G. Simoes, "A RISC-microcontroller based photovoltaic system for illumination applications," Applied Power Electronic Conference and Exposition, pp. 1151-1156 Vol. 2, 2000.

[18] S. Bifaretti, "Effects of power converters on dye-sensitized solar cells," Clean Electrical Power, pp. 346-351, 2007.

[19] "Sitio Solar," [En línea]. Available: <http://www.sitiosolar.com/paneles%20fotovoltaicas.htm>.

[20] Atmel, "Atmel," 6 septiembre 2011. [En línea]. Available: http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2466.pdf.

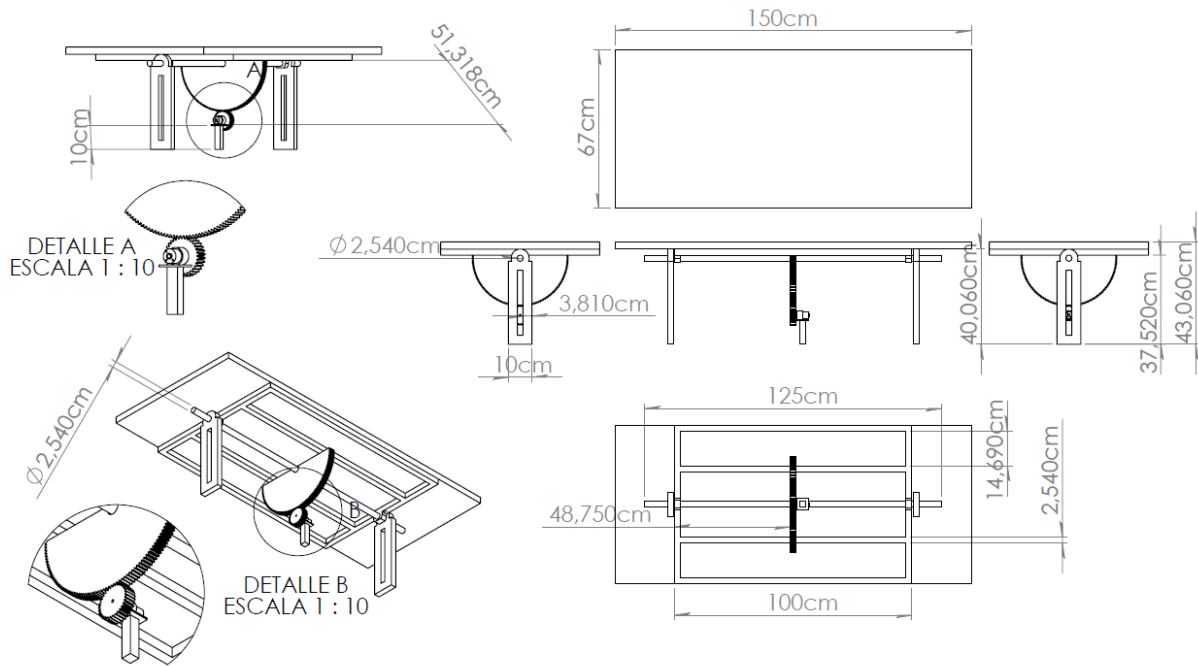
[21] M.D.J.1. Fuentes, sensores, Valladolid: Universidad de Valladolid, 2005.

[22] PROINSO, "Mecasolar," [En línea]. Available: http://www.mecasolar.com/_bin/index.php.

[23] M.A.R. Barrientos, DISEÑO DE UN SEGUIDOR SOLAR DE ALTA PRESICION MEDIANTE UN DSP, PUEBLA: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Tesis de Maestría, 2004.

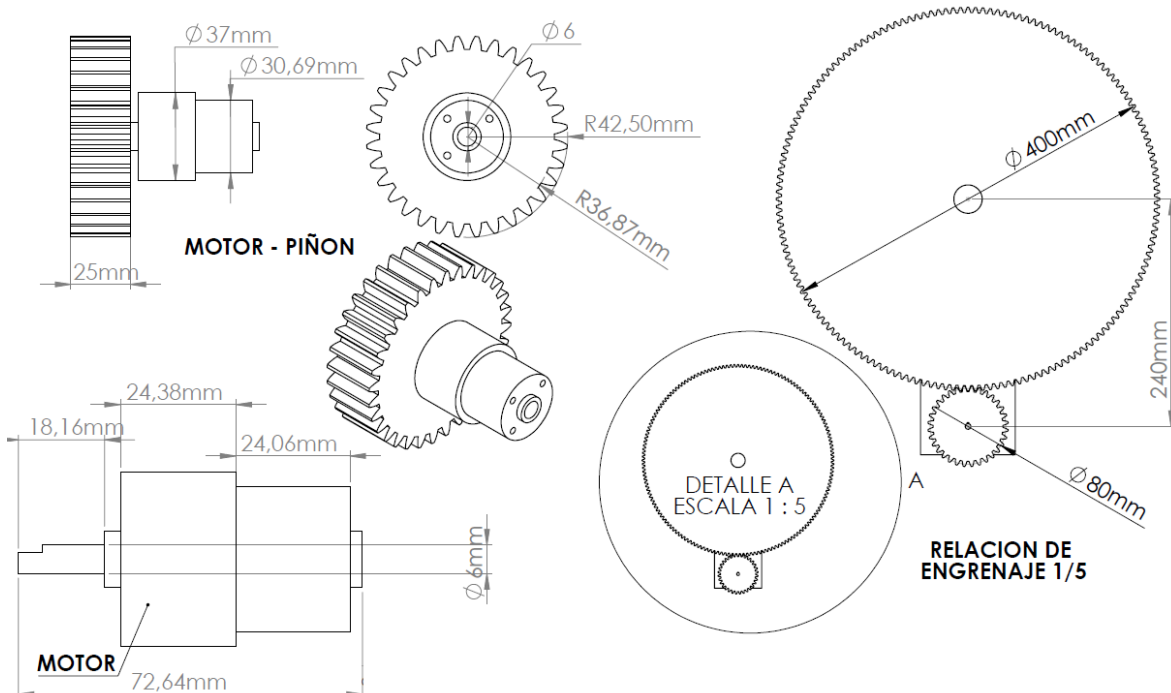
ANEXO A

PLANO DE MECANISMO



ANEXO B

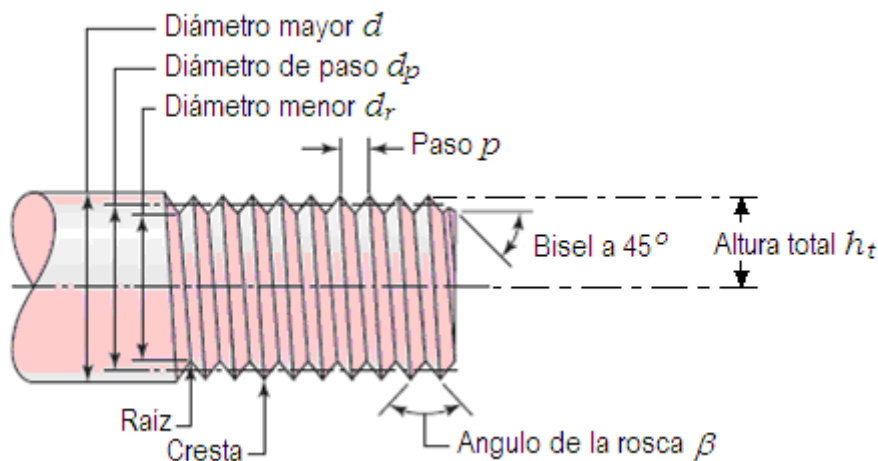
PLANO DE ENGRANAJE



ANEXO C

CALCULOS DEL TORNILLO

Un tornillo es un dispositivo que se utiliza en la maquinaria para convertir un giro o desplazamiento angular en un desplazamiento rectilíneo, y transmitir así, la acción de una fuerza o potencia mecánica. Cada uno de los elementos de máquinas tiene una terminología única. En la figura se describen la terminología y las dimensiones de las partes roscadas.



De la figura anterior se tiene que:

- d = diámetro mayor
- d_c = diámetro de la cresta
- d_p = diámetro de paso
- d_r = diámetro de la raíz
- h_t = altura más grande de la rosca
- β = ángulo de la rosca

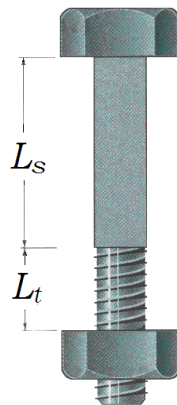
De acuerdo a los cálculos realizados para este diseño el tornillo convencional es un tornillo Grado 5 SAE, Acero de medio carbono, T y R.

PROPIEDADES MECANICAS:

$n = 10$ roscas por pul.
 $m = 2$, doble rosca.
 $p = \frac{1}{10}$

$S_P = 85$ Kpsi
 $S_y = 92$ Kpsi
 $S_{ut} = 120$ Kpsi
 $E = 30$ Mpsi
 $G = 11.5$ Mpsi

La siguiente figura representa el ensamble de un perno y una tuerca.



A continuación, calculamos las dimensiones de nuestro tornillo; Para roscas estandarizadas la longitud roscada total se calcula por las siguientes expresiones:

$$L_r = \begin{cases} 2d_c + 0.25 \text{ pul} & L \leq 6 \text{ pul} \\ 2d_c + 0.50 \text{ pul} & L > 6 \text{ pul} \end{cases}$$

en donde L_r = longitud total roscada en el tornillo

L = longitud total del perno

d_c = diámetro de la cresta

d_r = diámetro de la raíz, m o pul

L_s = longitud sólida en la junta

L_r = longitud roscada en la junta

DIMENSIONES:

$$d_c = \frac{1}{2} \text{ pul.}$$

$$d_r = 0.5 - 1.0825 \left(\frac{1}{10} \right) = 0.39175 \text{ pul.}$$

$$A_t = 0.1419 \text{ pul.}^2$$

$$L = 2 \frac{1}{2} \text{ pul.}$$

$$L_s = 1 \frac{1}{4} \text{ pul.}$$

$$L_t = 1 \frac{1}{4} \text{ pul.}$$

$$L_r = \frac{3}{4} \text{ pul.}$$

CALCULANDO RIGIDEZ DEL PERNO.

El perno se trata como un resorte en serie cuando se consideran el cuerpo y la sección roscada. El perno también puede tener diámetros diferentes debido a otras especificaciones, por lo que su rigidez se determina como sigue:

$$\frac{1}{k_b} = \frac{1}{k_{b1}} + \frac{1}{k_{b2}} + \frac{1}{k_{b3}} + \dots$$

y K_b se calcula:
$$\frac{1}{k_b} = \frac{4}{\pi E} \left(\frac{L_s}{d_c^2} + \frac{L_t}{d_r^2} \right)$$

Sustituyendo:

$$\frac{1}{K_b} = \frac{4}{\pi E} \left[\frac{1.25}{0.5^2} + \frac{0.75}{0.39175^2} \right] = \frac{1}{4.196215 \times 10^{-07}}$$

$$K_b = 2.3831 \times 10^{-07} \text{ Lb/pul}$$

CALCULANDO RIGIDEZ DE LA JUNTA.

El cálculo de la rigidez de la junta es mucho más complicado que la determinada para el perno. Una de las aproximaciones más frecuentes es que el esfuerzo que se induce en la junta es uniforme en toda la región que rodea al agujero del perno, con un esfuerzo nulo fuera de esa región.

Para determinar la rigidez de la junta, se recomienda la siguiente expresión:

$$k_{ji} = \frac{\pi E_i d_c \tan \alpha}{\ln \left[\frac{(2L_i \tan \alpha + d_i - d_c)(d_i + d_c)}{(2L_i \tan \alpha + d_i + d_c)(d_i - d_c)} \right]}$$

en donde L_i = longitud axial del tronco cónico
 d_i = diámetro del tronco cónico

Con $\alpha = 30^\circ$, la ecuación queda:

$$k_{ji} = \frac{0.577 \pi E_i d_c}{\ln \left[\frac{(1.15L_i + d_i - d_c)(d_i + d_c)}{(1.15L_i + d_i + d_c)(d_i - d_c)} \right]}$$

Siempre se usa el más pequeño de los diámetros de los troncos cónicos. Para el miembro más cercano a la cabeza del perno o de la tuerca $d_i = d_w = 1.5d_c$.

La rigidez resultante de la junta es

$$\frac{1}{k_j} = \frac{1}{k_{j1}} + \frac{1}{k_{j2}} + \frac{1}{k_{j3}} + \dots$$

Como en nuestro perno la junta es de dos elementos de el mismo material y con las mismas dimensiones, al sustituir los valores la expresión nos queda de la siguiente manera:

$$L_i = 1.5 d_c = 1.5 (0.5) = 0.75 \text{ pul.} \quad d_i = 0.27559 \text{ pul.}$$

$$K_{j1} = \frac{0.577 \pi (30 \times 10^6)(0.5)}{\ln \left[\frac{(1.15(0.27559) + 0.75 - 0.5)(0.75 + 0.5)}{(1.15(0.27559) + 0.75 + 0.5)(0.75 - 0.5)} \right]} = \frac{27}{\ln \left[\frac{0.70866}{0.391732} \right]} = 45.8689 \times 10^6 \frac{\text{Lb}}{\text{pul}}$$

$$K_{j1} = K_{j2} = 45.8689 \times 10^6$$

$$K_j = \frac{1}{45.8689 \times 10^6} + \frac{1}{45.8689 \times 10^6} = 22.9340365 \times 10^6 \frac{\text{Lb}}{\text{pul}}$$

$$C_k = \frac{k_b}{k_b + k_j} \quad (\text{parámetro adimensional de la rigidez}) \quad C_k = \frac{2.3831}{2.3831 + 22.9340365} = 0.094129$$

CARGA DE PRUEBA

$$P_p = A_t S_p = 0.1419 (85 \times 10^3) = \mathbf{12061.5 \text{ Lbf} = 53652.2248 \text{ N}}$$

PRECARGA PARA CONEXIONES PERMANENTES

$$P_i = 0.90 P_p = 0.90 (12061.5 \text{ Lbf}) = \mathbf{10\ 855.35 \text{ Lbf}}$$

SUPONIENDO UN FACTOR DE SEGURIDAD DE 2.5 ENCONTRAREMOS LA CARGA EXTERNA MÁXIMA QUE PUEDE SOPORTAR ESTE CONJUNTO.

El factor de seguridad de la falla del perno:

$$n_{sb} = \frac{A_t S_p - P_i}{P_{b,max} C_k} \quad \text{en donde} \quad P_{b,max} = \text{carga máxima aplicada sobre el perno}$$

De manera que, si despejamos $P_{b,max}$. Nuestra ecuación queda de la siguiente

$$\text{manera:} \quad P_{b,max} = \frac{A_t S_p - P_i}{n_{sb} C_k}$$

$$P_{b,max} = \frac{(0.1419)(85 \times 10^3) - 10\ 855.35}{2.5(0.094129)} = \mathbf{5\ 125.519234 \text{ Lbf}}$$

FACTOR DE SEGURIDAD CONTRA LA SEPARACION DE LA JUNTA.

La separación ocurre cuando en la ecuación $P_{j,max} = 0$. De esta forma, el factor de seguridad que protege contra la separación es

$$n_{sj} = \frac{P_i}{P_{j,max}(1-C_k)} \quad \text{en donde} \quad P_{j,max} = \text{carga máxima aplicada a la junta}$$

$$n_{sj} = \frac{10\ 855.35 \text{ Lbf}}{5\ 125.51923(1 - 0.094129)} = \mathbf{2.3779}$$

FACTOR DE SEGURIDAD CONTRA LA FATIGA TEORIA DE GOODMAN.

El factor de seguridad se determina mediante el criterio de falla por fatiga de Goodman. La teoría de Goodman se expresa como sigue:

$$\frac{K_f \sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = 1$$

$$n_s = \frac{S_{ut} - \frac{P_i}{A_t}}{C_k \left[K_f \frac{P_a}{A_t} \left(\frac{S_{ut}}{S_e} \right) + \frac{P_m}{A_t} \right]} \quad K_f = \text{factor de concentración de esfuerzos por fatiga}$$

Grado SAE	Grado métrico	Roscas laminadas	Roscas cortadas	Filete
0 - 2	3.6 - 5.8	2.2	2.8	2.1
4 - 8	6.6 - 10.9	3.0	3.8	2.3

Factores de concentración de esfuerzos por fatiga K_f para elementos roscados.

Los esfuerzos alternante y medio se expresan como:

$$\sigma_a = \frac{C_k P_a n_s}{A_t} \quad \sigma_i = \frac{P_i}{A_t} \quad \sigma_m = \frac{P_i + C_k P_m n_s}{A_t}$$

Si suponemos que al conjunto se le aplica una carga externa repetida de 10 000 Lb; entonces si sustituimos y calculamos obtendremos el factor de seguridad de Goodman:

$$\sigma_i = \frac{10855.35}{0.1419} = 76\,500 \text{ Psi}, \quad \sigma_a = \frac{(0.094129)(10\,000)}{0.1419} = 6\,633.474278 \text{ Psi}$$

$$\sigma_m = \sigma_i + \sigma_a = 76\,500 + 6\,633.4742 \text{ (Psi)} = 83\,133.47428 \text{ Psi}$$

K_f = factor para roscas laminadas = 2.2

$S_e = k_a k_b k_c S_e'$

$$K_a = 39.9 \times 10^3 (120 \times 10^3)^{-0.995} = 0.3525$$

$$K_b = 0.879 d^{-0.107} = 0.879 (0.5)^{-0.107} = 0.94667$$

$K_c = 1$ (flexion)

$$S_e' = d \text{ sut} = 0.5 (120 \times 10^3) = 60\,000$$

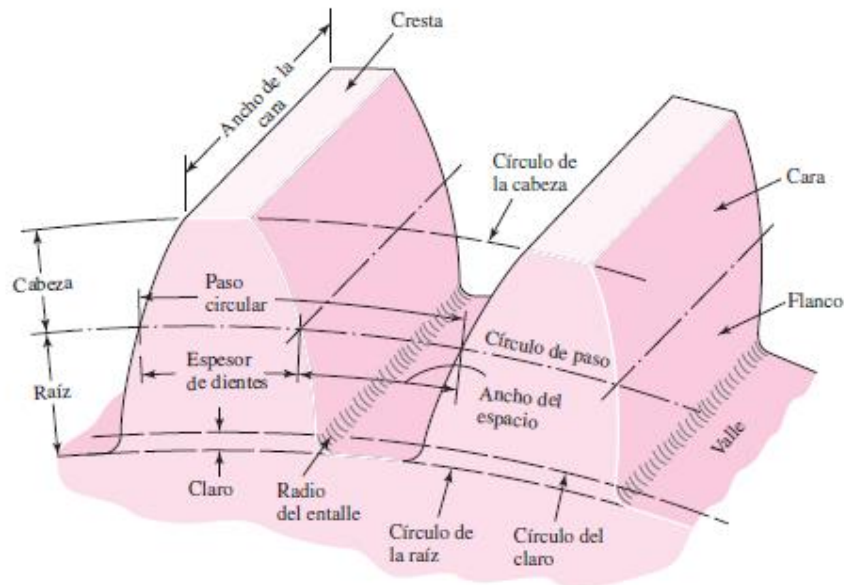
$$S_e = 0.3525 (0.94667) (1) (60\,000) = 20\,022.0705$$

$$\text{Entonces } n_s = \frac{120 \times 10^3 - 76.5 \times 10^3}{0.094129 \left[2.2 (6\,633.4742) \left(\frac{120 \times 10^3}{20.022 \times 10^3} \right) + 83\,133.4742 \right]} = \mathbf{2.7088}$$

ANEXO D

RELACION DE ENGRANAJE

NOMENCLATURA



El *módulo* m representa la relación del diámetro de paso con el número de dientes. La unidad de longitud que suele emplearse es el milímetro. El módulo señala el índice del tamaño de los dientes en unidades SI.

El *paso diametral* P está dado por la relación del número de dientes en el engrane respecto del diámetro de paso. Por lo tanto, es el recíproco del módulo. Debido a que el paso diametral se utiliza sólo con unidades del sistema inglés, se expresa en dientes por pulgada.

La *cabeza* a se determina por la distancia radial entre la *cresta* y el círculo de paso. La *raíz* b equivale a la distancia radial desde el *fondo* hasta el círculo de paso. La *altura*, o *profundidad total* h , es la suma de la cabeza y la raíz.

El *círculo del claro* es un círculo tangente al círculo de la raíz del engrane acoplado. El *claro* c está dado por la cantidad por la que la raíz en un engrane dado excede la cabeza de su engrane acoplado. El *huelgo* se determina mediante la cantidad por la cual el ancho del espacio de un diente excede el grosor o espesor del diente de acoplamiento medido en los círculos de paso.

El lector debe demostrar la validez de las siguientes relaciones útiles:

$$P = \frac{N}{d} \quad m = \frac{d}{N} \quad p = \frac{\pi d}{N} = \pi m \quad pP = \pi$$

donde P = paso diametral, dientes por pulgada

N = número de dientes

d = diámetro de paso, pulg

m = módulo, mm

d = diámetro de paso, mm

p = paso circular

Los números de dientes del piñón es 32, el modulo es igual 2.5 mm y el diámetro del engrane es 400 mm.

Entonces calculamos $dp = (32)(2.5) = 80 \text{ mm}$

Y calculamos en número de dientes del engrane.

$$N = \frac{400}{2.5} = 160 \text{ dts.}$$

La anchura de cara se calcula

$$F = 2.5(10) = 25 \text{ mm}$$

La relación se calcula dividiendo el número de dientes del piñón entre los del engranaje o el diámetro del engranaje entre los del piñón.

$$relacion = \frac{dg}{dp} = \frac{Ng}{Np} = \frac{1}{5}.$$